

Татјана Миткова
Миле Маркоски

ПЕДОЛОГИЈА

(Општ дел)



Татјана Миткова
Миле Маркоски

ПЕДОЛОГИЈА

(Општ дел)



Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје
Факултет за земјоделски науки и храна - Скопје



ТАТЈАНА МИТКОВА
МИЛЕ МАРКОСКИ

ПЕДОЛОГИЈА

(општ дел)

Скопје, 2022 година

Автори:

Проф. д-р Татјана Миткова
Проф. д-р Миле Маркоски

Рецензенти:

Проф. д-р Марјан Андреевски
Д-р Јовица Васин

Лектор:

Бисерка Токовска-Стевчевска

Технички уредник и обликување:

Д-р Игор Иљовски

Издавачи:

Проф. д-р Татјана Миткова
ISBN 978-608-66814-0-1
Проф. д-р Миле Маркоски
ISBN 978-608-66815-1-7

Тираж:

100

Печати:

Винсент Графика

Одобрено со одлука на Наставно-научниот совет при Факултетот за земјоделски науки и храна - Скопје, бр. 02-492/8 од 03.09.2021 година, како учебник.

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

631.4(075.8)

МИТКОВА, Татјана

Педологија : (општ дел) : [учебник] / Татјана Миткова, Миле Маркоски. - Скопје : Т. Миткова : М. Маркоски, 2022. - 306 стр. : илустр. ; 24 см

Поимник (преглед и објаснување на термини): стр. 289-298

ISBN 978-608-66814-0-1 (миткова)

ISBN 978-608-66815-1-7 (маркоски)

1. Маркоски, Миле [автор]

а) Педологија -- Високошколски учебници

COBISS.MK-ID 56699909

Сите права се заштитени од авторите. Ниту еден дел од овој учебник не може да биде користен или репродуциран, вклучувајќи фотокопирање и преснимување без претходна писмена дозвола од авторите.

ПРЕДГОВОР

Човековата околина ја сочинуваат почвите, водата, воздухот, растенијата и животните, односно четирите сфери: педосфера, хидросфера, атмосфера и биосфера.

Една од карактеристиките на новиот милениум се двата проблема силно поврзани помеѓу себе: наголемување на сиромаштијата и недостаток на храна, и нарушување на квалитетот на околината.

Дали некогаш сте размислувале дека без ПОЧВА нема живот? Почвата е основата од која зависи животот на нашата планета. Почвата не е нечистотија. Постојано чекориме на неа, секојдневно ја гледаме, но, за нејзината вредност за жал ретко се размислува и дискутира. Почвата е навистина ЖИВОТ, иако претставува само мал слој од Земјината кора на која може да се произведува храна. Таа е основа за земјоделското производство, а зелените растенија се единствен реален начин за искористување на сончевата енергија и создавање на органска материја што содржи големи количества енергија неопходна како храна и енергенс. Па така, од една страна потребите за храна и земјоделски култури за индустриски преработки, а во поново време и за биогориво постојано се зголемуваат како што расте бројот на населението во светот, а од друга страна ресурсите (почва, вода...) се ограничени. Во денешно време, повеќе од очигледно е дека недостигот од овие ресурси во светот предизвикуваат конфликти и миграција на населението.

Во иднина, ПОЧВАТА ќе стане уште позначајна бидејќи светската популација се дуплира секои 40 години, а сè уште само 7 % од површината на Земјата се погодни за земјоделско производство. Дел од таа почва е изгубен и со деградација и урбанизација. Почвата не може лесно да се замени. Таа е природен, ограничен и многу тешко обновлив ресурс.

Затоа, запознајте ја ПОЧВАТА, запознајте го неверојатниот свет - светот под нашите нозе. Познавањето на нејзиното образување, составот и својствата се предуслови за спречување на многу деградациони процеси што можат да предизвикаат делумно или целосно уништување на почвата, но се и предуслови за наголемување на нејзината плодност и продуктивност, односно можност за поголемо производство на биомаса потребна за луѓето и животните.

Тука, сакаме да потенцираме дека од 1968 година, кога е напишан првиот универзитетски учебник по педологија од проф. д-р Ѓорѓи Филиповски и следните три изданија, заклучно со 1993 година, во нашава земја не е објавен друг универзитетски учебник по педологија.

Овој учебник во прв ред е наменет за студентите на Факултетот за земјоделски науки и храна на повеќето студиски програми од прв и втор циклус на студии бидејќи е напишан според предметната програма за педологија и педологија со основи на петрографија на ФЗНХ. Учебникот може да го користат и студенти на другите земјоделски факултети во државата, а истиот може да им послужи и на сите оние кои се интересираат за оваа материја (агрономи, шумари, географи, геолози, еколози, биологи, археолози, урбанисти и други).

Во учебников (општ дел), покрај воведот, материјата е обработена во четири

поглавја:

1. Состав на почвата (образување на минералниот и органскиот дел на почвата);
2. Генеза (педогенетски фактори и процеси) и еволуција на почвата;
3. Физика на почвата и
4. Хемија на почвата.

Во поглавјето за составот на почвата, посебно во образувањето на минералниот дел е вклучена материја од областа на Петрографијата со минералологија на кој начин им се овозможува на студентите да стекнат некои основни знаења од оваа област многу значајна за образувањето и својствата на почвата.

Во учебников, кој за студентите претставува главна литература, големо внимание е посветено на онаа материја, која е неопходна да им пренесе знаења за педогенезата - образување на почвите, односно за педогенетските фактори и процеси, нивниот состав (минерален и органски дел) и својства (физички, хемиски, биолошки и производни), како и за нивното значење за земјоделското производство. На тој начин, стекнатите знаења за почвата како основа за земјоделско производство им овозможуваат на студентите полесно совладување и на материјата во другите предметни програми што се тесно поврзани со Педологијата.

Токму затоа во овој учебник се вградени и дел од нашите многубројни трудови и презентации во текот на нашето долгогодишно работно искуство што го имаме во оваа област, како и искуството на многу колеги од нашата земја и од странство.

Голема благодарност до сите оние што помогнаа во подготвувањето и печатењето на учебникот, а посебно сакаме да им се заблагодариме на рецензентите за нивниот професионален приод и искуство во прегледот на овој текст, на нивните забелешки и сугестиите што се вградени во текстот, и со кои го подобрија квалитетот на овој учебник.

Од авторите

СОДРЖИНА

ВОВЕД

1. ПОЈАВА, ПОДЕЛБА И ПРИМЕНА НА ПЕДОЛОГИЈАТА	3
1.1. Појава на педологијата како самостојна наука	3
1.2. Поделба на педологијата и нејзиното место помеѓу другите науки	6
1.3. Примена на педологијата	8
2. ДЕФИНИЦИЈА, ФУНКЦИИ И ОСНОВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОЧВАТА	9
2.1. Дефиниција на почвата	9
2.2. Функции и основни карактеристики на почвата	9

ПРВО ПОГЛАВЈЕ: СОСТАВ НА ПОЧВАТА (ОБРАЗУВАЊЕ НА МИНЕРАЛНИОТ И ОРГАНСКИОТ ДЕЛ НА ПОЧВАТА)

3. ПОТЕКЛО И ПРИРОДА НА МИНЕРАЛНИОТ ДЕЛ НА ПОЧВАТА	19
3.1. Општи податоци за Земјата	19
3.1.1. Внатрешна градба на Земјата	19
3.1.2. Надворешна обвивка на Земјината кора	20
3.1.3. Елементарен (хемиски) состав на Земјината кора	21
4. МИНЕРАЛИ, СТЕНИ И НИВНИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ	22
4.1. Минерали	22
4.2. Стени	26
4.3. Распаѓање на стениите и минералите и образување на реголитот	32
4.4. Реголит, негови главни карактеристики и класификација	38
5. МИНЕРАЛОШКИ СОСТАВ НА ПОЧВАТА	46
5.1. Секундарни минерали на почвата	46
5.2. Значење на минералошкиот состав на почвата	51
6. ЖИВИ ОРГАНИЗМИ, ОРГАНСКА МАТЕРИЈА И НЕЈЗИНО РАЗЛАГАЊЕ И ХУМУС ВО ПОЧВАТА	52
6.1. Живи организми во почвата	52
6.1.1. Виша флора (вегетација)	53
6.1.2. Животни (фауна) во почвата	60
6.1.3. Микроорганизми (микрофлора) во почвата	63
6.1.3.1. Управување со почвените микроорганизми	69
6.2. Органска материја во почвата и нејзино разлагање	71
6.2.1. Органски отпадоци и нивна трансформација	71
6.3. Хумус во почвата	75
6.3.1. Состав на хумусот	77
6.3.2. Форми на хумусот	80
6.3.3. Својства на хумусот	82
6.3.4. Органоминерални соединенија на почвата	83
6.3.5. Содржина, улога и значење на органската материја во почвата	84

ВТОРО ПОГЛАВЈЕ: ГЕНЕЗА И ЕВОЛУЦИЈА НА ПОЧВАТА

7. ПЕДОГЕНЕЗА	99
7.1. Педогенетски фактори	99
7.1.1. Матичниот супстрат како педогенетски фактор	100
7.1.2. Релјефот (топографијата) како педогенетски фактор	103
7.1.3. Климата како педогенетски фактор	108
7.1.4. Живите организми како педогенетски фактор	112
7.1.5. Времето како педогенетски фактор	114
7.1.6. Човекот како педогенетски фактор	117
7.2. Педогенетски процеси	118
7.2.1. Распаѓање на минералите и парчиња стени во почвата и образување на нови минерали	121
7.2.2. Синтеза и декомпозиција (разлагање) на органските материји во почвата	123
7.2.3. Преместување (транслокација) на материите во почвата	125
7.2.4. Антропогени процеси (антропогенизација) во почвата	131
8. ЕВОЛУЦИЈА НА ПОЧВАТА	133

ТРЕТО ПОГЛАВЈЕ: ФИЗИКА НА ПОЧВАТА

9. ФИЗИЧКИ СВОЈСТВА НА ЦВРСТАТА ФАЗА НА ПОЧВАТА	139
9.1. Механички состав (текстура) на почвата	139
9.1.1. Значење на механичкиот состав за другите почвени својства и за земјоделското производство	145
9.2. Структура на почвата	146
9.2.1. Значењето на стабилната зрнеста структура за другите својства на почвата и за културното растение	152
9.2.2. Мерки за подобрување и одржување на структурата на почвата	153
9.3. Густина на почвата	154
9.4. Специфична површина на почвата	156
9.5. Порозност на почвата	157
9.6. Конзистенција и физичко-механички својства на почвата	159
10. ВОДА ВО ПОЧВАТА	166
10.1. Задржување (ретенција) на водата во почвата	167
10.1.1. Константи на почвената влага (хидролошки константи)	171
10.1.2. Форми на почвената влага и нивната достапност за растенијата	175
10.2. Движење на водата во почвата	180
10.2.1. Видови на движење на водата во почвата	183
10.3. Воден режим на почвата - приходи и расходи на почвената влага	188
10.4. Значење на водата за почвата, културните растенија и примената на разни мерки во земјоделското производство	192

11. ВОЗДУХ ВО ПОЧВАТА	197
11.1. Состав на почвениот воздух	198
11.2. Воздушен режим на почвата и аерација	200
11.3. Воздушен капацитет на почвата	202
11.4. Значењето на аерацијата за почвените својства и процеси и за културните растенија	203
12. ТОПЛИНА НА ПОЧВАТА	206
12.1. Топлотен режим на почвата	206
12.1.1. Приходи на топлина и нејзино впивање во почвата	206
12.1.2. Специфична топлина, топлотен капацитет и топлоспроводност на почвата	208
12.2. Загуби на топлината од почвата	210
12.3. Промени, значење и регулирање на почвената температура	211
12.3.1. Промени (осцилации) на почвената температура	211
12.3.2. Значењето на температурата за почвените процеси и својства и за културните растенија	212
12.3.3. Регулирање на почвената температура во земјоделското производство	214

ЧЕТВРТО ПОГЛАВЈЕ: ХЕМИЈА НА ПОЧВАТА

13. СОСТАВ И НАЈВАЖНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОЧВЕНИТЕ КОЛОИДИ	217
14. АДСОРПТИВНА СПОСОБНОСТ НА ПОЧВАТА	222
14.1. Супституциона адсорпција (размена на катјони)	223
14.1.1. Значењето и практичната примена на адсорпцијата и на размената на катјони	230
14.2. Други видови на сорпција (механичка, физичка, хемиска, биолошка) и нивното значење	234
15. ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА ПОЧВАТА	238
15.1. Видови на киселост и алкалност на почвата	238
15.1.1. Значењето на реакцијата на почвата	245
15.2. Пуферност на почвата	249
15.3. Оксидно-редукциски потенцијал на почвениот раствор	251
15.4. Концентрација и состав на почвениот раствор	254
15.4.1. Макро и микроелементи во почвата (форми и достапност за растенијата)	258
15.4.2. Мерки за регулирање на хранливиот режим на почвата	274
16. ПЛОДНОСТ И ПРОДУКТИВНОСТ НА ПОЧВАТА	276
ЛИТЕРАТУРА	279
ПОИМНИК (ПРЕГЛЕД И ОБЈАСНУВАЊЕ НА ТЕРМИНИ)	289



ВОВЕД

Во воведниот дел, читателот се запознава со појавата на Педологијата како одделна природна наука што ги проучува почвите (нивното образување и еволуција, состав, физичките, физичко-механичките, хемиските и производните својства и распространетост).

Тука, се добиваат информации за дефиницијата на почвата, за нејзините функции и карактеристики, како и за нејзиното значење за земјоделството и производството на храна. Исто така, дадена е дефиниција и за терминот земјиште. Со тоа се прави разлика помеѓу термините: почва и земјиште.

СОДРЖИНА

1. ПОЈАВА, ПОДЕЛБА И ПРИМЕНА НА ПЕДОЛОГИЈАТА	3
1.1. Појава на педологијата како самостојна наука	3
1.2. Поделба на педологијата и нејзиното место помеѓу другите науки	6
1.3. Примена на педологијата	8
2. ДЕФИНИЦИЈА, ФУНКЦИИ И ОСНОВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОЧВАТА	9
2.1. Дефиниција на почвата	9
2.2. Функции и основни карактеристики на почвата	9

1. ПОЈАВА, ПОДЕЛБА И ПРИМЕНА НА ПЕДОЛОГИЈАТА

1.1. Појава на педологијата како самостојна наука

Почвата, заедно со атмосферата и хидросферата, е составен дел на животната средина и претставува најдрагоцен природен ресурс без кој животот на човекот, растителниот и на животинскиот свет е невозможен. Иако претставува само мал дел (слој) од литосферата (Земјината кора), таа навистина претставува живот, обезбедувајќи еден од условите за производство на храна.

Постои посебна природна наука што се вика педологија. Името ѝ потекнува од грчките зборови „πεδον“- педон = почва и „λόγος“- логос = наука. Таа се занимава со проучувањето на почвите (нивното образување и еволуција, нивниот состав и својства, процесите што се одвиваат во нив, нивната класификација и географската распространетост).

Во различни стадиуми од развојот на општеството, интересот на човекот да ги запознае и проучи почвите е различен. Од кога постои човекот постои и тој интерес, но во првите стадиуми на развитокот е најмал бидејќи во тоа време човекот за да преживее собирал готови плодови од природата и се занимавал со лов и риболов. Првиот вистински интерес за почвата се случува кога човекот почнува да се занимава со земјоделство и кога неговата егзистенција и опстанок стануваат зависни од тоа што, како и колку ќе се произведе.

Постојат многу историски докази и пишани документи за почвите уште од раните цивилизации во Стариот свет, кои живееле и зависеле од плодната почва и вода од главните плавни речни тераси. Првите пишани документи за почвите се јавуваат во Кина пред илјади години, а потоа во Египет и Месопотамија.

Почвите се опишани и во повеќе дела на старогрчки и латински јазик. Познатиот грчки историчар Херодот пишува за опстанокот на луѓето во Египет што зависел од плодните наноси што ги оставала реката Нил.

Во делата на Аристотел и Теофраст од 4-ти век пред новата ера се говори за почвата и нејзините својства во однос на исхраната на растенијата, а во делото на Виргилиј „Георгики“, напишано во 5-тиот век пред новата ера, се говори за влијанието на климата и почвата врз распространетоста на одделни видови шумски дрвја.

Проучувањето на почвите во Стариот и Средниот век не се врз основа на егзактни научни истражувања туку на практичното искуство, што е и за разбирање бидејќи во тоа време не се развиени ниту другите природни науки врз чии основи се темели педологијата.

Во 18-тиот век доаѓа до голем развој на повеќе природни науки, како: геологија, минералологија, хемија, физика и други, при што сите од различен аспект покажале интерес кон почвата. Педологијата сè уште не се развива како одделна наука, туку како дел од геологијата, петрографијата или минералологијата, а подоцна и како дел од применета хемија (агрохемија). Неколку агрохемичари: Sprengel, Liebig, Gilbert, Schlozing и други почнале да ја проучуваат почвата од аспект на нејзината плодност.

Како одделна, односно самостојна наука, педологијата се формира релативно доцна, кон крајот на 19 век. Во 1837 година се појавува првата педологија на германски јазик - Bodenkunde од германскиот агрохемичар Sprengel, а за татко, основоположник и творец на генетската педологија се смета рускиот научник - геолог и географ В. В. Докучаев.



Докучаев В.В. (1846 - 1903) е роден во Милково во близината на Смоленск, Русија, син на селски свештеник. Како млад човек првично бил обучуван за свештенството, но подоцна тој и се посветил на науката. Се запишал на Универзитетот во Санкт Петербург каде што дипломирал во 1871 година и веднаш бил задржан на Факултетот, прво како куратор на геолошката колекција, а потоа работел како професор по геологија. Лошата здравствена состојба го принудила да се пензионира во 1897 година. Неговите ракописи за почвите на Русија, се делови што можат да се најдат во неговите Собрани дела во 9 тома (1949 - 1961). Во 1890-тите во Харков го формирал Институтот за земјоделство и шумарство и првиот оддел за педологија во Русија. На запад, главно бил познат по неговата работа на класификацијата на почвите и неговото мислење дека почвата е геобиолошка творба. Името на почвениот тип чернозем (црна земја богата со хумус и карбонати) широко распространет во Русија, и денес се користи во почвените класификации на многу земји.

Тој во 1883 година го создава неговото класично дело „Руски чернозем“ преку кое ги има поставено темелите на модерната педологија, а кои важат и денес, при тоа истакнувајќи дека:

- » *Почвите се одделно природно-историско тело, образувани во текот на развитокот на природата. Тие се разликуваат од другите природни творби (растенија, животни, минерали) и затоа треба да се изучуваат како посебна наука;*
- » *Образувањето на почвите е во тесна врска со условите на средината, односно со факторите на нивното образување (педогенетски фактори), како што се: геолошки супстрат, клима, живи организми, релјеф и време;*
- » *Почвата, како и секој растителен и животински организам, постојано живее и се менува;*
- » *Во разните услови (различна комбинација на педогенетските фактори), се образуваат различни почви и*
- » *Секоја почва има своја градба, изглед (морфологија), по што се разликува од другите почви.*

Неговите идеи брзо се шират посебно од неговите руски соработници и следбеници (П. А. Костичев, Н. Н. Сибирцев, П. Косович, К. Д. Глинка, К. К. Гедројц, С. Захаров и С. Неуструјев). Независно од развојот на педологијата во Русија, во скоро исто време идеите на Докучаев, Е. В. Хилгард ги развива во Америка.

Во текот на минатиот (XX) век, во сите земји на Европа, педологијата како наука силно се развива и продлабочува врз основа идеите од руските и американските педолошки школи, а особено после Првата и Втората меѓународна агрогеолошка конференција (1909 и 1910 година) во Унгарија. Па така, во Германија голем придонес дава Е. Ramann, во Швајцарија G. Wiegner, во Унгарија P. Treitz, и во Романија M. Murgosі. Интересно е што во трудовите на Докучаев (1890) се наоѓаат и првите податоци за почвите на Источна Македонија.

Во поранешна Југославија, првите проучувања на почвите се направени од австриски и унгарски педолози (почнувајќи од 1840 година) во оние делови што биле под австро-унгарска власт. Првиот учебник „Земљознание“ е напишан од М. Кишпатиќ во Загреб, во 1877 година. Подоцна, во периодот од 1911 до 1916 година, објавени се повеќе научни трудови за почвите од повеќе педолози: Ф. Шандор, Московик, Горјановиќ-Крамбер и други. Во периодот од 1918 до 1940 година, за развојот на педологијата голем придонес даваат повеќе професори-педолози од Белградскиот и Загребскиот земјоделско-шумарски факултет, како А. И. Стебут, М. Грачанин и други.

Во Македонија, во тој период како дел од југословенската заедница, педолошката наука се формира и развива главно под влијанието на руската и западно-европската школа, а многу подоцна по 1960 година и понатаму и под влијанието на американските педолошки школи.

После ослободувањето, почнувајќи од 1946 година започнуваат да се вршат многу обемни и систематски проучувања на почвите во Македонија. Изработени се многу педолошки карти, темелно се проучени многу наши типови почви и пониски таксономски единици. Насобрани се голем број податоци за генезата, еволуцијата, класификацијата, географијата и за својствата на нашите почви. Во овој период се основани и првиот Земјоделско-шумарски факултет (1947) со одделни катедри по педологија, Институте за проучување на почвите, разни земјоделски, шумарски, водостопански и други институти и земјоделски станици со одделенија по педологија.

Оттогаш па до денес, многу педолози придонеле за развојот на педолошката наука кај нас и особено во изработката на педолошките карти на Македонија.

Во изработката на педолошките карти на Македонија се разликуваат три периоди:

1. Период од ослободувањето до осамостојувањето (1944 - 1991);
2. Период од осамостојувањето до 2012 година (1991 - 2012) и
3. Период на довршување на педолошките карти (2012 - 2015).

Во сите нив, свој придонес дале многу педолози и други соработници (подредени по азбучен ред): Т. Аврамовски, М. Андреевски, К. Василевски, Л. Виларов, С. Вукашиновиќ, К. Георгиевски, С. Гешковски, А. Гичев, М. Живковиќ, Л. Манушева, М. Марковски, Т. Миткова, Ј. Митрикески, Н. Митевска, З. Мишику, Д. Мукаетов, Д. Петковски, Д. Поповски, Р. Радојевиќ, К. Сербиновски, Ј. Спировски, Ѓ. Танев, Т. Тоновски, Б. Косевски и Ѓ. Филиповски.

Резултатите од сите што работеа на картирањето и изработките на педолошките карти поентираа во третиот период во кој се изработи и промовираше Педолошката (почвена) карта на Република Македонија со 11 Толковници, кои претставуваат исклучителен научен труд од областа на педологијата, од аспект на оригиналноста и комплексноста. За ова, тимот од 8-те педолози (Ѓ. Филиповски, Ј. Митрикески, Т. Миткова, М. Марковски, Д. Петковски, М. Андреевски, Д. Мукаетов и К. Василевски), во 2015 година ја добија наградата „Гоце Делчев“ како општествено признание за значајни остварувања од интерес за Р Македонија во областа на науката.

Сепак со право, академик Ѓорѓи Филиповски се смета за таткото и стожерот на македонската педологија и пошироко. Благодарение на него и на неговите соработници, почвите во нашата земја се едни од најистражените на Балканот.



Академик Ѓорѓи Филиповски (1919 - 2019) важи за основоположник на современите педолошки истражувања во нашата држава. Неговите најзначајни активности од наставно-научната и општествена дејност се и сведоштво за почетоците на формирањето на првите високообразовни институции во државата, како Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“, Земјоделско-шумарскиот факултет и Македонската академија на науките и уметностите (МАНУ).

Роден е во 1919 година, во село Сорович, Леринско, Егејскиот дел на Македонија. Основно училиште и гимназија завршил во Битола. Студирал агрономија во Земун (1937 - 1941) и дипломирал во Софија (1942), каде што останал до 1944 година како асистент по педологија. По ослободувањето бил шеф на Отсекот за педологија и агрохемија на Земјоделскиот испитателен институт (1944 - 1947). Бил најмлад наставник во првиот наставнички совет на Земјоделско-шумарскиот факултет во Скопје (од 1947), каде што и се пензионирал како редовен професор. Докторирал во Земун на тема за солени почви на Овче Поле. Бил на студиски престои (по 6 месеци) во Франција и во САД.

Тој бил основач на Катедрата по педологија и агрохемија и повеќе децении бил нејзин шеф. Бил продекан и декан на Факултетот, како и ректор на Универзитетот по земјотресот и негов обновувач. Бил научен секретар на МАНУ во првите осум години по основањето, а потоа во три мандати и потпретседател. Тој бил почесен доктор на Универзитетот во Брадфорд (Англија) и надворешен член на Академијата на науките на Босна и Херцеговина. Предавал на постдипломските студии во Скопје и во Белград. Бил визитинг-професор (една година) во Калифорнија и повеќе години држел предавања по педологија на меѓународните постдипломски студии од областа на медитеранското земјоделство во Италија (Бари) и Грција (Крит), каде што бил избран на меѓународен конкурс. Има објавено повеќе од 200 научни трудови во домашни и странски списанија. Автор е на 19 монографии, меѓу кои и тие за деградација на почвите на Македонија, класификација на почвите на Македонија, за климатско-вегетациско-почвените региони и капиталното дело во 6 тома: Почвите на Република Македонија.

Неговиот учебник по педологија доживеал 4 изданија (1968 - 1993). Има напишано и два термиолошки речника во издание на МАНУ (педологија, агрохемија). Академик Филиповски бил носител и на голем број ордени и одликувања.

1.2. Поделба на педологијата и нејзиното место помеѓу другите науки

Педологијата истовремено припаѓа во општите и применетите природни науки и како резултат на тоа може да се подели на:

- » *Општа педологија* - ги проучува генезата, составот и својствата, морфологијата, класификацијата и географската распространетост на почвите и
- » *Применета педологија* - ги проучува почвите од аспект на нивната примена во различни области на делување на човекот: земјоделство, шумарство, градежништво, урбанизам и просторно планирање, мелиорации, во војската и др. Во последно време се повеќе добива на значење и проучувањето на еколошкиот аспект на почвите во функција на одржување и заштита на животната средина.

Агропедологијата ги проучува почвите како средина за одгледување на различни земјоделските култури. Главната цел на агропедолошките истражувања е да се утврди подобноста на одредени почви за одгледување на растенијата, односно да се определи нивната потенцијална и ефективна плодност, и како резултат на тоа да се препорачаат и преземат соодветни мерки за наголемување на земјоделското производство, да се добијат високи и квалитетни приноси, но и да се одржува и наголемува плодноста на почвата.

Шумарската педологија (силвопедологија) ги проучува шумските почви од гледиштето на нивното користење во шумарското производство и на примената на разни шумско-мелиоративни и други мерки.

Мелиоративната педологија ги проучува почвите од аспект на нејзините хидротехнички мелиорации (наводнување и одводнување).

Екопедологијата ја проучува почвата од гледиштето на потребите на живите организми, посебно на оние што целиот свој животен циклус го поминуваат во почвата.

Санитарната педологија ги проучува основните агенсии што ја контаминираат почвата, како и влијанието на контаминираните почви врз здравјето на луѓето и останатиот жив свет.

Воената педологија е наука која се занимава со проучување на почвите како елемент од воените стратегии и тактики.

Кога станува збор за местото и односот на педологијата помеѓу другите науки, таа стои на средината помеѓу основните природни науки од една страна и применетите науки од друга страна.

На следната слика е даден шематски приказ за местото на педологијата во однос на општите природни и применети науки, според Захаров.



Слика 1. Шематски приказ за местото на Педологијата во однос на општите природни и применети науки, според Захаров

1.3. Примена на педологијата

Иако примената на педологијата е многострана, за нас од најголем интерес е нејзината примена во земјоделството затоа што почвата претставува основен фактор за производство на биомаса (храна).

Само со добро познавање на почвите и нивно постојано истражување може со успех да се спроведат многу агротехнички и мелиоративни мерки (табела 1), денес познати и како добра земјоделска практика (ДЗП). Со правилна примена на овие мерки се овозможува зголемување на плодноста и продуктивната способност на почвата, а со тоа се обезбедуваат услови за остварување на високи, стабилни и квалитетни приноси од одгледуваните земјоделски култури.

Табела 1. Агротехнички и мелиоративни мерки

Агротехнички мерки	Мелиоративни мерки
⇒ правилна обработка	⇒ борба против ерозија
⇒ правилни плодореди	⇒ теренски мелиорации (рамнење/ нивелација на теренот)
⇒ правилна употреба на минерални ѓубрива	⇒ промена на механичкиот состав
⇒ правилна употреба на пестициди	⇒ хумизација
⇒ мулчирање и снегозадржување	⇒ хидротехнички мелиорации
⇒ засилување на микробиолошките процеси	⇒ десалинизација, деалкализација, калцизација
	⇒ мелиоративно ѓубрење со минерални ѓубрива
	⇒ мелиоративна обработка
	⇒ деконтаминација
	⇒ подигнување на полезащитни шумски појаси

Мелиоративните мерки се оние со подолготрајно, т.е. повеќегодишно дејство, а агротехничките се оние со пократкотрајно, т.е. едногодишно или уште пократко дејство.

2. ДЕФИНИЦИЈА, ФУНКЦИИ И ОСНОВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОЧВАТА

2.1. Дефиниција на почвата

Во текот на историскиот развој на педологијата, дадени се голем број дефиниции за почвата, во зависност од тоа од кој аспект се гледа почвата. Па така, се среќаваат дефиниции во чии основи се повеќе физиолошкиот, геолошкиот или земјоделско-шумарскиот карактер. Кај некои е земен морфолошкиот или генетскиот принцип, а во други почвата се гледа според начинот на користење, при што земјоделците и шумарите ја имаат дадено најстарата дефиниција за почвата. Според нив почвата е оној дел од Земјината кора во кој се развива кореновиот систем на растенијата.

За геолозите пак, почвата претставува површински дел на геолошкиот слој.

Една од првите дефиниции според која почвата исто така се гледа како средина во која се развива кореновиот систем на растенијата е дадена од Коссович во 1886 година. Според него, почвата е површинскиот дел на Земјината кора во која се развива главната коренова маса на растенијата.

Дефиницијата за почвата што ја има дадено рускиот педолог В. В. Докучаев во 1886 година е врз основа на генетскиот принцип. Според него, почвата претставува посебно природно-историско тело, односно површински слој на Земјината кора, природно изменет со заедничко влијание на водата, воздухот и различните видови живи и мртви организми.

Од земјоделска гледна точка интересна е дефиницијата која ја дава Јанековиќ во 1952 година. Според него, почвата е растресит површински слој на Земјината кора, животен простор за растителните корења и претставува средство за земјоделско производство.

Во нашата педолошка литература најмногу се користи дефиницијата за почвата дадена од Филиповски во неговите учебници по педологија од 1968, 1974, 1984, 1993 година. Според него, *почвата претставува тродимензионално, динамично природно тело, растресит слој на површината на Земјата, изменета со заедничко влијание на педогенетските фактори.*

Кај нас и во некои други држави со исто значење, како синоними се користат зборовите или термините „почва“ и „земјиште“. Па така, во практиката многу често се случува зборот или терминот „почва“ да се изедначува со зборот или терминот „земјиште“. За да се направи разлика помеѓу нив е дадена и дефиницијата за земјиште. *Терминот „земјиште“ означува терестричен био-продуктивен состав во кој се вклучени покрај почвата, климата, релјефот, геолошкиот супстрат, вегетацијата и другите животни заедници, како и еколошките и хидролошките процеси што се одвиваат во тој состав.*

Од двете дефиниции може да се каже дека терминот „земјиште“ е со пошироко значење и се однесува и за другите корисници надвор од земјоделското производство. Земјиштето може да се дефинира според функцијата и начинот на користење како земјоделско, шумарско, градежно итн., според сопственоста на државно и приватно. Покрај овие, постои и зборот „земја“ што се однесува на нашата планета, како и за државата (земја, односно државата Р Македонија).

2.2. Функции и основни карактеристики на почвата

Почвата има бројни еколошки функции што се од суштинско значење за животната средина, но и за економијата и напредокот на општеството во целина. Како динамичен полидисперзен систем со многу функции, почвата обезбедува поддршка за целиот екосистем. На слика 2 се претставени некои од функциите на почвата.



Слика 2. Некои функции на почвата

- ③ Најважна функција на почвата е производство на биомаса (храна).
- ② Почвата е дел од големото (геолошко) и малото (биолошко) кружно движење на материите и енергијата во природата и игра значајна улога во тоа. Таа е резервоар (чувар) на органскиот јаглерод и има голема улога во климатските промени.
- ④ Почвата има значајна улога и во хидролошкиот циклус (движењето на водата) во природата. Почвата ја прима, задржува, спроведува и испушта водата. Дел од водата која се задржува е значајна за снабдувањето на растенијата со вода.

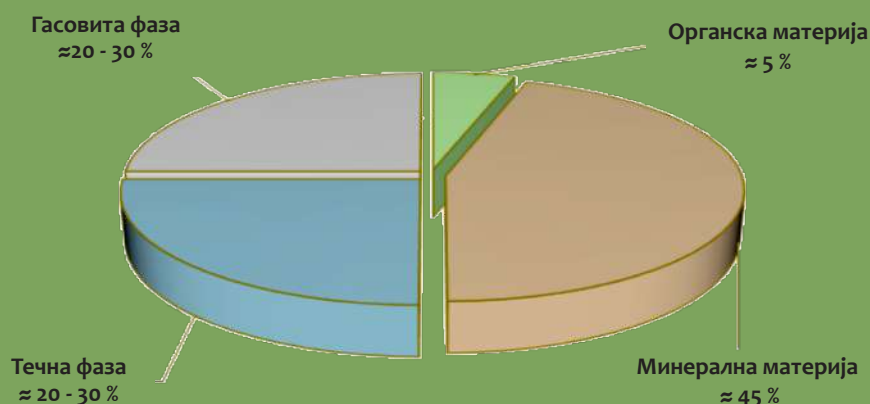
- ① Почвата е дом и живеалиште во која живеат и дејствуваат голем број претставници на микро и макрофауната. Таа е генетски резервоар (една четвртина од глобалниот биодиверзитет), многу поголем од водата и воздухот.
 - ⇒ Почвата е прочистувач (рециклатор) на животната средина. Во себе ги задржува и трансформира многуте штетни материи што доаѓаат од другите компоненти на животната средина (вода, воздух...) и кои се најчесто производ од активностите на човекот.
- ⑤ Почвата претставува извор на сировини за стопанството (градежништво, минерални резерви) и претставува јаловица при вадење на јаглен и руди од отворените копови и при различни експлоатации.
 - ⇒ Почвата претставува платформа за изградба на различни објекти.
- ⑥ Почвата е геолошко и културно наследство, дел од пејсажот и во себе чува многу археолошки артефакти и палеонтолошки материјали, кои говорат за историјата на човекот и за еволуцијата на живиот свет.
 - ⇒ Почвата ја менува атмосферата. На места каде почвата е сува, без вегетација и со уништена структура, под влијание на ветерот може да дојде до подигнување на почвените честици (праш, песок...) и нивно зголемено присуство во воздухот, атмосферата. Ова може да ја намали видливоста и да претставува опасност по здравјето на луѓето како резултат на дишење на нечист воздух. Испарувањето пак на влагата од почвата е извор на водена пара во атмосферата, предизвикувајќи на тој начин менување на температурата на воздухот. Со „дишење“ на почвата, се менува и составот на одделните гасови помеѓу почвата и атмосферата, при што некои од нив влијаат и за глобалното затоплување на Земјата и за климатските промени.
 - ⇒ Конечно почвата има значајна рекреативна функција.

Почвата е посебна сфера во која се среќаваат и испреплетуваат патиштата на живиот и мртвиот свет, кои создаваат една нова сфера која се вика педосфера.

Почвите се разликуваат помеѓу себе, но сите имаат заеднички карактеристики, и тоа:

- *Почвата претставува трофазен систем, составена од цврста, течна и гасовита фаза.*

Цврстата фаза зафаќа приближно 50 % од вкупниот волумен на почвената маса и се состои од минерален и органски дел, а останатите 50 % припаѓаат на *течната фаза* (вода и од растворените материи во неа - почвен раствор) и *гасовитата фаза* (почвен воздух).



Слика 3. Идеален однос на компонентите во одделните фази на почвата

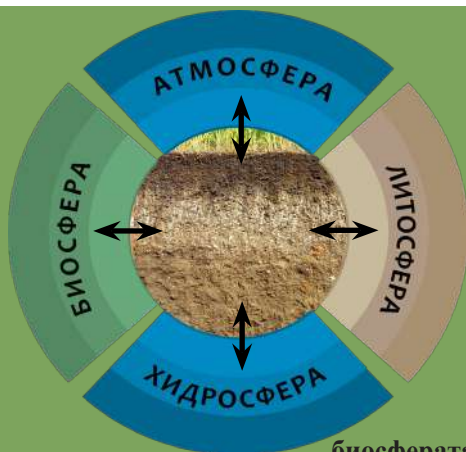
Според тоа, главните четири компоненти се: минерална и органска материја (во цврстата фаза), вода (течна фаза) и воздух (гасовита фаза). Почвата е трофазна, бидејќи е порозна, полна со ситни, меѓусебно сврзани празнини или пори. Се смета дека е оптимално за повеќето растенија кога односот на компонентите во одделните фази на почвата изразен во волумни проценти е следен: за минералните материи околу 45 %, за органските материи околу 5 % и за воздухот и водата, по околу 20 до 30 % (слика 3). Овој однос говори дека порите заземаат околу 50 % од волуменот на почвата. Тоа не е празен простор. Тој е животен простор на целокупниот жив свет во почвата, низ тој простор се движи водата и воздухот и во него се одвиваат многу интензивни процеси.

• *Почвата е производ на средината.* Нејзиното образување (педогенезата) и натамошните измени во неа (еволуцијата) се во тесна корелација со условите на средината, односно зависат од педогенетските фактори: матичен супстрат (родителски материјал), релјеф, клима, организми и време (слика 4).



Слика 4. Педогенетски фактори

Во природата, почвата не е изолиран систем. Таа е составен и многу значаен дел на екосистемот, кој претставува комплекс на живите организми (растенија и животни) и на нивната непосредна средина (почва и атмосфера). Како дел на екосистемот почвата претставува отворен систем, што значи помеѓу неа и останатите сфери (атмосфера, хидросфера, биосфера и литосфера) се врши постојана размена на материи и енергии со педогенетските процеси преку кои почвата се образува и постојано се менува (слика 5).



Слика 5. Заедничко влијание на атмосферата, биосферата, литосферата и хидросферата врз педосферата

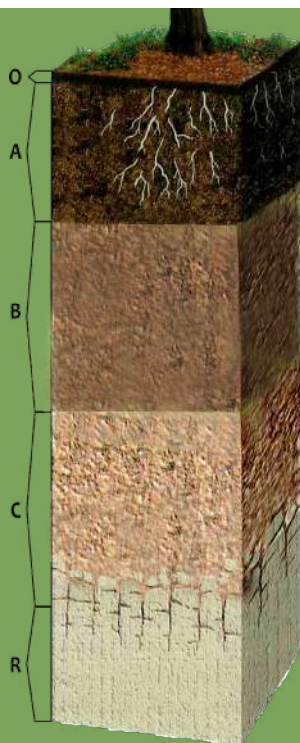
- Почвата има свој изглед, своја морфологија. Сепак, една од најбитните карактеристики на почвата е анизотропноста во вертикална смисла, односно сукцесивната (една по друга) појава на хоризонти по длабочина, кои помеѓу себе се разликуваат по морфолошките, физичките, хемиските и др. карактеристики (својства), слика 6. Анизотропноста е последица на делувањето на педогенетските процеси на матичниот супстрат и еволуцијата.

Природните педогенетски процеси се групирани во три групи:

- » *Распаѓање на стените и минералите и образување на нови минерали,*
- » *Синтеза (создавање) и декомпозиција (разложување) на органската материја и образување на хумус и*
- » *Миграција (преместување) на материите.*

Со овие процеси, почвата се менува и добива своја градба, изглед односно своја морфологија, која не е возможно да се проучи ако почвата се набљудува само од површината. Затоа е потребно да се ископа дупка (профил) по длабочина на која се забележува појавата на одделните хоризонти или слоеви.

Во земјоделските почви, како резултат на влијанието на човекот, се случуваат големи промени и се создаваат нови *антропогени почви*. Сите промени предизвикани од човекот се означени како *антропогенизација*, која ја опфаќа четвртата група на процеси.



На сликата е презентираан вертикален пресек на почвата по длабочина, што се вика почвен профил. На него се забележуваат хоризонтални зони - генетски хоризонти. Тие се разликуваат меѓу себе по своите физички, хемиски и биолошки својства.

Површинскиот хоризонт А е со потемна боја, содржи повеќе органска материја.

Под него се јавува хоризонтот (В) со поголема содржина на глина со кафеава црвена боја, компактен, збиен и има поинаква структура од хоризонтот А.

Хоризонтот С, од кој настанала почвата се означува како матичен супстрат или родителски материјал.

Под него може да се јави цврста стена R, од која со распаѓање се образува растреситата маса на хоризонтот С.

Слика 6. Шематски приказ на еден тип на почвен профил (морфолошки опис)

- *Почвата како динамичен и еволуционен систем.* Во почвата непрекинато се одвиваат физички, хемиски, физичко-хемиски и биохемиски процеси, така што, почвата потсетува на живите организми. Почвата се „раѓа“ и создава од родителскиот материјал (матичен супстрат), развивајќи се низ времето таа се менува, добива нови својства, еволуира од еден во друг почвен тип и за жал може да „умре“ со разни процеси на деградација (природна, а најчесто антропогена).

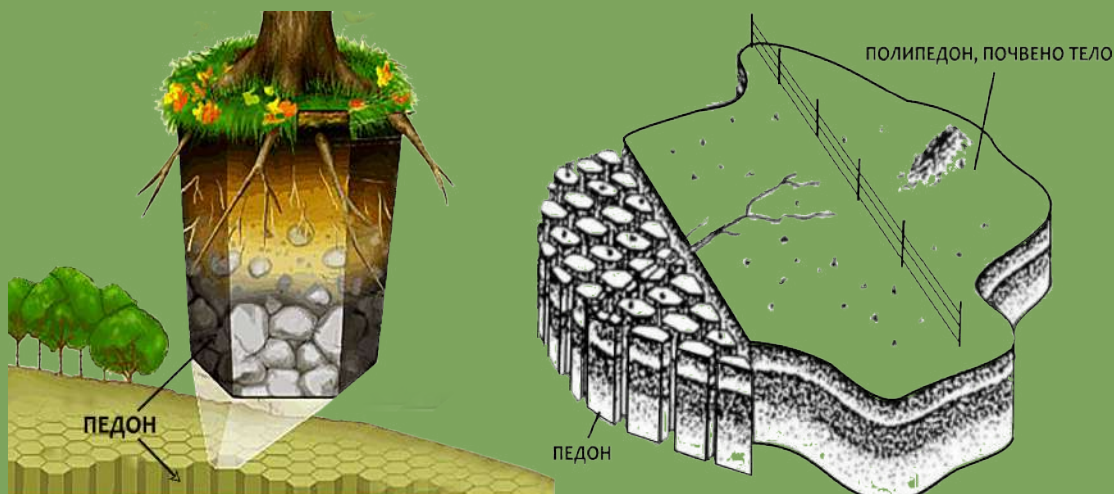


Слика 7. Еволуција на почвата

Промените во почвата предизвикуваат промени и во другите компоненти на екосистемот како резултат на нивната поврзаност.

- Почвата како тродимензионално тело помеѓу литосферата и атмосферата. Во природата секој тип на почва зазема определен простор, има хоризонтално протегање (широчина), должина и длабочина. За разлика од горната граница која е остро определена спрема атмосферата, долната граница не е, бидејќи почвата најчесто постепено минува во литосферата.

На слика 8 се претставени педони и полипедони, термини што потекнуваат од САД и се поврзани со нивниот систем на класификација на почвите. Почвениот покрив на Земјата (почвен континуитет или педосфера) се состои од голем број почвени тела или почвени индивидуи наречени полипедони. Најмалиот волумен што може да биде признаен како почвено тело се означува како педон. Тој е тридимензионално почвено тело со странични димензии, доволно широки за да може да се проучува формата и односот помеѓу хоризонтите.

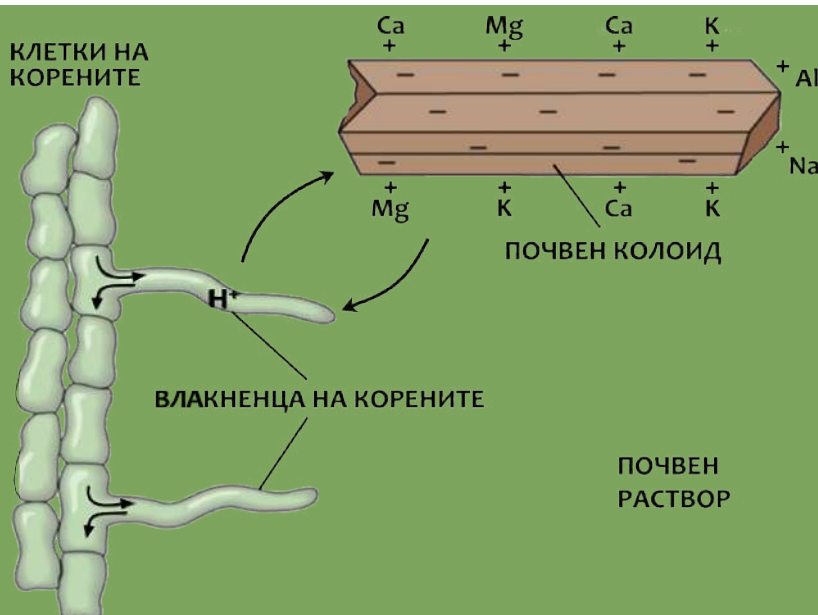


Слика 8. Шематски приказ на полипедони и педони

• *Почвата како средина за културните и другите растенија.* За нормален развој на растенијата им се потребни определени услови и фактори. Од сите фактори потребни за добивање на високи и стабилни приноси, освен факторот *светлина*, сите останати ги обезбедува почвата: во неа се наоѓа кореновиот систем на културните растенија (*механичка потпора*) од каде што тие постојано се обезбедуваат со *вода, хранливи материи, кислород и топлина*. Оттука произлегува големото значење на почвата за земјоделското производство и за добивање на квалитетна и безбедна храна.

Механичка потпора (прицврстување). Кореновиот систем на сите растенија, со исклучок на хидропонските култури и некои водни растенија, се наоѓа во почвата и во зависност од растението и условите во почвата е распространет до различна длабочина и ширина. Почвата преку коренот го држи надземниот дел на растението, односно претставува негова механичка потпора. Во услови на лошо вкоренети растенија (плитки почви, појава на плитки подземни води, непропустлив хоризонт), посебно кај повеќегодишните дрвенести растенија, при неповолни услови (невреме, силен ветар и сл.) може да се случат несреќи и економски загуби (оштетување на куќите, автомобилите и др.), како и на земјоделското производство.

Вода и хранливи материи. Почвата е таа која преку почвениот раствор ги обезбедува растенијата со вода и хранливи материи. Повеќе од очигледно е својството на почвата да задржува вода и да ја стави на располагање за растенијата според нивните потреби.



Слика 9. Примање на хранливи елементи од почвата

Од сите 92 хемиски елементи што се јавуваат во природата, 17 се есенцијални, што значи без нив растенијата не можат нормално да растат и да се развиваат. Од овие 17 хранливи елементи, преку почвата се обезбедуваат 14. Јаглеродот, кислородот и водородот потекнуваат од водата и воздухот, а другите од почвата. Растенијата преку кореновите влакна се обезбедуваат со овие хранливи елементи од почвениот раствор или од површината на почвените колоидни честички во форма на катјони и анјони. Енергетската сила за овој процес се добива преку дишење на корењата. Според Edward, *за секој килограм сува материја произведен за растење и развој на растението*

(фотосинтеза и други потреби) се трошат, односно обезбедуваат меѓу 200 и 1 000 килограми вода од почвата.

Кислород. Во почвата живеат голем број претставници на живите организми. Освен за некои микроорганизми, за сите други живи организми, вклучително и за растителните корења, потребен е кислород. Кислородот од почвата растенијата го земаат од почвениот воздух, а ослободуваат CO_2 .

Топлина. Коренот на растенијата најдобро се развива при определена почвена температура (топлина). Заедно со водата претставуваат најважни фактори на педоклимата (климата во самата почва) и се од големо значење за културните растенија и примената на разни мерки, со што истите се регулираат.

- **Почвата како природно богатство (ресурс).** Почвата зафаќа определена површина, а поради тоа што е насекаде, тежееме да го превидиме фактот дека почвата е ограничен природен ресурс. Во тој контекст, многу е позната, и многу голема порака содржи реченицата напишана од американскиот претседател Франклин Д. Рузвелт, цит. во превод „Народот што ја уништува својата почва се уништува самиот себеси“.

За жал, процесите на деструкција (уништување) на почвата се најчесто еднонаочни без можност за враќање во првобитната состојба. Во историскиот развој на човештвото, познато е пропаѓањето на големите цивилизации, како оние на Маите и Месопотамија како резултат на уништувањето на почвите. Ако се потсетиме на претходно кажаните функции на почвата, станува уште појасно зошто почвата е природно богатство.

Сите истражувачи на почвата потенцираат дека почвата е ограничен и практично многу тешко обновлив ресурс. Ако се уништи, нејзиното повторно создавање од геолошкиот (матичниот) супстрат трае илјадници години, а процесите на деградација и губење на почвата понекогаш се случуваат многу побрзо, односно во неколку секунди или минути, како што е случај со ерозијата на почвата или други видови на природни или антропогени инциденти.

Кога е почвата во прашање, многу е погрешно разбирањето дека таа има неограничени резерви за производство на биомаса и дека нема потреба тие резерви да бидат обновувани. Овој ресурс е незаменлив и уништив, што значи треба да се чува и, ако може, на идните генерации да им се предаде во подобрена состојба (Филиповски Ѓ., 2003).

ПРВО ПОГЛАВЈЕ: СОСТАВ НА ПОЧВАТА

(ОБРАЗУВАЊЕ НА МИНЕРАЛНИОТ И ОРГАНСКИОТ ДЕЛ НА ПОЧВАТА)

Во ова поглавје, читателот се запознава со составот на почвата, односно се добиваат информации за образувањето на минералниот и органскиот дел на почвата. Одделно се опишани минералите и стените, при што може да се прави разлика во однос на нивното значење за образувањето и својствата на почвата. Исто така, се објаснети видовите на распаѓање на стените и минералите, за разликите помеѓу нив и со карактеристиките на реголитот како производ од распаѓањето.

Тука, читателот добива знаења и за претставниците на живиот свет и нивната улога во почвата, потоа за образувањето на органскиот дел на почвата за тоа кои материи влегуваат во составот на хумусот, за неговите форми и својства и за улогата и значењето на органската материја во почвата.

СОДРЖИНА

3. ПОТЕКЛО И ПРИРОДА НА МИНЕРАЛНИОТ ДЕЛ НА ПОЧВАТА	19
3.1. Општи податоци за Земјата	19
3.1.1. Внатрешна градба на Земјата	19
3.1.2. Надворешна обвивка на Земјината кора	20
3.1.3. Елементарен (хемиски) состав на Земјината кора	21
4. МИНЕРАЛИ, СТЕНИ И НИВНИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ	22
4.1. Минерали	22
4.2. Стени	26
4.3. Распаѓање на стените и минералите и образување на реголитот	32
4.4. Реголит, негови главни карактеристики и класификација	38
5. МИНЕРАЛОШКИ СОСТАВ НА ПОЧВАТА	46
5.1. Секундарни минерали на почвата	46
5.2. Значење на минералошкиот состав на почвата	51
6. ЖИВИ ОРГАНИЗМИ, ОРГАНСКА МАТЕРИЈА И НЕЈЗИНО РАЗЛАГАЊЕ И ХУМУС ВО ПОЧВАТА	52
6.1. Живи организми во почвата	52
6.1.1. Виша флора (вегетација)	53
6.1.2. Животни (фауна) во почвата	60
6.1.3. Микроорганизми (микрофлора) во почвата	63
6.1.3.1. Управување со почвените микроорганизми	69
6.2. Органска материја во почвата и нејзино разлагање	71
6.2.1. Органски отпадоци и нивна трансформација	71
6.3. Хумус во почвата	75
6.3.1. Состав на хумусот	77
6.3.2. Форми на хумусот	80
6.3.3. Својства на хумусот	82
6.3.4. Органоминерални соединенија на почвата	83
6.3.5. Содржина, улога и значење на органската материја во почвата	84

3. ПОТЕКЛО И ПРИРОДА НА МИНЕРАЛНИОТ ДЕЛ НА ПОЧВАТА

3.1. Општи податоци за Земјата

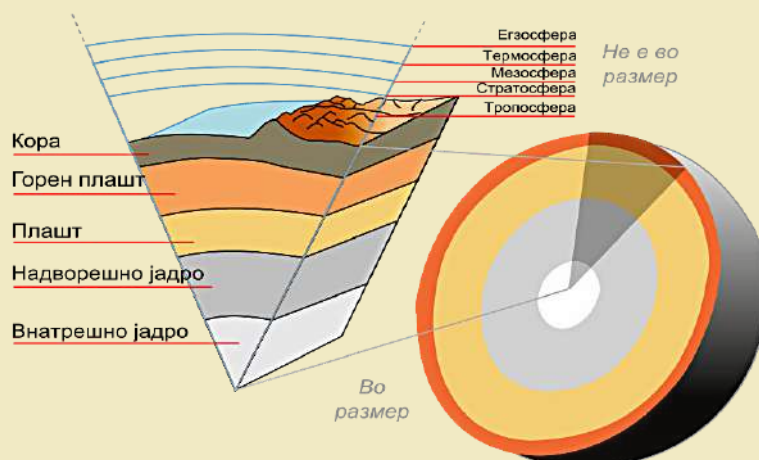
Со пуштање на сеизмички бранови, кои поминуваат низ Земјата, се овозможува проучување на нејзиниот состав, бидејќи различните нивоа создаваат бранови со различни брзини. Тие укажуваат на постоење на жешко и густо јадро, обвивка, и на тенка и карпеста надворешна кора. Кората (литосферата) ја одржува биосферата со нејзиното земјиште, растенијата, животните, хидросферата и атмосферата.

Изгледот, обликот (формата) на Земјата не може да се означи како правилна топка или елипсоид. Поради уникатноста и неповторливоста на формата е воведен терминот геоид што е композиција од два грчки збора: „geo“ што значи земја и „eidos“ што означува облик. Земјата го има овој облик како резултат на влијанието на гравитацијата и ротацијата врз материјалите од кои е таа составена. Површината на Земјата изнесува 510 милиони km^2 , од кои 150 милиони km^2 се копно или 30 %, а 360 милиони km^2 се под вода или 70 %. Ако ја гледаме нашата планета Земја од многу големо растојание, таа изгледа како водена топка, а континентите како острови.

3.1.1. Внатрешна градба на Земјата

Внатрешната градба на Земјината кора е прикажана на слика 10. Дебелината на слојот на литосферата (надворешната обвивка) изнесува околу 200 km или 0,7 % од вкупната маса на Земјата.

Дебелината на Земјината кора (обвивка) на која се образувани денешните почви во просек изнесува 30 до 60 km . Под морињата и океаните, Земјината кора е потенка или целосно ја нема. Таа е изградена од седиментни, метаморфни и магмени стени, во кои од минералите доминираат алумосиликатите и кварцот, а од елементите најмногу се застапени О (кислород), Si (силициум), Al (алуминиум), Ca (калциум), Mg (магнезиум), K (калиум) и Na (натриум). Поради доминацијата на Si- и Al- елементите, овој дел уште се вика *сиал (SiAl) зона*.



Слика 10. Градба на Земјината кора

Под оваа SiAl - зона се наоѓа друга целосна обвивка, која е изградена од стени во кои покрај Si доминира и Mg со поголемо присуство и на Fe. Оваа обвивка се вика *сима SiMa - зона* и има базалтен состав.

Под литосферата се наоѓа *периодитската геосфера* која оди до длабочина од 1 200 km. Оваа обвивка е исто така SiMa-зона, слична со претходната. Некои автори сметаат дека првата SiMa-зона (обвивка) е искристализирана, а втората е стаклеста SiMa-зона (обвивка). Со длабочина се наголемува притисокот и температурата, како и специфичната густина. Во некои учебници, SiMa-зоната што го претставува горниот дел од обвивката на земјиното јадро се вика *еклогитна обвивка*, а името го добила по минералот еклогит.

Одејќи подлабоко кон центарот се наоѓа средниот слој или *обвивката на јадрото* (1 200 до 2 900 km). Поради поголемото присуство на Cr (хром) и Fe, оваа обвивка се вика *хрофесима*. Според некои теории таа претставува оксидна и сулфидна обвивка изградена од оксиди и сулфиди на металите, посебно на железото. Во подлабоките слоеви има и никел (Ni) и овој дел уште се вика *нифесима*.

Средниот дел го зафаќа јадрото на Земјата, (*барисфера* или *центросфера*). Во него притисокот изнесува 2 до 3 милиони бари, температурата од 5 000 до 6 000 °C, а од елементите доминираат Ni и Fe (табела 2).

Табела 2. Градба на Земјата од површината кон земјиното јадро

литосфера 200 km	надворешна обвивка, длабочина 30 - 60 km, сил (SiAl) зона
	сима SiMa - зона, 140 - 170 km
сима SiMa - зона, 1 200 km	искристализирана стаклеста
обвивка на јадрото, 1 200 - 1 900 km	хрофесима нифесима
барисфера или центросфера, 2 900 - 0 km	притисок 2 до 3 милиони бари, температура од 5 000 до 6 000 °C

3.1.2. Надворешна обвивка на Земјината кора

Надворешната обвивка на Земјината кора ја сочинуваат:

- ✓ Атмосферата
- ✓ Хидросферата и
- ✓ Биосферата.

Атмосферата е составена од одделни слоеви околу Земјата. Првобитната атмосфера била густа, непроѕирна, презаситена со водена пара и заситена со присуство на алкални метали и сулфур. Подоцна, во неа се јавуваат кислородот и азотот, како резултат на појавата на живиот свет на Земјата.

Најнискиот слој на атмосферата е *тропосфера* (11 до 17 km), во кој воздухот се движи вертикално, хоризонтално и целосно се меша. Температурата на воздухот се намалува со височината. Горниот дел на атмосферата до 50 km е *стратосфера*, кој преминува во *мезосфера* (50 до 85 km). На горниот дел од мезосферата се надоврзува јоносферата (85 до 1 000 km), и потоа, последните слоеви на атмосферата: *термосфера* и *егзосфера*. Горниот слој на егзосферата се соединува со вакуумот на Сончевата атмосфера (што се нарекува *вселена*), така што Земјината атмосфера нема јасна горна граница.

Тропосферата го опфаќа приземниот, најгуст слој на атмосферата. Во неа се наоѓа

околу 90 % од вкупната маса на воздухот и скоро целото количество водена пареа. Затоа, во тропосферата се одвиваат сите атмосферски појави: водниот циклус, циркулацијата на воздушните маси, создавањето на облаците, врнежите итн. Многубројните појави и процеси во тропосферата имаат големо влијание врз времето и климата на Земјата. Таа има огромно влијание за промените во литосферата, каде што ветерот, топлината, врнежите и другите фактори влијаат врз распаѓањето и пренесувањето на материјалите и со тоа се создаваат услови за развој на живиот свет. Затоа, таа е најважна за живиот свет, а и целата биосфера е составен дел на тропосферата.

Хидросферата не претставува континуирана обвивка како што е атмосферата поради нерамнините на Земјата. Таа ги исполнува големите депрсии, и ги опфаќа сите води на копното, мразот (лед) во поларните области, како и подземните води. Најголем дел од водата, 360 милиони km^2 или 70 % од површината на Земјата е во морињата и океаните, а сите други форми на вода изнесуваат 0,03 %. Водата претставува основен фактор за многу физички, хемиски и биолошки процеси на распаѓање во нејзиниот хидролошки циклус. Во текот на годината од водените површини испаруваат 425 000 km^3 вода. На копното, годишно паѓаат околу 111 000 km^3 врнежи, од кои 64 % (71 000 km^3) испаруваат од копнената површина (евапорација) и со транспирација преку растенијата. Близу половина од сончевата енергија што доаѓа на Земјата се користи во хидролошкиот циклус на водата. Од атмосферата на копното во вид на врнежи паѓаат 25 %, а на водените површини останатите 75 %.

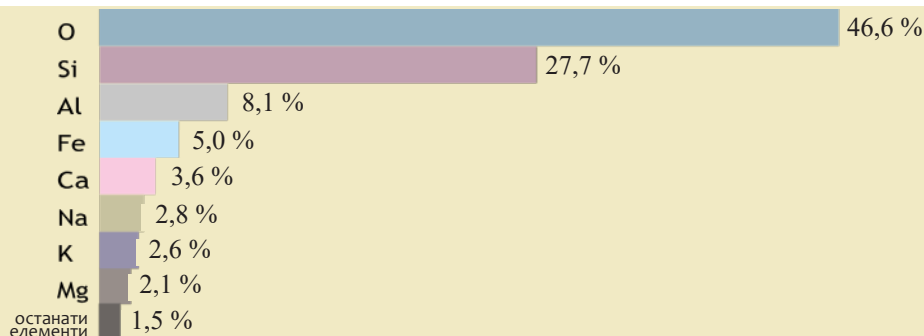
Водата влијае врз промените на релјефот, образувањето на педосферата, растворањето и промените на минералите, промивањето и преместувањето на материите, како и врз претворањето на минералите (хранливите елементи) во достапна форма за растенијата. Во суштина, во водата е создаден првиот жив свет.

Биосферата го претставува делот на живиот свет, и опфаќа делови од тропосферата (во висина до 5 km), хидросферата (до најголемите длабочини) и литосферата (во површинскиот дел). Најраспространета е во хидросферата, многу е динамична и е во постојани промени. На копнениот дел, биосферата е доста плитка. Нејзината длабочина се движи од неколку метри во зоната на полињата и ливадите до неколку десетици метри во зоната на шумите. Во литосферата изнесува до неколку метри. Во делови на Земјата што се постојано замрзнати и под снег, како и во пустините, биосферата може и да ја нема.

За образувањето на почвата, биосферата има голема улога и значење, и ова е многу детално опишано во делот: Живи организми во почвата.

3.1.3. Елементарен (хемиски) состав на Земјината кора

Во составот (градбата) на литосферата учествуваат скоро сите елементи од Менделеевиот периоден систем, од кои само 8 (кислород O, силициум Si, алуминиум Al, железо Fe, калциум Ca, натриум Na, калиум K и магнезиум Mg) сочинуваат 98,5 % од кората (слика 11).



Слика 11. Среден елементарен состав на Земјината кора

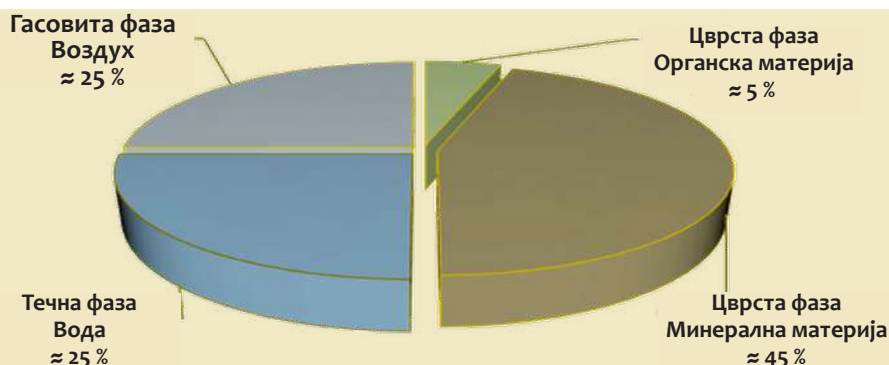
Само силициумот (Si) и кислородот (O) сочинуваат повеќе од 75 % и оттука се објаснува големото присуство на силикати и кварц (SiO_2) во Земјината кора. Пример, силикатните минерали како: оливини, пироксени, амфиболи, фелдспати и кварцот што претставуваат комбинации од силициум и кислород, составуваат над 90 % од стените на Земјината површина. Тие се многу присутни особено во магмените или еруптивните стени, потоа во многу метаморфни и седиментни стени.

Осумте елементи (O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K и Mg) се поделени во три групи: силициум (Si), „сесквиоксидни“ елементи (оксиди на Al и Fe) и базични елементи (земноалкални Ca и Mg и алкални K и Na). Групата на „останати елементи“ иако изнесува само 1,5 % е многу значајна, бидејќи во неа се наоѓаат голем број елементи (не сметајќи ги водородот H и титанот Ti), како што се јаглерод C, азот N, фосфор P, сулфур S, микроелементи кои се биогени елементи неопходни за исхраната на растенијата.

4. МИНЕРАЛИ, СТЕНИ И НИВНИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ

Литосферата (Земјината кора) се состои од стени, а овие од минерали. Стените и минералите се основниот извор на сите минерални материи во матичниот супстрат (родителски материјал) од кој се образува почвата.

При разгледувањето на основните карактеристики на почвата е истакнато дека цврстата фаза на почвата се состои од минерални и органски материи, течната фаза од вода и во неа растворени материи (почвен раствор) и гасовита фаза од почвен воздух.



Слика 12. Шематски приказ на почвата како трофазен систем со четири компоненти

Во земјоделските почви, минералниот дел на цврстата фаза изнесува повеќе од 95 %, има потекло од супстратот и претставува важен извор на макро и микроелементи потребни за нормален раст и развој на културните растенија.

4.1. Минерали

Минералите се неоргански, природни, најчесто кристални цврсти хомогени материи со определени, физички својства, атомска структура и хемиски состав, кој може да се прикаже со хемиска формула.

Во природата, минералите се создаваат на повеќе начини, но според потеклото се делат на:

- Примарни минерали,
- Секундарни минерали и

→ **Метаморфни минерали.**

Некои минерали се образуваат со таложење од презаситени ладни и топли раствори како карбонатните минерали (калцит, магнезит, доломит), а други и со активноста на некои растенија и животни (зоогени и фитогени минерали), кои се означени и како органогени минерали.

Од физичките својства на минералите се издвојуваат: бојата, тврдоста, специфичната маса, цепливоста, еластичноста, сјајноста и провидноста. Овие својства се значајни за макроскопското препознавање на минералите и за нивното физичко и хемиско распаѓање.

Според хемискиот состав, минералите се делат на: силикати, карбонати, оксиди, хидроксиди и др.

Примарни минерали

Иако се пронајдени над 4 000 минерали, од нив на Земјината површина се распространети само околу 30. Примарните минерали, кои уште се викаат минерали на стениите или петрогени минерали, први настанале во природата со ладење и стврднување на жешката лава (магма) и до денес хемиски не се изменети. Најмногу се присутни во магмените стени, но во помал процент се јавуваат и во другите цврсти (седиментни и метаморфни) стени, како и во реголитот и почвите дојдени исклучиво со физичко распаѓање.

Тука, кратко се опишани следниве *шест групи примарни минерали: кварц, фелдспати, лискуни, пироксени и амфиболи, железни минерали и апатит.*

Кварцот (SiO_2) е мошне распространет минерал и е практично резистентен на хемиско распаѓање. Може да има различна боја: стаклесто сива, просирно бела, жолта, виолетова и црна боја. Го има многу во киселите магмени стени (*гранит, риолит*), како и во некои метаморфни (*гнајс, кварцит*) и седиментни стени (*песочници и песоци*). Изнесува 12 % од Земјината кора.



Слика 13. Кварц

Фелдспатите се најраспространети во Земјината кора, околу 60 %. Тие се *алумосиликати* на К, Na и Са. Во стениите се јавуваат во призматична и зрнеста форма. По боја се бели, жолти или сиви. Се делат во две групи: *ортокласна* и *плагиокласна*.

Ортокласна

Плагиокласна



Ортоклас
К (AlSi_3O_8)



Микроклин
К (AlSi_3O_8)



Плагиоклас



Албит
Na (AlSi_3O_8)



Анортит
Са ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)

Слика 14. Фелдспати

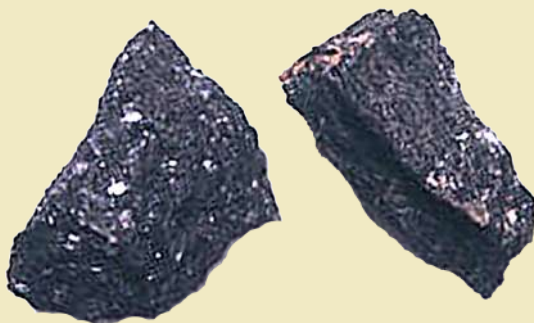
Ортокласната содржи К и тука спаѓаат: ортокласот $K(AlSi_3O_8)$ и микроклинонот $K(AlSi_3O_8)$. Плагиокласната група содржи Na и Ca и тука спаѓаат: албитот $Na(AlSi_3O_8)$, анортитот $Ca(Al_2Si_2O_8)$ и др. Ортокласот доминира во киселите стени (гранит, гнајс), а плагиокласот се јавува малку во киселите, повеќе во преодните и малку во базичните стени.

Лискуните се многу послабо распространети од фелдспатите (само 4 %). Тие се сложени алумосиликати, со хидроксилна група. Тука спаѓаат: светлообоениот мусковит $KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$, кој претставува К-алумосиликат и темно обоениот биотит $K(MgFe)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$ во кој има и двовалентни метали (Fe и Mg). Се јавуваат многу во магмените и метаморфните стени, а поретко во некои седиментни стени.

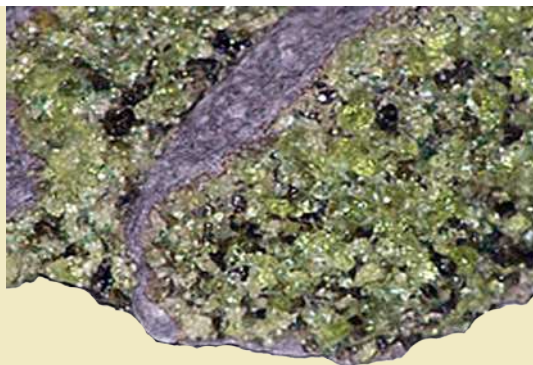
Мусковит $KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$ Биотит $K(MgFe)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$

Слика 15. Лискуни

Групата на пироксени и амфиболи претставува силикати и алумосиликати на Fe и Mg со присуство на Ca и Na. Нивната распространетост е околу 17 %. Оваа група се јавува многу во базичните стени. Тука спаѓаат: оливинонот $(MgFe)_2SiO_4$ чист Fe- Mg- силикат, аугитот што содржи уште и Ca и хорнблендата уште Ca и Na.



Амфиболи



Пироксени

Слика 16. Амфиболи и пироксени

Железни минерали (магнетит и хематит) се помалку застапени во Земјината кора (3 %). Магнетитот Fe_3O_4 е најмагнетен природен минерал на Земјата со црна боја и најчесто се јавува во базичните магмени, помалку во метаморфните стени. Хематитот Fe_2O_3 е со црвена боја, влегува во составот на многу стени, а се јавува и во многу стари седиментни стени.

Магнетит Fe_3O_4 Хематит Fe_2O_3

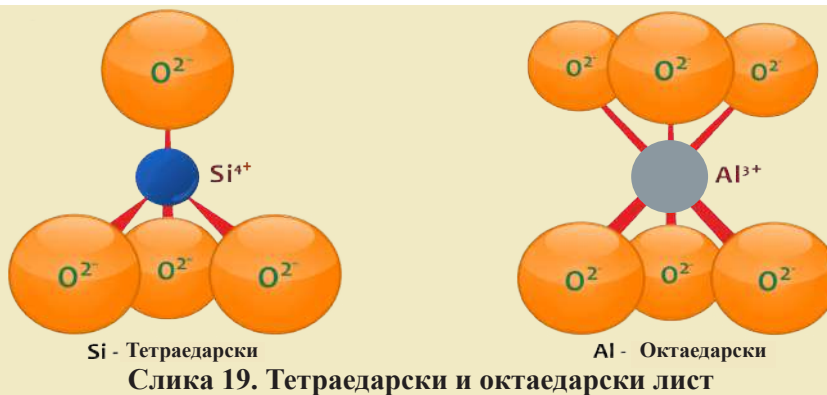
Слика 17. Железни минерали

Apatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$ се образува од магмата и се јавува во сите магмени стени. Во седиментните стени се создава од органските материјали. Претставува *Са-фосфат со многу примеси на хлор и флуор*. Апатит обично е со зелена боја, но може да биде и со темно сина, кафеава, сива, виолетова, црвеникава, бела и жолта боја, како и целосно безбоен. Се користи како суровина за добивање на фосфорни ѓубрива и во хемиската индустрија.

Слика 18. Апатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$

Сите опишани минерали можат да се поделат на: светло обоени што не содржат Mg и Fe (*кварц, фелдспати, мусковит*) и темно обоени или феро-магнезиски минерали што содржат Fe и Mg (*биотит, пироксени, амфиболи*). Првата група минерали, хемиски потешко се распаѓа, а втората полесно.

Покрај физичките својства и хемискиот состав на силикатните примарни минерали, интересна е нивната *атомска структура*, односно просторниот распоред на јоните, што е причина за нивната различна кристална форма.



Слика 19. Тетраедарски и октаедарски лист

Јоните во просторот се распоредени на определен начин и на определено растојание, формирајќи разни геометриски просторни системи - кристални решетки.

Главните структурни форми во кои се распоредени јоните во силикатните примарни минерали формирајќи кристални решетки се: *тетраедарот* во кој малиот Si^{4+} -јон е добро вклопен и силно врзан со четирите големи О-јони и *октаедарот* во кој еден Al^{3+} -јон е врзан со 6 големи О-јони. Овде врзувањето е нешто послабо (слика 19).

Примарните минерали можат да се состојат само од листови на тетраедри, каков што е случајот со повеќето од нив (кварц, фелдспати, амфиболи и пироксени) или од листови на тетраедри и октаедри, што се сврзани и се сменуваат слоевито (лискуни).

Во тетраедрите силициумот (Si^{4+}) може да биде заменет со алуминиум (Al^{3+}), а во октаедрите алуминиумот (Al^{3+}) со железо (Fe^{2+}) и магнезиум (Mg^{2+}). Ова се вика *изоморфна супституција*. Јоните на Fe и Mg се поголеми, потешко се вклопуваат во малиот простор и ја разлабавуваат врската меѓу јоните, а со тоа и стабилноста на атомската структура. Исто така, замената на јоните и во двата случаја не е со ист полнеж (Si^{4+} со Al^{3+} и Al^{3+} со Fe^{2+} и Mg^{2+}), што значи понисковалентните јони не можат да го неутрализираат целиот негативен полнеж на О⁻ и тоа е причината за привлекување на позитивни јони, во прв ред на Ca^{2+} , K^{+} и Na^{+} . Ова влијае врз стабилноста на минералите на хемиското распаѓање, при што најстабилни се тетраедрите со Si, послабо стабилни се тетраедрите и октаедрите со Al и најнестабилни се октаедрите со Fe и Mg.

Секундарни минерали

Секундарни се минералите добиени со хемиско распаѓање на примарните минерали. Нивната поделба е прикажана во табела 3. Објаснување за нивната структура, карактеристики и значење е презентирano во делот Минералошкиот состав на почвата.

Метаморфни минерали

Метаморфни минерали се оние што се образуваат со метаморфоза (промена) на примарните и секундарните минерали под влијание на висок притисок и температура.

Табела 3. Поделба на секундарните минерали

ПРИМАРНИ МИНЕРАЛИ		
↓		
СЕКУНДАРНИ МИНЕРАЛИ		
Прости соли на алкални (K, Na) и земноалкални (Ca, Mg) елементи	↙ ↘	
	Глинени минерали	
	↙ ↘	
	Силикатно-глинени минерали	Оксидно-глинени минерали

4.2. Стени

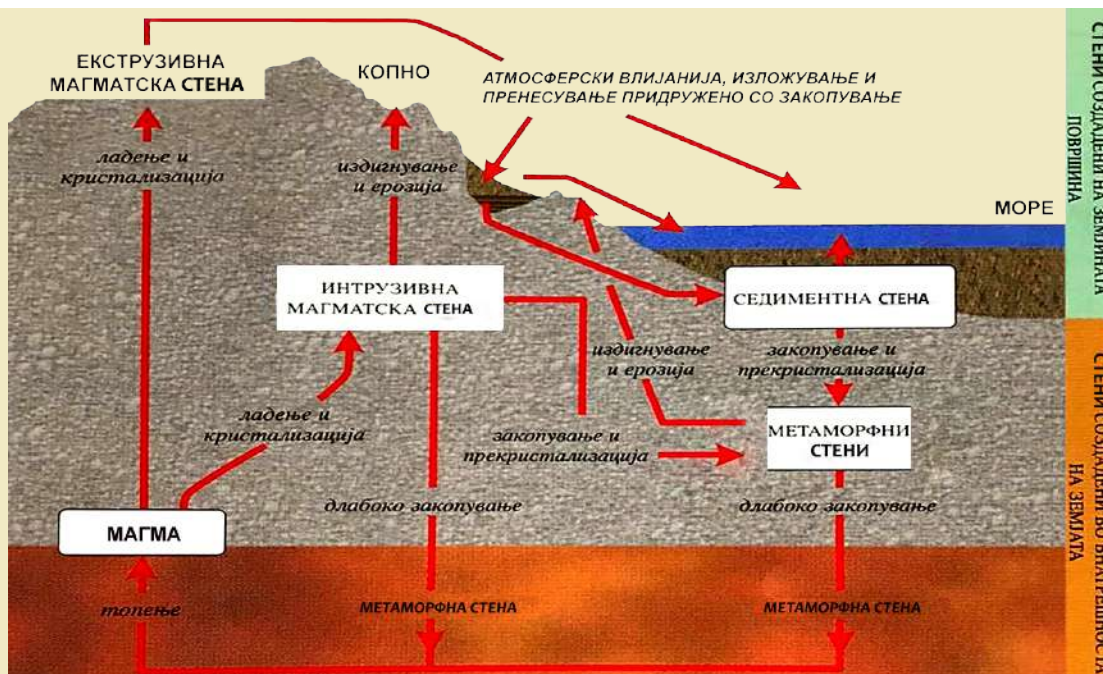
Терминот „стена“ во геологијата значи подруго, отколку во обичниот говор. Во обичниот говор стената опфаќа само цврсти карпи. Во геологијата стената е смеса од минерали цементираны во цврста маса или не. Цврстиот гранит е стена во геологијата, но и растреситиот речен нанос е стена. Делот од геологијата што се занимава со проучување на стените се вика Петрологија, а делот што се занимава со опишување на минералошкиот состав на стените и нивните својства се вика Петрографија.

Стените се смеса најчесто од два или повеќе видови минерали цементираны заедно во цврсто тело или пола поврзаны и несврзаны (растресита маса). Заедницата од минерални агрегати имаат одреден состав, и тоа како хемиски, така и минералошки, и

определени текстурни и структурни карактеристики.

Во зависност од тоа како настанале, стените се делат на:

- ✓ Еруптивни или магмени стени,
- ✓ Метаморфни стени и
- ✓ Седиментни стени.



Слика 20. Стени создадени на Земјината површина и во внатрешноста на Земјата (извор: Планетата Земја, 2006)

Еруптивните стени се образувани со ладење и стврднување на жешката лава (магма) и содржат само примарни минерали. Се делат на длабински (интрузивни), и површински (ефузивни), во зависност од тоа каде е извршена кристализацијата на магмата. Кај длабинските стени каде што подолго време има слични услови (температура и притисок) кристализацијата се одвива бавно, постепено и поради тоа сите минерали искристализираат во зрна со приближно иста големина. Се карактеризираат со зрнеста структура што може да биде ситно, средно до крупнозрнеста, а површинските со порфирска структура. Во таа структура макроскопски се видни појадрите кристали, а многу ситните кристали, што се добиени при брзата кристализација на површината не се видни макроскопски. Со тектонските поместувања, овие стени можат да се најдат и на површината.



Слика 21. Зрнеста и порфирска структура

За образувањето и својствата на реголитот, а од него и на почвата, од големо значење е хемискиот и минералошкиот состав на стениите. Според содржината на SiO_2 , се разликуваат:

- ✓ кисели (SiO_2 од 65 до 75 %),
- ✓ преодни или неутрални (SiO_2 од 55 до 65 %),
- ✓ базични (SiO_2 од 40 до 55 %) и
- ✓ ултрабазични стени (SiO_2 под 40 %).

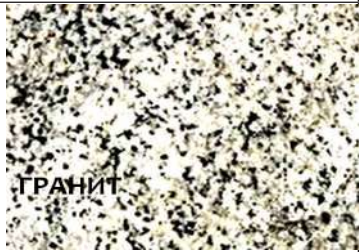
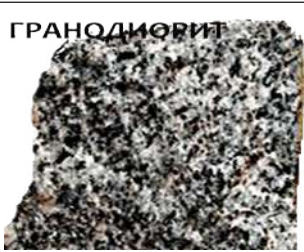
Киселите стени според видот на фелдспатите се делат на: гранит и гранодиорит. Гранитот е длабинска светло обоена стена (со преовладување на ортокласот), со зрнеста структура, светло до темно сива боја, понекогаш и црвеникава. Неговиот површински еквивалент е риолит со порфирска структура. Гранодиорит е длабинска стена (со преовладување на Na и Ca-плагиокласи). Неговиот површински еквивалент е дацит со карактеристична порфирска структура и со различна боја: светло сива, сива, поретко и црвеникава.

Преодните стени се делат во две групи: сиенит и диорит. Сиенитот е длабинска стена со алкални фелдспати, зрнеста структура и со темно сива или црвена боја. Неговиот површински еквивалент е трахит со сива боја и порфирска структура. Диоритот содржи Ca и Na-плагиокласи има зрнеста структура, со темно сива или зелена боја. Неговиот површински еквивалент е андезит со порфирска структура и со сива до црна боја.

Во *базичните стени* спаѓа габро, темно обоена длабинска стена (зелена, темно зелена до црна боја), со зрнеста структура, а неговиот површински еквивалент е базалт со црна боја.

Во *ултрабазични стени* спаѓа перидотит, кој содржи главно темно обоени феромагнезиски минерали (оливини и пироксени). Не содржи кварц и фелдспати. Се карактеризира со крупно зрнеста структура.

Табела 4. Приказ на минералошкиот состав на магмените стени

Хемиски состав содржина на SiO_2	Потекло	Минералошки состав		
		Алкални фелдспати	Са -алкални фелдспати	Останати минерали
Кисели 65 - 75 %	Длабински			Кварц Лискун Амфиболи
	Површински			

Неутрални 55 - 65 %	Длабински	СИЕНИТ 	ДИОРИТ 	Амфиболи (Биотит)
	Површински	ТРАХИТ 	АНДЕНЗИТ 	
Базични 40 - 55 %	Длабински	ГАБРО 	Габро со оливин	Пироксени (Оливини)
	Површински	БАЗАЛТ 	Дијабаз, долерит	
Ултрабазични < 40 %	Длабински	ПЕРИДОТИТ 		Оливин Пироксен Серпентин

Според хемискиот и минералошкиот состав на стените може да се заклучи дека одејќи од киселите кон ултрабазичните стени се намалува содржината на силициум, на алкалните елементи (Na и K), на светло обоените минерали, а расте содржината на железо и земноалкалните елементи (Ca и Mg), бидејќи расте процентот на темно обоените минерали. Ова е од големо значење за педогенезата (образувањето на почвата), бидејќи овие различни групи на стени со распаѓање даваат реголит со различен минералошки и механички состав.

Магмените, за разлика од седиментните стени, не претставуваат поволен супстрат за образување на плодни почви. Почвите на овие супстрати се најчесто плитки, сиромашни со глина, со големо присуство на скелет (чакал и камења) и со ниска плодност.

Седиментните стени настануваат од материјал добиен од претходно распаднати еруптивни и метаморфни стени, како и од остатоци на изумрени организми, наталожени во морињата, езерата, реките и на копното. Имаат неорганско и органско потекло. Се образуваат со распаѓање, растворање, пренос на материјалот од едно и таложење и дијагенеза (стврднување) на друго место. Овие стени покриваат околу 75 % од вкупната површина на Земјата и затоа како супстрат имаат најголемо значење за образување на почвите.

Седиментните стени се делат на *цврсти (сврзани)* и *растресити (несврзани)*. Растреситите (несврзани) како реголитот и матичен супстрат се опишани подоцна.

Во цврстите седиментни стени спаѓаат: *бречија, конгломерат, песочник, глинци, лапорци и варовник* (слика 22).

Бречија - се состои од незаоблен чакалест материјал, цементиран со поситночастичен материјал. Во зависност од видот на цементниот сврзнички материјал, можат да бидат: *варовнички, доломитски, глиновидни, серпентински, силициумови* и др. Во зависност пак од местото каде што настануваат, бречиите можат да бидат: падински, што настануваат на падината од планините, крајбрежни што настануваат во крајбрежните делови на Земјината површина, тектонски што настануваат со поврзување на тектонски распаднатиот материјал, раседни настануваат со поврзување на материјалот што е раздробен при раседнување и вулкански што настануваат на вулканските блокови.

Бречиите изградени од органски материјал (остатоците од лушпи од школки или од коски на други животни) сврзани со цементен материјал се викаат *лумакели*.

Конгломерат - исто како бречија, со таа разлика што чакалестиот материјал е заоблен и се карактеризира со слоевитост. Слоевитоста е добро изразена бидејќи се таложат во водена средина.

Песочник - се создава со цементација на песок со повеќе од 50 % песочливи честички. Песочниците најчесто се појавуваат во вид на слоеви, кои можат да имаат различна дебелина. За време на настанувањето секогаш се хоризонтални, но под дејство на тектонски поместувања можат да се јават во различни форми. Песочниците во најголем дел настануваат во водена средина.

Глинци - се создаваат со цементација на глина и имаат многу различен хемиски состав и мала порозност.

Лапорците - претставуваат смеса од глина и CaCO_3 во различен однос и по тоа добиваат различни имиња. Ако содржат повеќе од 65 % CaCO_3 се викаат лапорести варовници, а под 35 % се викаат глинести лапорци.

Варовник - има органско (од школки, корали) и хемиско (неорганско) потекло (таложене во раствор). Во зависност од минералошкиот состав се дели на: калцитен варовник (содржи повеќе од 50 % калциум карбонат CaCO_3) и доломитен варовник, или калциум магнезиум бикарбонат $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Се разликува „чист“ и „нечист“ варовник. Во „чистиот“ варовник, примесите од силикатни и други минерали (главно глина) се мали, често и под 1 %, а во „нечистиот“ варовник, примесите од глина, кварц, железни оксиди и други се во поголем процент.



Бречија



Конгломерат



Песочник



Глинци



Варовник

Слика 22. Цврсти седиментни стени

Метаморфните стени се образуваат со метаморфоза (промена). Метаморфозата претставува посебен процес во Земјината кора со кој под влијание на висок притисок и температура се менуваат минералешките, хемиските и текстурно-структурните својства на еруптивните и седиментните стени и се образуваат метаморфните стени. Овие процеси се нарекуваат метаморфни процеси.

Според текстурата, метаморфните стени се делат во две групи: со *масивна* и *шкрилеста* текстура.

Поважни претставници од групата на метаморфни стени со *масивна* текстура се: *мермер*, *кварцит* и *серпентинит* (слика 23). Се состојат главно од еден минерал и не покажуваат слоевитост.

Мермерот е масивен и образуван со метаморфоза на калцитниот или доломитниот варовник. По боја може да биде бел, сив, жолтеникав, зеленкав, син и црн.

Кварцитот е образуван со метаморфоза на кварцниот песочник и е најрезистентен на распаѓање. По боја може да биде бел, сив, црвеникав или црн.

Серпентинитот е образуван со метаморфоза на базичните и ултрабазичните стени (перидотит) и се карактеризира со зелена до темно зелена боја.



Мермер



Кварцит



Серпентинит

Слика 23. Масивни метаморфни стени

Метаморфните стени со шкрилеста текстура се состојат од повеќе минерали и покажуваат слоевитост. Нивни поважни претставници се: *гнајс*, *филит* и *аргилошист* (слика 24).

Како резултат на шкрилестата текстура, метаморфните стени лесно физички се распаѓаат, педогенезата во нив се одвива брзо, а образуваните почви се нешто подлабоки во однос на компактните магмени стени и тврдите варовници. Со оглед на тоа дека се наоѓаат во брдско-планинските подрачја, каде што често е присутна ерозијата, почвите на овие стени се најчесто плитки, скелетни и со ниска плодност и добри се за одгледување на шумски дрвја.



Слика 24. Листести метаморфни стени

Гнајсите се тенкослоевити стени, во кои можат да се сменуваат слоевите од светло обоени минерали (кварц и фелдспати) со темно обоени минерали. Најчесто се образуваат со метаморфоза на гранит, но можат и со метаморфоза на некои други стени.

Филити се образуваат од посилено метаморфозирани глинци, во кои лискуните се повидливи, имаат свилест сјај, а бојата варира од сива, сиво-жолта, зелена до црна.

Аргилошисти се образуваат со метаморфоза на глинци. Претставуваат преодна форма помеѓу седиментните и метаморфните стени. Лесно физички се распаѓаат, се цепат во плочи со целосно рамни површини.

4.3. Распаѓање на стените и минералите и образување на реголит

На површината од Земјината кора, магмените, седиментните и метаморфните стени се изложени на процеси на распаѓање под влијание на различни надворешни фактори. Распаѓањето пред сè е резултат на промената на условите (притисокот и температурата), кои многу се разликуваат во однос на условите кога стените се образувани. Ова придонесува за нарушување на рамнотежата во стените, при што тие стануваат нестабилни и се распаѓаат. Како резултат на ова се добива растресита маса (реголит) што претставува матичен супстрат од кој понатаму се образува почвата.

Општо гледано, распаѓањето е биохемиски процес во кој се вклучени деструкцијата и синтезата, така што оригиналните стени и минерали се распаднати од физичката дезагрегација и хемиската декомпозиција.

Во зависност од факторите, распаѓањето на стените и минералите може да биде: *физичко* и *хемиско*. Во природата, двете распаѓања не се изолирани, туку се одвиваат истовремено и најчесто едното го забрзува другото распаѓање. Има области каде што едното од нив преовладува. Пример: во ладните поларни и високопланински реони, како и во пустинските реони преовладува физичкото распаѓање, а хемиското во тропските реони каде

што има доволно влага и високи температури.

Некои автори, улогата на живите организми во процесите на распаѓање (физичко и хемиско) го издвојуваат одделно и го објаснуваат како *биолошко распаѓање*.

Образувањето на реголит (растресита маса или детритус) како резултат на физичко и хемиско распаѓање под влијание на надворешните фактори се означува како детритација (реголитизација).

Физичко распаѓање (дезагрегација)

Со ова распаѓање, стените се дробат (ситнат), се добива растресита маса од честички со различна форма и димензии, но без никакви промени во минералоскиот и хемискиот состав.

Физичкото распаѓање е резултат на неколку фактори: температура, вода, организми и преносната сила на водата, ветерот, глечерите и Земјината тежа (гравитацијата).

Температурата покажува деноноќни и сезонски колебања (промени). Стените изложени на сончевата светлина се згреваат за време на денот и се ладат ноќе. Ова кај нив предизвикува наизменично ширење и собирање, со што тие пукаат, се дробат.

Првата причина за пукањето на стените е во слабата топлоспроводност. Во текот на денот и во лето, површинскиот слој на стените многу посилено се загрева и се шири отколку внатрешноста. Меѓу овие два дела се јавува разлика во напрегнатоста на кохезионите сили, односно нивното дејство се намалува и стените пукаат паралелно со површината. При ниски температури, горниот слој побрзо се лади и повеќе се контрахира отколку внатрешноста и пак се јавува пукање. На овој начин, некои стени можат да се распадат со ексфолијација - лупење на надворешните слоеви.

Втората причина е хетерогениот состав на стените. Тие се изградени од минерали што имаат различни својства (форма, големина, боја и специфична топлина), што значи различно се загреваат и шират, се ладат и собираат. Како резултат на континуираното повторување (загревање и ладење), во минералите прво се создаваат микропори, кои со текот на времето се прошируваат и продлабочуваат, што на крај предизвикува физичка дизагрегација (распаѓање) на минералите и стените.

Во образуваните пукнатини навлегува вода, која влијае врз понатамошно дробење на стените, а посебно ако таа замрзне. Тогаш водата го наголемува својот волумен со сила од околу $1\,465\text{ Mg/m}^2$ (или за 9 %), а притисокот дополнително расте и до $2\,000$ атмосфери при температура од $-20\text{ }^\circ\text{C}$. Кај порозните стени овој притисок е поголем од кохезионите сили меѓу минералите, и тие се распаѓаат во дроблива маса.

Силен притисок прават и растителните корења (особено на шумските) што навлегуваат низ пукнатините и ги дробат стените. По изумирање, корењата бабрат и вршат притисок. Геологот Lang пресметал дека притисокот од корењата на растенијата може да биде многу висок (пример: еден корен со дијаметар од 10 cm и должина 1 m може да подигне маса со тежина од 30 000 до 50 000 kg. Притисокот изнесува околу 10 до 15 kg на cm^2).



Слика 25. Навлегување на кореновиот систем во пукнатините на стената (фотографија: Ацевски Ј., Мариово, 2019)

Со физичкото распаѓање се добиваат покрупните честички (чакал, камења и песок) и некои од поситните (прав), кои често под влијание на преносните сили на Земјината тежа (гравитација), водата, ветерот и глечерите се пренесуваат од местото на образувањето. При преносот, честичките се тријат меѓу себе или од подлогата и дополнително се дробат.

Како резултат на физичкото распаѓање, стените повеќе не се компактни, тие се раздробени и се создаваат услови за поинтензивно делување на факторите на хемиското распаѓање.

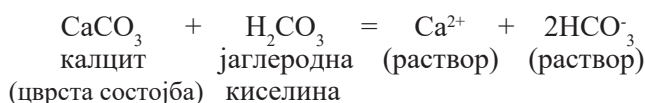
Хемиско распаѓање (дезинтеграција)

Дезинтеграцијата или хемиското распаѓање е процес во кој покрај намалување на димензијата на честичките се случуваат многу суштински промени, во кои доаѓа до делумна или целосна трансформација на примарните минерали, се разрушува нивната кристална решетка и се создаваат нови секундарни минерали со друг изменет хемиски состав и физички својства. Помеѓу нив, за почвата најголемо значење имаат глинените минерали.

Најважен фактор на хемиското распаѓање е водата, која врши растворање и има хидролитичко дејство. Покрај водата, од значење се и другите фактори, како: температурата, јаглородната (H_2CO_3) и други минерални и органски киселини, кислородот и организмите. Под нивно влијание, во текот на хемиското распаѓање се одвиваат процесите на:

- » *Растворање;*
- » *Хидратација и дехидратација;*
- » *Хидролиза и*
- » *Оксидација и редукција.*

Растворањето на минералите под дејство на водата е наједноставниот процес на нивното распаѓање во природата. Но, сите минерали не се еднакво растворливи во вода. Со овој процес се распаѓаат: солите на алкалните метали (хлоридите на Na и K), потоа солите (хлоридите и нитратите) на земноалкалните елементи (Ca и Mg), потешко со растворање се распаѓаат карбонатите на Ca и Mg и најтешко се раствораат сложените K-Na силикати (ортоклас, албит и мусковит). Кварцот и повеќето силикатни минерали во почвата практично се нерастворливи во вода, но има и такви кои во вода не се раствораат, но во присуство на киселини им се наголемува растворливоста. Пример: растворање на калциум карбонатот (CaCO_3) во некои седиментни стени (варовници). Во чиста вода, CaCO_3 е нерастворлив, но во вода што содржи H_2CO_3 , (најчесто образувана со дишење на корењата и микроорганизмите, при што се ослободува CO_2 кој со водата образува јаглородна киселина), расте неговата растворливост и минува во растворлив калциум бикарбонат $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Овој процес се вика декарбонатизација.



Во процесот на *хидратација* доаѓа до навлегување и врзување со цели молекули на вода, т.е. на нејзините диполови во составот на минералите. Најмногу на хидратација се изложени катјоните и анјоните распоредени по рабовите на кристалната решетка на минералите што имаат слободна површинска енергија, додека атомите во кристалот се неутрални. Во контакт со диполовите молекули вода, катјоните се привлекуваат од негативните киселински јони, а анјоните од позитивните водородни јони. Тука, треба да се потенцира дека молекулите на вода не се дисоцирани на H^+ и OH^- -јони како во процесот

на хидролиза. Со хидратација се наголемува волуменот на минералите, тие бабрат, со што се засилува пукањето и физичкото распаѓање на стените. Пример, анхидрид на гипс со хидратација преминува во гипс, зголемувајќи го волуменот за 1/3.



Најчести производи на хидратација се и хидратирани оксиди на Fe и Al (на пример $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Со овој процес се менува бојата кај железните минерали, пример:



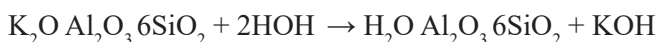
Спротивниот процес на хидратација се вика *дехидратација* (ослободување на водата).

Најважниот процес во кој доаѓа до разрушување на кристалната решетка на минералите и кога од примарни се добиваат секундарни минерали е *хидролизата*. Овој процес е долготраен и се одвива постепено во неколку фази. Затоа во почвата едновременно се забележува присуство на определена содржина на нераспаднати примарни силикатни минерали, потоа силикати во различни фази на распаѓање, минерали на простите соли, различна содржина на глинени минерали и крајни продукти на распаѓањето (оксиди и хидроксиди на Si, Al и Fe).

Во првата фаза, под влијание на дисоцираните молекули вода, главно H^+ -јоните, ја напаѓаат кристалната решетка на минералите и ги истиснуваат базичните катјони Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ и K^+ , а во следните фази и јоните на Al^{3+} и Fe^{3+} .

Пример: хидролиза во три фази на примарниот минерал - ортоклас, кој се трансформира во силикатно-глинен минерал - каолинит и крајни продукти на распаѓање: нерастворливи SiO_2 и растворливи соли.

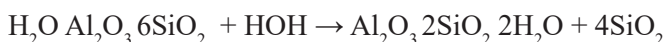
I фаза



Во првата фаза на распаѓање, H^+ -јоните ги заменуваат K^+ -јоните во кристалната решетка на ортокласот, но тој сè уште не е распаднат. Истиснатите K^+ -јони се врзуваат со OH^- -јоните и образуваат KOH. Оваа фаза се означува како деалкализација.

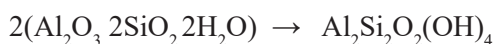
II фаза

По деалкализацијата, минералот (ортоклас) станува неотпорен на дејството на водата, и е изложен на понатамошна хидролиза. Во втората фаза, доаѓа до олабавување на кристалната решетка на ортокласот, како резултат на понатамошното навлегување на H^+ -јоните во кристалната решетка. Бидејќи H^+ -јоните се со помал радиус, во решетката останува празен простор, врските олабавуваат, се ослободува еден дел од SiO_2 , и се образува метасилициумска киселина и алуминиум хидроксид. Оваа фаза се означува како десиликатизација.



III фаза

Третата фаза се одвива во силно кисела средина ($\text{pH} < 5$), и се означува како фаза на кисела деструкција. Сличен процес на киселата деструкција е алкалната деструкција што се одвива во услови на алкална средина ($\text{pH} > 8,5$). Според некои автори, третата фаза се означува и како каолинитизација според името на добиениот краен производ - каолинит.

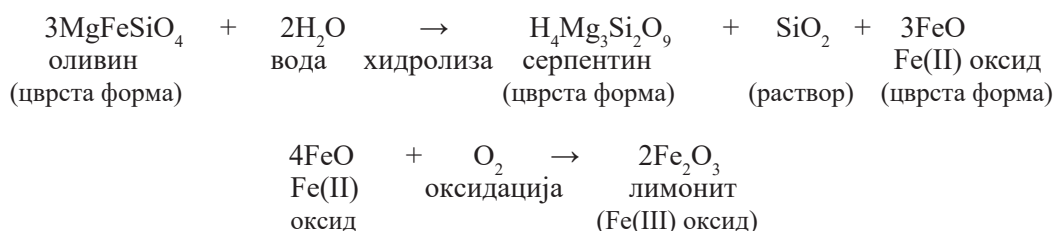


Хидролизата се одвива со поголема брзина при повисоки температури (дисоцијацијата на водата е три пати поголема на 30 °C, отколку на 10 °C). Затоа интензитетот на хемиското распаѓање е многу поголем во тропските предели.

Конечно, со хидролизата се добиваат секундарни минерали и тоа: силикатно глинени минерали (каолинит и др.) и крајни продукти од распаѓање (SiO₂ и соли). Солите можат да бидат растворливи (прости соли).

Со процесите на *оксидација* и *редукција*, обично се зафатени темно обоените минерали што во својот хемиски состав содржат железо во двовалентна феро форма (Fe²⁺) или нисковалентни форми на Mn (двовалентен манган) и S (сулфур), како што се: сидерит, пирит, аугит, хорнбленда, бронзит и други. Со оксидација, двовалентната феро форма на (Fe²⁺) преминува во тривалентна фери форма (Fe³⁺) или двовалентната форма на Mn²⁺ во Mn⁴⁺. Со менување на полнежот доаѓа до олабавување на врските во решетката на минералите и истата може да се разруши или измени и да се добие нов секундарен минерал.

Пример: оксидација на оливин

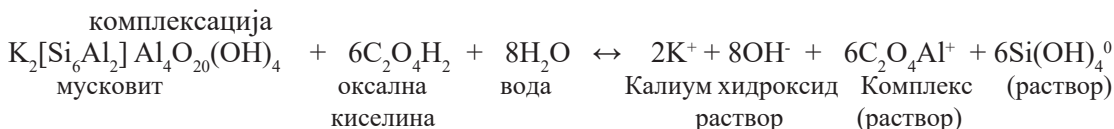


Овде се комбинираат процесите на хидролиза и оксидација. Ослободениот ферооксид веднаш се оксидира во фериоксид. И во овој процес се добиваат исти продукти: еден нов силикатен минерал (серпентин) и два нерастворливи крајни продукта (SiO₂ и лимонит). Преминувањето на железото од феро во фери форма е проследено и со промена на бојата од темно сино-зелена боја во рѓеста до црвеникава, што е сигурен знак за оксидационо распаѓање.

Спротивниот процес на оксидација е редукција, во која тривалентните (фери) железни соединенија во отсуство на кислород минуваат во двовалентни (феро) соединенија.

Улогата на живите организми во процесот на хемиското распаѓање е голема. Покрај јагледородната киселина (H₂CO₃) што се образува со сврзување на ослободениот CO₂ со дишење на кореновиот систем на растенијата и микроорганизмите со водата, се образуваат и други неоргански и органски киселини (оксална, лимонска, оцетна, како и многу поголемите молекули на фулво и хуминските киселини). Тие, покрај обезбедувањето на H⁺-јони, кои помагаат алуминиумот и силициумот да преминат во растворлива форма, учествуваат и во реакции со Al³⁺-јоните, кои влегуваат во структурата на силикатните минерали. На тој начин, тие го отстрануваат Al³⁺ од минералот, образувајќи комплекс што понатаму дополнително е изложен на дезинтеграција. Овој процес во кој се образуваат комплекси е означен како *комплексација*.

Пример: оксалната киселина формира растворлив комплекс со алуминиумот од минералот мусковит и се ослободуваат растворливи јони како калиум, кој претставува хранлив биоген елемент за растенијата.



Интересно да се знае: Кога не би имало живи организми на Земјата, процесите на хемиско распаѓање би се одвивале 1 000 пати побавно, што значи би имало многу мало или никакво образување на почвата.

Од сето кажано може да се заклучи дека постојат разлики помеѓу физичкото и хемиското распаѓање и тие се прикажани во табела 5.

Табела 5. Разлики помеѓу физичко и хемиско распаѓање

Физичко распаѓање	Хемиско распаѓање
» Нема трансформација на минералите	» Има трансформација на минералите
» Се добиваат главно појадри честички (чакал, камења, песок, прав)	» Се добива глина
» Не се добиваат нови растворливи продукти	» Се добиваат нови растворливи продукти од кои голем дел се биогени хранливи елементи за растенијата

При еднакви надворешни услови, брзината односно интензитетот на распаѓањето зависи од физичките и хемиските карактеристики на стените и минералите.

Од физичките карактеристики, значајни се: текстура, тврдост и степен на цементирање. Општо земено, стените со крупно зрнеста структура полесно физички се распаѓаат од нивните ситнозрнести еквиваленти. Од друга страна, до колку еден ист минерал се јавува во поситни зрна (кристали), до толку посилно хемиски се распаѓа бидејќи ситната маса има поголема допирна површина во споредба со истата маса крупни минерали. До колку тврдоста и степенот на цементирање се посилни, до толку распаѓањето е побавно. (пример: тврдиот масивен кварцит и силно цементируваниот песочник со силициумови материјали многу побавно хемиски се распаѓаат отколку порозниот варовник).

Од хемиските карактеристики, од најголемо значење се: хемискиот состав и атомската структура на минералите.

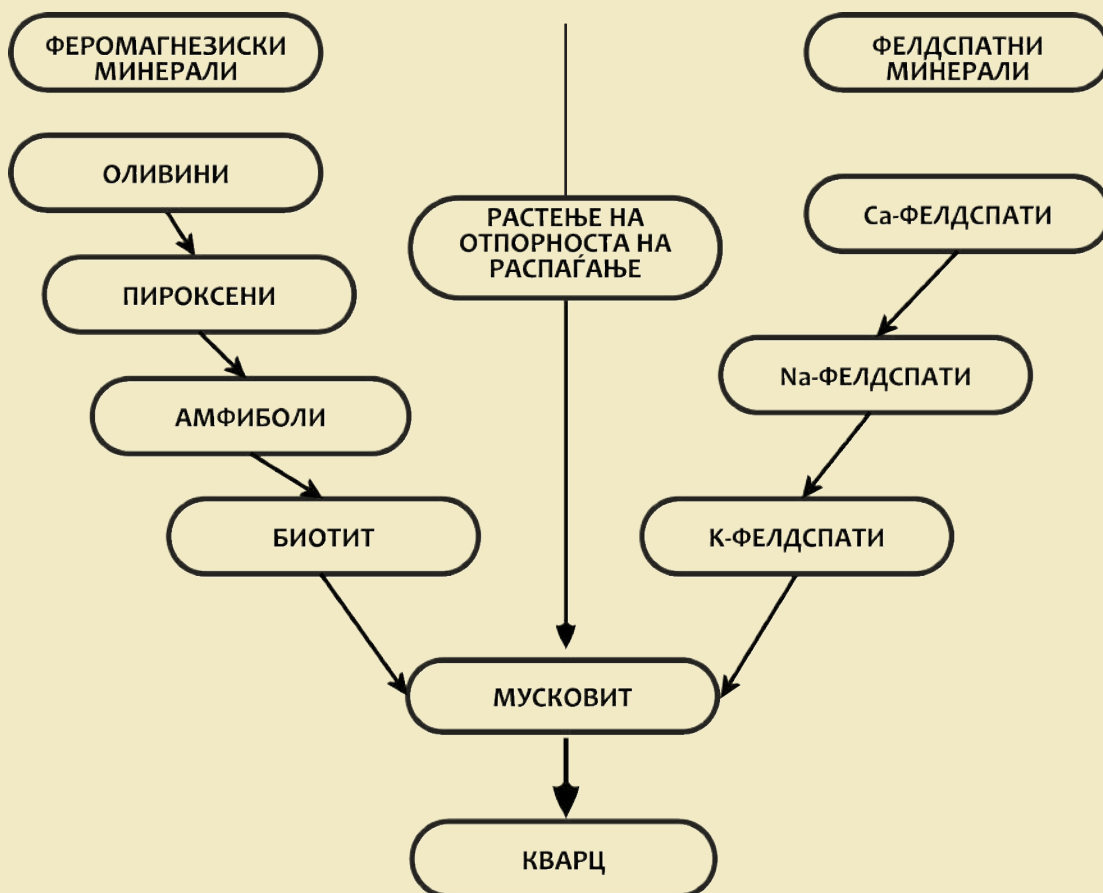
Пример, водата лесно ги раствора и промива леснорастворливите минерали (халит NaCl , гипсот $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и др.).

Доколку врската меѓу тетраедрите во силикатните минерали е послаба, т.е. со помалку заеднички О-јони, и до колку замената на Si^{4+} со Al^{3+} и на Al^{3+} со Fe^{2+} и Mg^{2+} е извршена во поголем број тетраедри и октаедри, до толку отпорноста на минералите на хемиско распаѓање е послаба.

Пример: во кварцот има целосно поклопување на двата тетраедра со по четири заеднички О-јони и Si не е заменет со Al и затоа кварцот е најрезистентен минерал на распаѓање. Во оливинот пак, нема никакво сврзување на тетраедрите со заеднички О-јони и затоа оливинот многу лесно хемиски се распаѓа. Релативната отпорност на распаѓање на минералите е претставена на слика 26.

Со хемиското распаѓање се менуваат хемискиот состав и атомската структура на примарните минерали при што се образуваат нови секундарни минерали. Се разбира, целокупното количество од примарни минерали на една стена не се распаѓа целосно хемиски, туку помал или поголем дел. Ова значи дека растреситата маса добиена со распаѓање на стените (реголит), ќе се состои од: примарни хемиски нераспаднати минерали и парчиња стени од кои ќе бидат составени покрупните честички скелет (камења и чакал), песокот и поголемиот дел од правот и од секундарни минерали, од кои ќе бидат составени поситните честички (глината), слика 27.

Во почетокот, почвата има ист минералоски состав како реголитот од кој таа се образува, а понатаму со нејзиното стареење (еволуција) минералоскиот состав на почвата се менува и се повеќе се разликува од супстратот како резултат на продолжување на процесите на хемиско распаѓање на примарните минерали, а често и на секундарните. Повеќе од јасно е, дека со сите овие промени се образува минералниот дел на почвата.



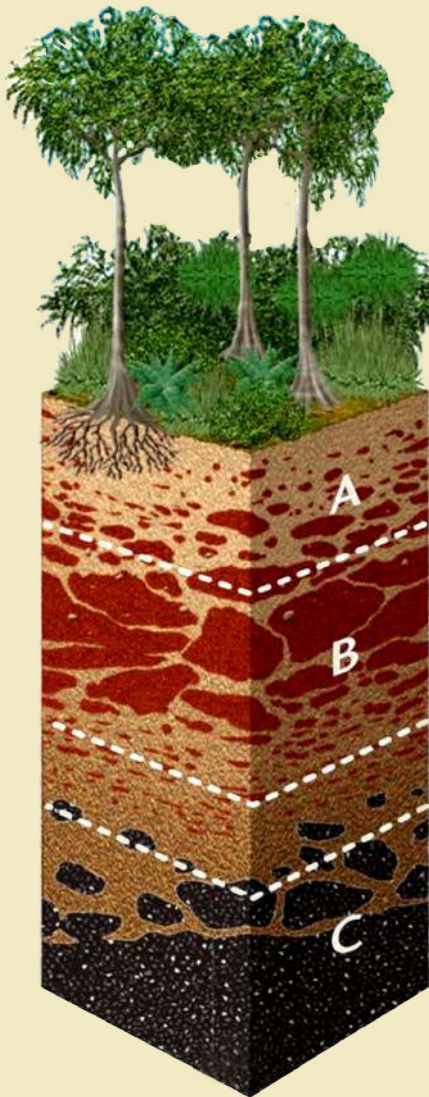
Слика 26. Шематски приказ на отпорноста на некои поважни примарни минерали на распаѓање

4.4. Реголит, негови главни карактеристики и класификација

Со распаѓање на стените се добива растресита маса што се вика реголит (слика 27, каде што реголитот е означен со С).

Реголитот во себе содржи различен материјал и добива свои карактеристики според кои се разликува од стените:

- » Бидејќи е раздробен, тој има поголема вкупна површина и тоа го прави да е растресит, порозен и со помала волумна маса.
- » За разлика од стените, кои се компактни, во реголитот може да навлегува коренот на растенијата, и со тоа станува механичка потпора способна да задржува воздух и вода.
- » Во него, еден дел од честичките можат да бидат во колоидна форма. Со тоа тој е оспособен да адсорбира и задржува во себе разни материи и да добива редица физичко-хемиски својства, коишто ги немаат цврстите стени.
- » Реголитот има изменет минералоски и хемиски состав, а присуството на хранливи материи (со исклучок на азотните), во него создаваат услови за населување на вишата вегетација и забрзување на процесите на педогенеза и образување на почвата.



Слика 27. Реголит (C)

Овој супстрат е карактеристичен за планинските реони и од него главно се образувани планинско-шумските почви. Неговите својства зависат од минералотскиот состав на стените од кои е добиен, па така може да се подели на реголит добиен од: кисели, базични, ултрабазични и карбонатни стени.

Слика 28. Резидуален матичен супстрат (реголит добиен од кисели стени) (фотографија: Миткова Т., Маркоски М., Пелистер, 2019)

Реголитот во зависност од димензијата на честичките се состои од следните минерали:

- ✓ скелет (чакал и камења) од фрагменти (парчиња) стени физички распаднати;
- ✓ песок и поголемиот дел од правот од примарни минерали физички раздробени до овие димензии и
- ✓ глина од секундарни минерали и тоа од силикатно-глинени минерали, а во помала мера од нерастворливи крајни продукти на распаѓањето (оксидно-глинени минерали, сесквиоксиди, SiO_2).

На тој начин, реголитот за почвата претставува родителски материјал или матичен супстрат.

Добиениот реголит со распаѓање на стените може да остане на самото место („in situ“) и се означува како *резидуален матичен супстрат* (слика 28).



Одејќи од реголитот образуван со распаѓање на киселите стени кон оној, образуван со распаѓање на ултрабазичните стени, може да се констатираат следниве разлики: се намалува содржината на силициум, на алкалните елементи (Na и K), на светло обоените минерали, а расте содржината на железо и земноалкалните елементи (Ca и Mg), бидејќи расте процентот на темно обоените минерали.

Ова е од големо значење за педогенезата (образувањето на почвата) бидејќи таквиот реголит има различен минералошки и механички состав. Поради поголемата содржина на земноалкални елементи, одејќи кон побазичните стени и присуството на темно обоени минерали кои полесно се распаѓаат, педогенезата се одвива побрзо, се наголемува содржината на глина што се добива при нивното распаѓање и опаѓа содржината на скелетни честици. Ваквиот тек се пресликува и во почвите што при еднакви други услови, во истата насока покажуваат сè повисоки вредности на реакцијата на почвениот раствор (pH), како и поголем процент на атсорбирани базични катјони во почвениот атсорптивен комплекс составен од колоидни честици.

Во резидуалниот матичен супстрат најчесто има присуство на скелетни честици со остри рабови, бидејќи се образувани на самото место („in situ“), односно не се пренесувани за да можат да се заоблат.

Реголитот добиен со распаѓање на ултрабазичните стени (серпентин, перидотит) се карактеризира и со некои други специфичности. Во него има многу глина со поголемо присуство на магнезиум, вклучително и на атсорбираниот Mg^{2+} , но со мало присуство на калциум што може да предизвика дисбаланс во исхраната на растенијата. Исто така, во овој реголит може да има поголемо присуство и на некои други микроелементи, што може да бидат токсични за растенијата.

Многу е интересен и специфичен процесот на образување на резидуалниот реголит од варовниците и доломитите. Во неговото образување учествува само 1 % од минералите за разлика од другите стени каде што учествуваат сите минерали. Во чистите варовници има над 99 % $CaCO_3$ што се раствора и промива, што значи останува 1 % силикатен остаток (резидиум). Минералниот дел на почвата се образува од овој силикатен резидиум (најчесто претставува црвена и кафеава глина) од кој ќе зависат и својствата на реголитот, а не од целиот варовник.

Процесите на растворање на варовникот (растворање на $CaCO_3$ до растворлив $Ca(HCO_3)_2$ и за промивањето на $Ca(HCO_3)_2$) се многу бавни, и е потребен долг временски период. За образување само на слој почва длабок 1 cm, потребни се од 8 000 до 10 000 години. Затоа почвите образувани врз ваков супстрат се апсолутно стари почви.

Реголитот пренесен од местото на образување и наталожен на друго место, или наталожениот реголит пренесен на друго место се означува како *транспортиран матичен супстрат*. Овој супстрат е карактеристичен за котлинските реони и долини и од него се образувани земјоделските почви.

Во зависност од начинот и силата на пренесување се делат на:

- » наноси пренесени под влијание на Земјината тежа (со гравитација),
- » водни наноси пренесени со вода,
- » еолски наноси пренесени со ветер,
- » глечерски (леднички) наноси и
- » вулкански наноси.

Некои автори и наталожувањата на органската материја во тресетиштата ги сметаат како матичен супстрат. Сите овие наноси имаат различни карактеристики што понатаму влијаат на својствата и образувањето на почвите (слика 39).

Карактеристики на наносите

Наноси пренесени со гравитација

Овие наноси се образувани под високите и стрмни планински врвови, истркавани под влијание на гравитацијата. Материјалот во овие наноси е груб, несортиран, чакалест и каменлив со остри рабови, добиен со физичко распаѓање. Се означуваат како *точила* или *сипари* и се од значење само за шумските почви (слика 29).

Слика 29. Точила

(фотографија: Миткова Т., Словенија, 2016)



Еолски наноси

Во овие наноси спаѓаат *еолските песоци* и *лесот*.

Лесот е образуван во минатото, после топењето и повлекувањето на глечерите кон север, како резултат на затоплувањето на климата. Настапил сув и топол период во кој се појавиле силни ветрови што дувале од глечерите (разлика во температурата) и ги пренесувале ситните правовидни честици. Во предели каде што силата на ветровите се намалила, овие честици се наталожени во дебели наслојки и го формирале лесот. Тие се формираат и денес, а многу слични наноси на лесот се и *лесообразните седименти* што можат да имаат и друго потекло.

Лесот претставува многу добро сортиран материјал со добар механички состав (иловица со доминација на фракцијата прав), добра водопропустливост и водозадржливост, богат со леснораспадливи минерали што со распаѓање ослободуваат хранливи материи. Најплодните почви во природата се образувани врз лес, како черноземите. Во својот состав, лесот содржи од 20 до 30 % CaCO_3 .



Слика 30. Еолски наноси, лес



Слика 31. Дина

Еолските песоци можат да бидат кварцни, силикатни и мешовити и многу често формираат дини. Дините имаат форма на рид, личат на полумесечина и се издолжени. По површината се нерамни, најчесто брановидни, што зависи од промената на силата на ветрот. За време на посилни ветрови, ситните парчиња од песок и прав повторно се пренесуваат и акумулираат на други места (селење на дините). Создавањето на овие дини покрај во пустините, можат да се појават и по должината на бреговите на реките, езерата, морињата и др. Почвите образувани врз ваков супстрат, посебно ако се кварцни песоци, се попесокливи, посиромашни, со ниска плодност, бидејќи нема минерали што со хемиско распаѓање образуваат глина и хранливи материи.

Водни наноси

Водните наноси се делат на: *речни (алувијални и делувијални), езерски и морски.*

Алувијалните наноси претставуваат растресити седименти, кои се карактеризираат со слоевитост и хетерогеност (вертикална и хоризонтална) во својот механички и минералашко-петрографски состав. Се образуваат по течението на големите реки и нивните притоки. Се јавуваат како во ниските (плавните) речни тераси (полои) со хидроморфни услови, така и на помали површини во повисоките, суви тераси со автоморфни услови. Во горниот тек на реките, каде што падот и брзината на течењето на реката се поголеми, со излевање на реката се таложат погуби честички, за разлика од средниот тек каде што се таложат пофини честички и најситни честички се таложат во нејзиниот долен дел, во близина на нејзиниот влив.

Се одликуваат со добра сортираност на материјалот и заобленост на честичките, посебно во долниот тек на реките. Алувијалните наноси се карактеризираат главно со добри физички и хемиски својства, можат да бидат карбонатни и бескарбонатни и содржат голем број на примарни и секундарни минерали што се еродирани и пренесени од целиот речен слив.



Слика 32. Алувијални наноси од Црешевска (Булачанска) река

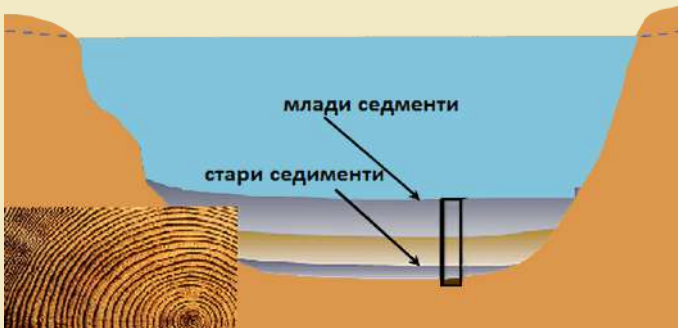


Слика 33. Колувијални наноси

Колувијалните (делувијални) наноси претставуваат растресити седименти, кои се карактеризираат со поизразита слоевитост и хетерогеност во својот механички и минералашко-петрографски состав. Се образуваат со еродирање на материјалот од повисоките планинско-брдски терени под влијание на поројна вода и со пренос и таложеење во подножјето на теренот. Во споредба со претходните, овие се несортирани и со остри рабови на честичките поради краткиот и брз транспорт на материјалот. Се означуваат и како колувијални ладала и лепежи, бидејќи во таква форма се таложат во подножјето на теренот. Се одликуваат со голема хоризонтална и вертикална хетерогеност. Во споредба

со алувијалните наноси, имаат похомоген минералошки состав, поради помалиот слив на поројницата. Материјалот што се еродира и носи (почви и реголит) обично се образувани од исти стени.

Езерски седименти образувани се повеќето во неогенот кога поголем дел од нашата земја бил под езера и со нивното повлекување, останале на површината. Крајбрежните седименти се погруби, а длабинските пофини. Имаат хетероген механички и минералошки состав. Најчесто се составени од карбонатна глина, а поретко од иловица и лапорец (мергел). Некои можат да бидат песокливи и чакалести. Хетерогеноста на нивниот минералошки состав е резултат на хетерогеноста на продуктите добиени со распаѓање на сите оние стени што се наоѓале по планинскиот обод (периферија) на езерата, од каде што тие се еродирале и таложеле на дното.



Слика 34.
Езерски седименти

Слика 35.
Морски наноси



Морските седименти се образувани во палеогенот. Материјалот од морските седименти потекнува од абразијата на морските бранови и материјалот од реките што се вливаат во морињата. Крајбрежните седименти се погруби, а длабинските пофини. По својот состав слични се со езерските седименти. Можат да содржат леснорастворливи соли и токсични количества бор.

Глечерски наноси

Глечерски наноси се образувани во минатото на повисоките планини под влијание на глечерите. Во првата фаза, со нивното движење надолу по планините го дробеле материјалот под нив (физичко дробење), а делумно ги преместувале и присутните стени (гласијална ерозија). Со настапувањето на топлиот период (втора фаза), глечерите се топеле и дополнително грубиот материјал го таложеле во долниот дел, образувајќи *груби моренски наноси*, а поситниот материјал со ветровите бил пренесуван и таложен на други простори. Од ледничко потекло се и фините илести седименти, наречени *дилувијални иловици*. Чести се и *гласиофлувијалните седименти*, кои имаат глечерско и речно потекло.



Слика 36. Глечерски наноси



Слика 37. Вулкански наноси

Вулкански наноси

Образувањани се од вулкански ерупции, со исфрлање на големо количество растресит материјал, кој може да биде погруб во вид на *вулканска згура*, или во вид на *фин вулкански пепел*. Вулканскиот пепел може да се пренесува и со ветер, во вид на еолски наноси. Вулканските наноси се богати со феромагнезиумски минерали, кои со распаѓање даваат глина богата со монтморилонит и алофани (некристални, аморфни минерали) со голем капацитет на адсорпција (задржување). Врз овие наноси, педогенезата се одвива бргу, бидејќи лесно се распаѓаат.

Органски депозити

Сите претходно опишани наноси претставуваат супстрати врз кои се образуваат минералните почви што во себе содржат помалку од 20 % органска материја освен во површинскиот слој (простирка) образуван од растителните отпадоци.

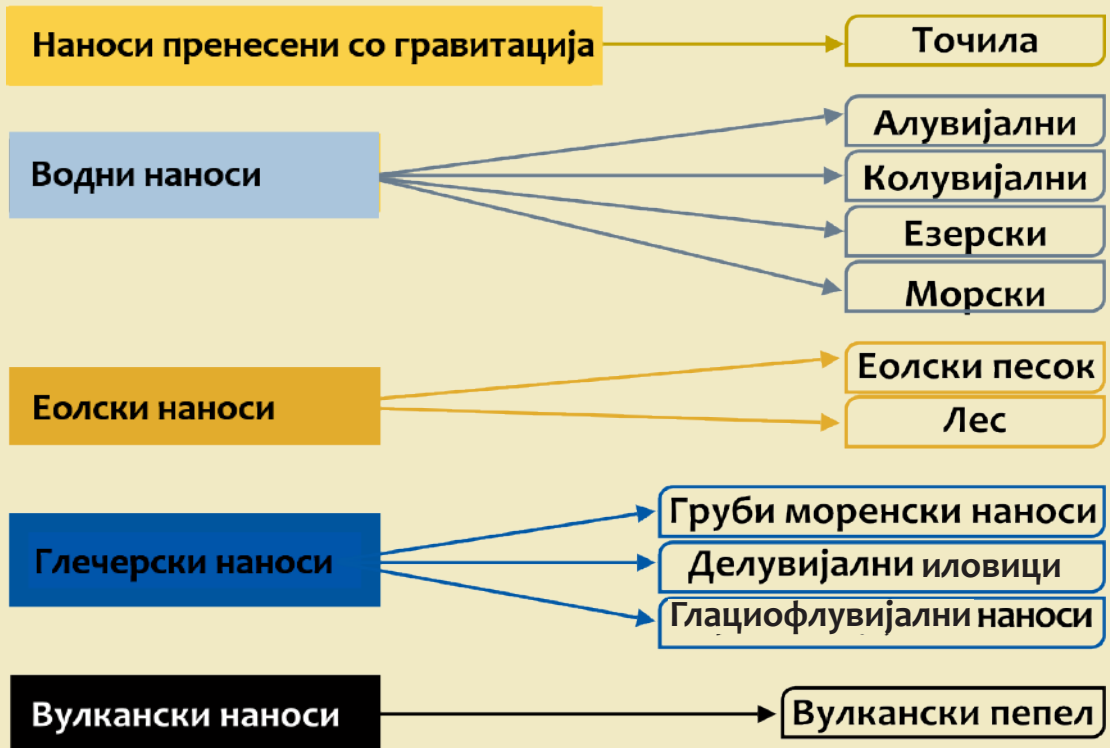
Голем број организми што живеат во морињата и океаните го земаат од водата растворениот CaCO_3 или SiO_2 за градба на нивниот скелет и школки, кои по нивното умирање се таложат. Овие остатоци можат да имаат животинско потекло (*зоогени седименти*) и растително (*фитогени седименти*). Во зоогени седименти спаѓаат: варовник, доломит и силициумови органски седименти.

Врз органските депозити се образуваат органогените почви (тресетишта) што содржат повеќе од 30 % органска материја образувана во услови на плиткуи неистечни води, сиромашни со кислород. Во вакви услови доаѓа до наталожување на неразложени и полуразложени органски материи што потекнуваат најчесто од растителните отпадоци и така се формира тресетен хоризонт. Во органските растителни депозити спаѓаат: тресетен мов (остатоци од мов), тревен тресет (остатоци од тревна хидрофитна вегетација, острики, шевар, трски, дзуки) и дрвенест тресет - јаглен (остатоци од дрвенести растенија, вклучително дрвја и ниски грмушки). Седиментниот тресет што се образува од остатоци од акватични-водни растенија и животни, може да биде и зооген и фитоген седимент.



Слика 38. Органски депозити

ТРАНСПОРТИРАН МАТИЧЕН СУПСТРАТ



Слика 39. Шематски приказ на класификација на транспортираниот матичен супстрат

5. МИНЕРАЛОШКИ СОСТАВ НА ПОЧВАТА

Почвата го наследува минералошкиот состав на реголитот од кој се образува. Колку е почвата помлада, толку тој состав е по сличен со реголитот. До измени доаѓа кај постарите еволуционо поразвиени почви под влијание на долготрајното педохемиско распаѓање.

Под минералошки состав на почвата се подразбира содржината на разни минерали изразена во масени проценти.

Сите минерали што се јавуваат во почвата се делат на *примарни и секундарни*. Примарните минерали се истите што се јавуваат во стените и претходно се опишани.

Тука се опишани секундарните минерали во почвата (потсети се на нивната поделба во табела 3), со посебен акцент на глинените минерали, кои имаат најголемо значење за физичките, хемиските својства и за плодноста на почвата.

5.1. Секундарни минерали на почвата

Според хемискиот состав, овие минерали се состојат од Si, Al, O₂, H₂, а помалку од Ca, Mg, K, ретко Fe. Тие се хидратисани алумосиликати. Се делат на прости соли на алкалните (K, Na) и земноалкалните елементи (Ca, Mg) и на глинените минерали. Глинените минерали се делат на силикатно-глинени и оксидно-глинени минерали.

1. Простите соли се несиликатни минерали. Тоа се карбонати, бикарбонати, сулфати, хлориди, фосфати на Ca, Mg, K, Na и на други елементи. Се карактеризираат со различна растворливост и во зависност од климатските услови можат да се акумулираат во почвата (топла и аридна клима) или да бидат промиени (ладна и хумидна клима). Некои од нив, растенијата ги користат во исхраната. Заедно со оксидно-глинените минерали се јавуваат како крајни продукти од распаѓањето.

Во оваа група на секундарни минерали, како поважни претставници се: *калцит* CaCO₃, *доломит* CaMg(CO₃)₂, *магнезит* MgCO₃, *гипс* CaSO₄ · 2H₂O и *разните растворливи Na соли* (халит NaCl и други).

При проучување на почвите се посветува големо внимание, особено на присуството на CaCO₃ и на лесно растворливите соли. Во контекст на ова, утврдувањето на присуството на вкупни соли во почвата, како и на одделните видови соли (хлориди, сулфати, сода, Na-борат) е најважната задача во проучувањето на солените (халоморфни) почви, бидејќи врз основа на нив, прво се прави разграничување помеѓу солените и несолените почви, а потоа детална класификација на солените почви, како и оценка на нивната подобност за одгледување на одделни видови култури.

Исто така, присуството или отсуството на CaCO₃ и доломит е еден од поважните критериуми во класификацијата на почвите, односно во издвојувањето на поттипови (карбонатни и бескарбонатни) како, и во вариетети кај карбонатните почви. Конечно, ова е значајно и за изборот на подлогите при подигнување на лозови и овошни насади, со што се избегнува проблемот со појавата на хлороза како резултат на недостиг на железо во приство на многу активен CaO во почвата.

2. Глинени минерали. Во процесите на хидролитичко распаѓање на примарните минерали и образување на глинените минерали доаѓа до трансформација, која може да се одвива на два начина: првиот, без разрушување на кристалната решетка, т.е. само со слаби промени и преправки во неа и вториот, со разрушување (деструкција) на кристалната решетка во разни продукти.

Околу механизмот на образување на глинените минерали по пат на синтеза од

продуктите на распаѓањето на различни минерали, постојат неколку теории кои не се во целост разјаснети.

Според колоидната теорија, во првата фаза се образуваат хидроксидите на Fe, Al и силициумова киселина. Потоа тие дисоцираат, при што хидроксидите на Fe и Al се позитивно наелектризирани, а силициумовата киселина - негативно. Бидејќи се со спротивен полнеж, тие се привлекуваат меѓу себе и се образуваат глинени минерали.

Според јонската теорија се мисли дека сите продукти на примарните минерали во текот на нивното распаѓање преминуваат во јонскиот раствор, и потоа од него се образуваат хидроксиди на Fe, Al и Si, кои дисоцираат и како спротивно наелектризирани се привлекуваат и се образуваат глинени минерали.

Глинените минерали се нерастворливи секундарни минерали што се јавуваат во вид на ситни микрокристални агрегати кои не можат да се идентификуваат со обичен микроскоп. Нивната идентификација е можна со примена на хемиски и рендгенски методи и со термичко испитување.

• *Силикатно-глинените минерали* се најважните и го сочинуваат најголемиот дел од глиневата фракција на нашите почви. Според хемискиот состав, овие минерали се состојат од Si, Al, O₂, H₂, а помалку од Ca, Mg, K, ретко Fe. Тие се хидратисани алумосиликати. Се јавуваат најчесто во вид на колоидни честички и се едни од најактивните компоненти на почвата. Слично како примарните минерали и тие имаат своја специфична атомска структура (слика 40), но се разликуваат од поголемиот број примарни минерали по тоа што секоја нивна кристална единица (или слој) се состои од два листа: Si-тетраедарски и Al-октаедарски, слично на лискуните, или од еден Al-октаедарски и два Si-тетраедарски над и под него. Листовите во кристалната единица помеѓу себе се цврсто сврзани, додека кристалните единици се посилно или послабо сврзани. Во една колоидна честичка има поголем број кристални единици, што се наредени хоризонтално, слично како листовите на шперплочата.

Во зависност од односот и распоредот на тетраедарските и октаедарските листови, како и од растојанието помеѓу листовите и кристалните единици, силикатно-глинените минерали се делат во неколку групи минерали: *каолинитна, смектитска, хидролизунска, вермикулитна, хлоритна, мешовито-слоевита група* и др.

Во *каолинитната група* спаѓаат: *халојзит, дикит и накрит*. Најважен претставник на оваа група е каолинитот $Al_2(Si_4O_{10})(OH)_8$. Во структурата на каолинитот, катјоните на Si^{4+} и Al^{3+} не се заменуваат. Тие градат наизменични тетраедарски SiO_4 и октаедарски $Al_3(OH)_6$ листови, кои формираат кристална единица, односно тип на кристална решетка 1 : 1 (слика 42). Кристалните единици се силно сврзани помеѓу себе со O-OH врска и меѓу нив нема простор за навлегување на молекули вода или на други јони. Растојанието меѓу нив е мало, 0,72 nm (nm - нанометар = 10^{-9} m). Поради ова каолинитот има т.н. нееластична структура. Нема внатрешни привлечни сили и може да адсорбира (задржува) јони само од надворешната страна. Има низок капацитет на адсорпција (3 - 15 cmol/kg), слабо е хидратисан и се одликува со многу мала пластичност, бабрење и пукање. Се образува од киселите стени, а може да се образува или со распаѓање на силикатните стени или со распаѓање на илит и монтморилонит (смектит). Образувањето на каолинитот со распаѓање на силикатите се одвива во услови на силно промивање на базичните катјони, при кисела реакција и приближно еднакво количество на Si и Al, потребно за рекристализација на кристалните единици (1 : 1). Се јавува во тропските и во многу старите почви, каде што се распаѓа во оксидно глинени минерали, како и во силно промиените кисели почви врз кисели стени во високите планински зони.

Почвите што го содржат каолинитот се одликуваат со добри физички и физичко-механички својства (добра водопропустливост, слаба пластичност и лепливост), но и ниска плодност.

Во *смектитската група* спаѓаат: *нонтронит, бајделит* и др. Најважен претставник

од оваа група е *монтморилонитот* $(\text{Na,Ca})_{0,33}(\text{Mg,Al})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Има сосема спротивни карактеристики од каолинитот. Спаѓа во т.н. трослојни минерали. Има тип на кристална решетка 2 : 1 (слики 41 и 43), што значи неговата кристална единица се состои од 3 листа: еден Al-октаедарски во средината и два Si-тетраедарски (по еден од долната и горната страна, како сендвич). Врските помеѓу листовите се лабави. Растојанието меѓу кристалните единици е поголемо, 10 до 20 nm. Тоа остава простор за навлегување на молекули вода и на други јони и од внатрешната (интрамицеларна) и од надворешната (екстрамицеларна адсорпција) страна. Поради тоа, монтморилонитот има висок капацитет на адсорпција (60 до 160, средно 100 cmol/kg), силно е хидратисан, во влажна состојба станува леплив, пластичен и бабри, а во сува состојба е тврд, се собира и пука. Кај овој минерал многу е изразена *изоморфната супституција* (замената на Si^{4+} во дел од тетраедрите со Al^{3+} и на Al^{3+} во дел од октаедрите со Mg^{2+} и Fe^{2+}). Замената е направена со јони со понизок полнеж, поради што во кристалната единица останува слободен негативен електричен полнеж, кој привлекува (адсорбира) позитивни катјони (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , H^+ , Na^+ и др.). Монтморилонитот се формира од базичните стени богати со бази, и се образува или со метаморфоза на лискунските минерали, или со синтеза на продуктите добиени со распаѓање на лискунските и нелискунските минерали. Што значи, за неговото образување потребно е изобилство на Mg и Si, а реакцијата блиску до неутрална. Се образува и со трансформација на другите секундарни минерали (илит, вермикулит и др.).

Почвите што го содржат овој минерал се одликуваат со лоши физички и физичко-механички својства. Во влажниот период од годината силно бабрат, стануваат пластични и лепливи, а во сувиот период стануваат тврди, се собираат и се образуваат длабоки и широки пукнатини. Почвите имаат неповолен воден и воздушен режим и краток интервал за обработка. За разлика од физичките, имаат добри хемиски својства (висок капацитет на адсорпција на катјони, висока пуферност, поголема содржина на хумус и други биогени хранливи елементи). Овој минерал е многу присутен во смолниците.

Претставник на *хидролискунската група* е минералот *илит* $\text{K}_x\text{Al}_4(\text{Si}_{8-x}\text{Al}_x)\text{O}_{20}(\text{OH})_4$. Во оваа група спаѓа и минералот *глауконит*. По своите карактеристики илитот е на средина помеѓу претходните два минерала. Има тип на кристална решетка како монтморилонитот 2 : 1, со тоа што врските меѓу листовите се појаки и не покажува такви својства како монтморилонитот. Растојанието меѓу кристалните единици е 0,9 nm, при што капацитетот на адсорпција на илитот изнесува 10 до 40 cmol/kg.

Илитот е сличен на лискуните. Од нив се разликува по тоа што содржи помалку калиум, а повеќе вода. Се образува со распаѓање на фелдспатите и на други не лискунски минерали (со рекристализација на продуктите од други богати со калиум примарни минерали (ортоклас) во услови на неутрална до слабо кисела реакција) или со метаморфоза на лискуните. Поретко може да се образува од вермикулит и од монтморилонит, ако биде долго во контакт со многу K^+ -јони за време на дијагенезата и седиментацијата.

Во почвите, илитот е меѓу најраспространетите силикатно глинен минерали и влијае позитивно врз физичките, физичко-механичките и хемиските својства на почвата. Почвите слабо бабрат, не покажуваат поизразена пластичност и лепливост. Поради неговото поголемо присуство во нашите почви и содржината на калиум (K) во него, кој е достапен за растенијата, лежи одговорот на прашањето: Зошто нашите почви се природно обезбедени со овој хранлив елемент?

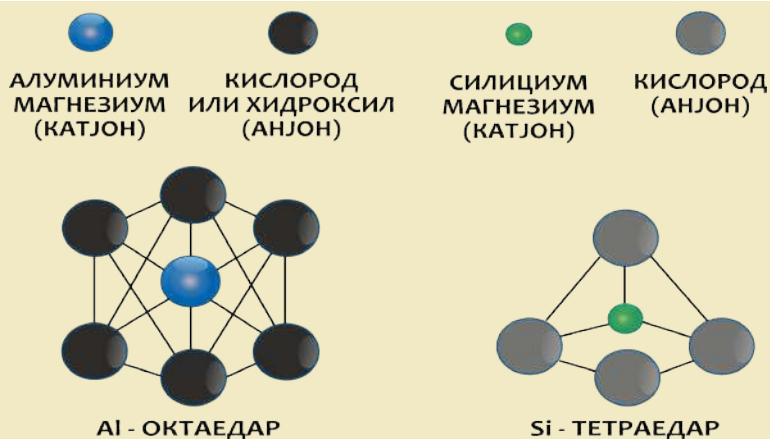
Другите две групи, односно вермикулитната и хлоритната се од помало значење.

Вермикулитот според хемискиот состав е хидратисан Al-Fe-Mg силикат со присуство на многу други елементи. Се образува со трансформација на лискуните, илитот, монтморилонит и хлоритот, како и со синтеза на продуктите добиени со хемиско распаѓање на некои амфиболи, пироксени и оливини, во алкална или слабо кисела средина. Вермикулитот во структурата е сличен на илитот, има 2 : 1 тип на кристална

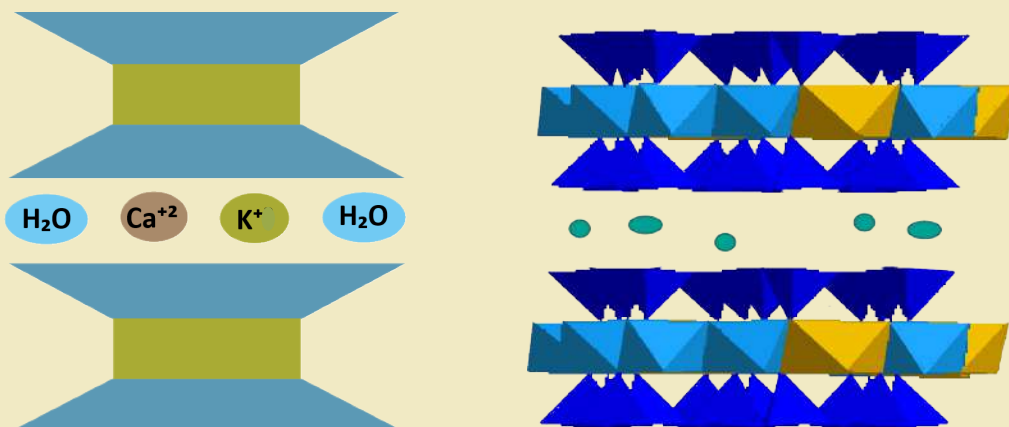
решетка (слика 44), но поради полабавите врски на листовите, по своите својства личи на монтморилонитот. Има висок капацитет на адсорпција (70 до 150 cmol/kg).

Хлоритите се хидратисани силикати на Mg со извесно количество на Fe и Al. Имаат кристална решетка со четири листа (2 : 2 или 2 : 1 : 1) и низок капацитет на адсорпција 10 до 40 cmol/kg.

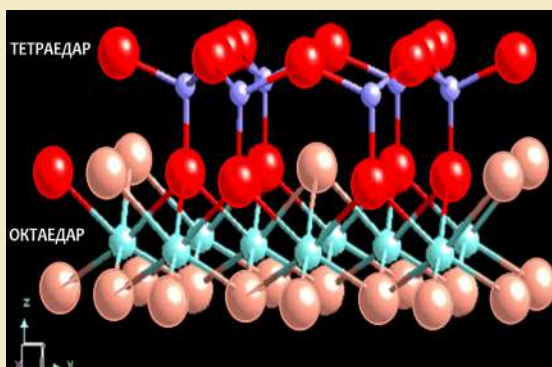
Постојат и *преодни минерали* како илит-монтморилонит, илит-вермикулит и др. означени како мешовито-слоевита група на минерали.



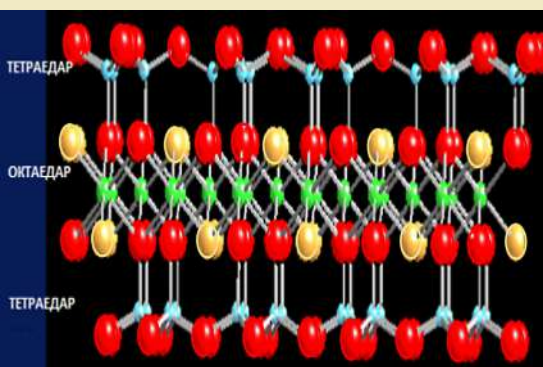
Слика 40. Кристална структура на глината



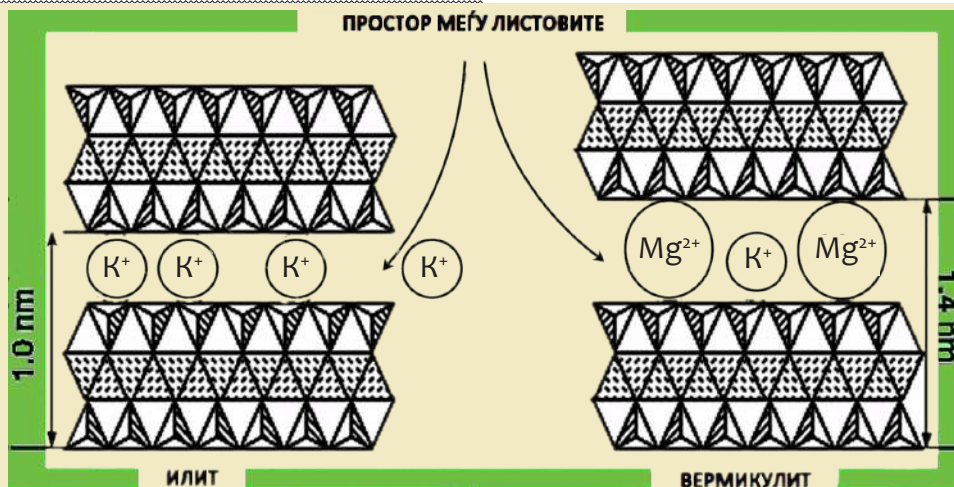
Слика 41. Кристална решетка тип 2 : 1 (монтморилонит)



Слика 42. Кристална решетка тип 1 : 1



Слика 43. Кристална решетка тип 2 : 1



Слика 44. Простор меѓу листовите во кристалната единица на илит и вермикулит

Силикатно - глинените минерали се карактеризираат со некои нивни заеднички основни својства, како:

- ✓ Микрокристалите, т.е. одделните глинести честички на овие минерали се *плочести*;
- ✓ Имаат голема *вкупна надворешна површина* на единица маса, а некои од нив имаат и *внатрешна* поради ситните димензии. Под надворешна површина се подразбира површината со која минералот контактира со надворешната средина, односно со просторот што го опкружува. На оваа површина можат да се адсорбираат различни јони. Внатрешната површина го претставува просторот помеѓу листовите и кристалните единици на минералот. Поголемиот простор овозможува поголем капацитет на адсорпција (монтморилонит) и обратно помалиот, мал капацитет на адсорпција (каолинит);
- ✓ *Еластичност на структурата* на минералот. Под еластичност се подразбира способност на листовите на кристалните единици да се раздалечуваат и приближуваат. Ако оваа способност е добро изразена, тоа значи дека минералот има поголема еластичност (монтморилонит) или ја нема (каолинит).
- ✓ *Контракција и бабрење*. Ова својство е поврзано со еластичноста на структурата на минералот. Во случај кога еластичноста е изразена, изразени се, и контракцијата и бабрењето. Ова е поврзано со примањето и задржувањето на вода (хидратисаност), што е од значење за појавата на лепливост и пластичност на некои силикатно глинени минерали.
- ✓ *Изоморфна супституција* (замена), при што се јавува слободен негативен електричен полнеж. Ова е најважното нивно својство со кое се објаснуваат многу други својства на почвата и ова е детално опишано кај адсорптивната способност на почвата.
- *Оксидно-глинени минерали*. Тие се хидратисани сесквиоксидни глинени минерали на Al и Fe. (Сесквиоксид значи дека еден атом метал е сврзан со 1,5 атом кислород). Тука спаѓаат: *хематит* Fe_2O_3 , *гетит* $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, *лимонит* $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, *хидрагилит* $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и др. Оксидно-глинените минерали можат да бидат *кристални* или *аморфни*. Се јавуваат како крајни продукти на распаѓањето и преовладуваат во почвите во тропските области и старите почви каде што хемиското распаѓање е многу интензивно и извршено до крајни продукти (сесквиоксиди). Овие минерали ѝ даваат на почвата различни бои: жолтеникава (*лимонит*), црвеникава (*хематит*) и кафеава боја (*гетит*). Се карактеризираат со понизок капацитет на адсорпција, помала пластичност и лепливост, а нивното присуство во почвата придонесува за добри физички својства: добра водопропустливост, висока стабилност на

агрегатите и отпорност на ерозија.

Во другите *оксидно-глинени минерали* што се јавуваат во аморфна форма спаѓаат: *алофаните* $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и SiO_2 во *колоидна форма*. Аморфната форма значи дека нивните јони не се подредени во правилни геометриски форми, односно немаат кристална градба. Алофаните се добиваат главно од вулканскиот пепел и имаат висок капацитет на адсорпција.

5.2. Значење на минералошкиот состав на почвата

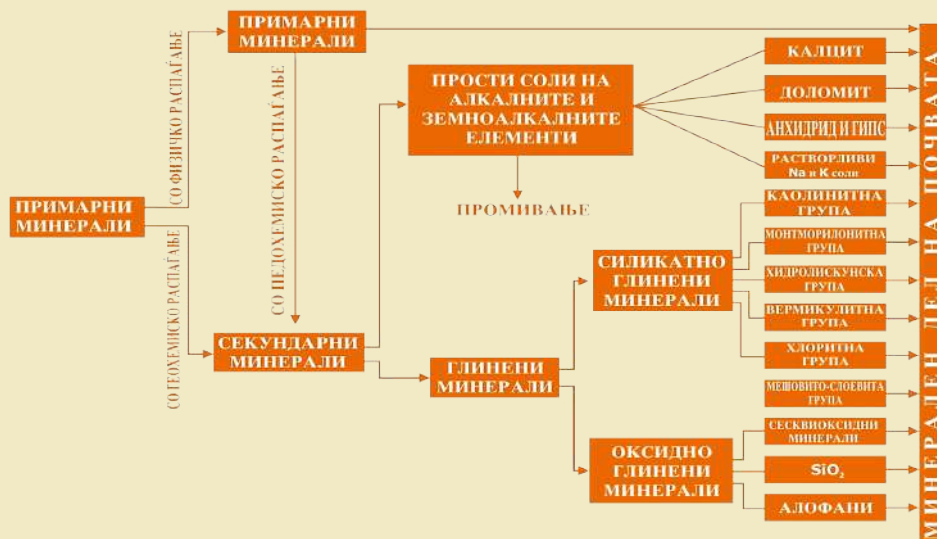
Познавањето на минералошкиот состав на почвата е од големо значење, како за педолошката наука, така и за земјоделството. Па така, податоците за минералошкиот состав на некоја почва, особено за нејзиниот површински обработлив дел, заедно со податоците за нејзиниот хемиски состав, овозможуваат не само решавање на некои важни проблеми за генезата, еволуцијата и класификацијата на почвата, туку добивање и јасна претстава за нејзината потенцијалната плодност.

Констатирањето на скелетните минерали дава можност да се докаже дали целиот солум е образуван од еднослоен или од повеќеслоен материјал (на пример нанесување на лес врз некој друг материјал). Според образувањето на определени глинени минерали, може со голема веројатност да се определи правецот на педогенезата на почвата. Исто така, врз основа на односот меѓу резистентните (отпорните) и распадливите минерали се добива претстава за интензитетот на хемиското распаѓање во почвата.

Посебно големо значење има познавањето на содржината и составот на глинени минерали. Од тоа зависат водните својства (водопропустливост и водозадржливост), многу физички и физичко-механички својства (пластичност, лепливост, тврдост, сврзаност, барење и контракција), хемиските својства (капацитетот на адсорпција, пуферност и др.) на почвата.

Некои агротехнички и мелиоративни мерки зависат од присуството и видот на глинени минерали, пред сè обработката на почвата, наводнувањето, ѓубрењето како и хемиските мелиорации.

За исхраната на растенијата од големо значење е присуството на одделни минерали во почвата, преку кое може да се суди за резервите на хранливи материи, бидејќи тие се ослободуваат при хемиското распаѓање на минералите и стануваат достапни за нив.



Слика 45. Шематски приказ на минералошкиот дел на почвата

6. ЖИВИ ОРГАНИЗМИ, ОРГАНСКА МАТЕРИЈА И НЕЈЗИНО РАЗЛАГАЊЕ, И ХУМУС ВО ПОЧВАТА

6.1. Живи организми во почвата и нивното значење

Во почвата (педосферата) живеат голем број претставници на живите организми (растенија и животни). Оваа педофлора и педофауна се означува како *едафон* или *геобиос*.

Во споредба со другите сфери во природата, почвата е една од најнаселените со организми и сите тие влијаат врз образувањето на почвата. Во обработливите почви, учеството на едафонот во вкупната содржина на мртвите и живите органски материи изнесува околу 10 - 15 %.

Во почвата се наоѓаат многубројни растителни и животински видови, кои се со различна големина, почнувајќи од најмалите (микроорганизми) што не можат да се видат со голо око, па до поголеми, како некои 'рбетници (крт, полски глвци и др.) и без'рбетници (дождовни црви, инсекти и др). Во табела 6 е прикажана поделбата на сите претставници живи организми во почвата.

Табела 6. Живи организми во почвата

Флора	Макрофлора	Растителни корења
	Микрофлора	Бактерии Габи Актиномицети Алги
Фауна	Макрофауна	'Рбетници Макроартроподи (мокрици, пајаци, шкорпии, инсекти, стоногалки) Дождовни црви
	Мезофауна	Нематоди Крлежи Енхитреиди Тардигради други членконоги Колемболи (почвени болви)
	Микрофауна	Протозои

Според некои истражувања, бројот на микроорганизмите во 1g плодна почва може да достигне 2 до 3 милијарди, или во само една лажичка почва, бројот на разни претставници микроорганизми може да изнесува:

- » 100 нематоди
- » 250 000 алги
- » 300 000 протозои
- » 450 000 габи
- » 11 700 000 актиномицети и
- » 100 000 000 бактерии.

Бројот на другите претставници, како макрофауната е помал (неколку милиони на 1 ha), а растителните корења покриваат околу 1 % од волуменот на почвата.

Живите организми не се сметаат за компонента на почвата (педосферата). Тие

припаѓаат на друга сфера - биосфера. Но, и двете се дел од екосистемот во кој се создаваат многу сложени односи помеѓу почвата и живите организми, меѓу живите организми и другите педогенетски фактори и почвата.

Во продолжение е објаснета улогата и значењето на одделните групи живи организми, за почвата и нејзините својства.

6.1.1. Виша флора (вегетација)

Самата педогенеза е изразито биотски процес бидејќи се одвива под влијанието на живите организми. Во тој процес, како и понатаму за својствата на почвата, вишата флора (вегетација) има големо влијание. Кога педогенезата започнува во реголитот, тогаш веднаш се населуваат вишите растенија. Во споредба со сите други живи организми (микроорганизми, рбетници, безрбетници) што живеат во почвата, вегетацијата има најголемо значење, бидејќи остава најмногу органски отпадоци од сите нив заедно. Овие отпадоци понатаму се разлагаат (трансформираат) низ различни процеси под влијание на микроорганизмите (микрофлората). Тоа значи дека помеѓу макрофлората и микрофлората се создаваат природни комбинации означени како *растителни формации* во кои вишите растенија произведуваат органска материја, а нижите бесхлорофилни растенија главно вршат разлагање (минерализација и хумификација) на органската материја.

Во природата се јавуваат повеќе растителни формации, а тука се издвоени следниве:

- ✓ *Шумска растителна формација* - се состои од сожителство на вишите шумски растенија (листопадни и четинарски) и на габи, бактерии и актиномицети;
- ✓ *Степска тревна растителна формација* - се состои од степски ксерофитни треви и аеробни бактерии. Почвите образувани под оваа растителна формација имаат длабок хумусен хоризонт и богат со хумус и многу добри физички, хемиски и биолошки својства. Под влијание на степската растителна формација, кај нас е образувана најплодната почва, чернозем.



Слика 46. Шумска растителна формација



Слика 47. Степска тревна растителна формација

- ✓ *Ливадска тревна растителна формација* - се состои од ливадски треви со преовладување на анаеробни бактерии и со учество на аеробни бактерии. Оваа формација се јавува во речните долини каде што најчесто се образуват ливадските почви и во планинските реони;
- ✓ *Хидрофитна растителна формација* - се состои од хидрофитни виши растенија (трска, рогоз, дзуки, шевар) и анаеробни бактерии. Овие растенија растат во

влажни услови (бари, мочуришта, покрај езера и на површини што се постојано или повремено влажни во текот на годината), даваат големи количества на растителни отпадоци што бавно се разлагаат во анаеробни услови и почвата се збогатува со хумус или со недоволно разложени отпадоци. Под влијание на оваа вегетација се образуваат некои хидроморфни почви (глејни, тресетни);

- ✓ *Пустинска растителна формација* - се состои од ретки треви, грмушки, хемотропни бактерии и алги што ја создаваат органската материја и аеробни и анаеробни бактерии и габи што ги разлагаат отпадоците.



Слика 48. Ливадска тревна растителна формација



Слика 49. Хидрофитна растителна формација

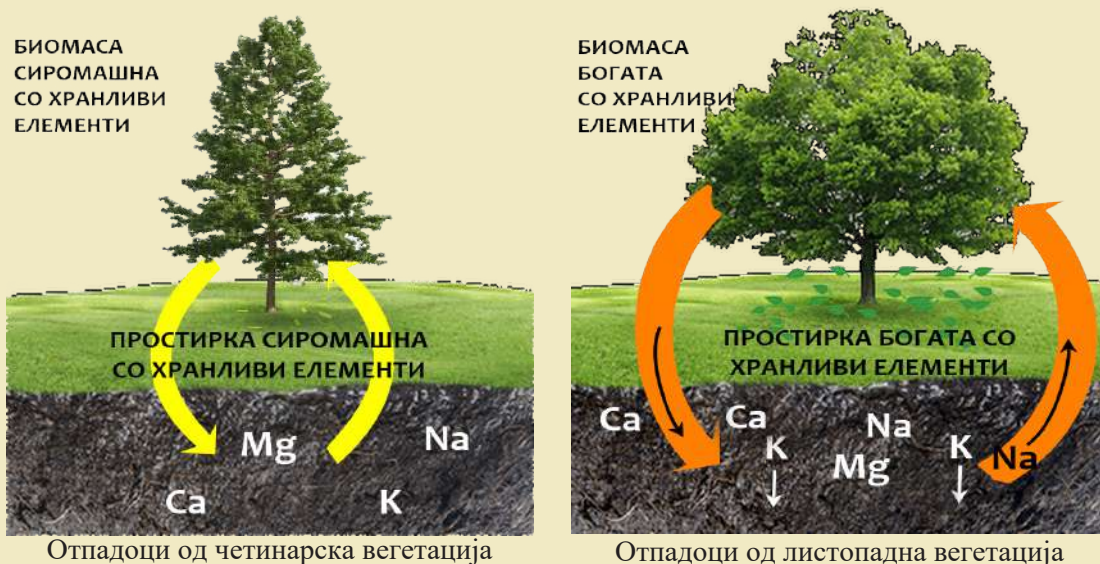


Слика 50. Пустинска растителна формација

Во почвите кои се во функција на земјоделско производство се јавува *културна растителна формација*.

За образувањето на почвите во нашата земја од најголемо значење се шумската, тревната, хидрофитната и културната растителна формација.

Погоре е кажано дека вегетацијата остава најмногу отпадоци во почвата. Вкупната растителна маса на шумските биоценози во умерениот појас изнесува 300 - 400 t/ha, при тоа вкупниот влез на органските отпадоци што се оставаат и доаѓаат во шумските почви годишно изнесува 2 до 6 t/ha во умерените области и 12 до 15 t/ha во тропските области. Но, постои разлика во местото каде што се оставаат отпадоците во почвата, во нивната содржина и во составот на минералните материи во отпадоците, во процентуалната содржина на некои органски соединенија помеѓу оние од четинарската (зимзелената), листопадната и тревната вегетација (слика 51).



Слика 51. Шематски приказ за карактеристиките на отпадоците од вегетацијата

Отпадоците од шумската вегетација остануваат на површината од почвата формирајќи простирка, за разлика од тревната, чии отпадоци се во почвата. Тоа е така бидејќи шумската растителност е повеќегодишна и само мал дел од надземните органи изумира секоја година и паѓа на површината од почвата. Постои разлика во учеството на различни делови (органи) од шумската вегетација во образувањето на простирката. Во буковите шуми, лисјата учествуваат со повеќе од 90 % во простирката. Листовите и игличките се најбогати со минерални материи, што е многу значајно за интензитетот на биолошкото кружно движење во шумските биоценози. Во дабовите и габеровите шуми, во текот на годината изумира 1 t маса од кореновите влакненца, а во буковите шуми во слој до 50 cm, 3 до 10 t. Во зависност од климатските услови, надморската височина, експозицијата и густината на шумите, отпадоците од шумската вегетација може да се минерализираат до следната година или постојано да ја покриваат почвата. Под тревната растителност, отпадоците многу малку може да бидат врз почвата и тие се наоѓаат главно во самата почва.

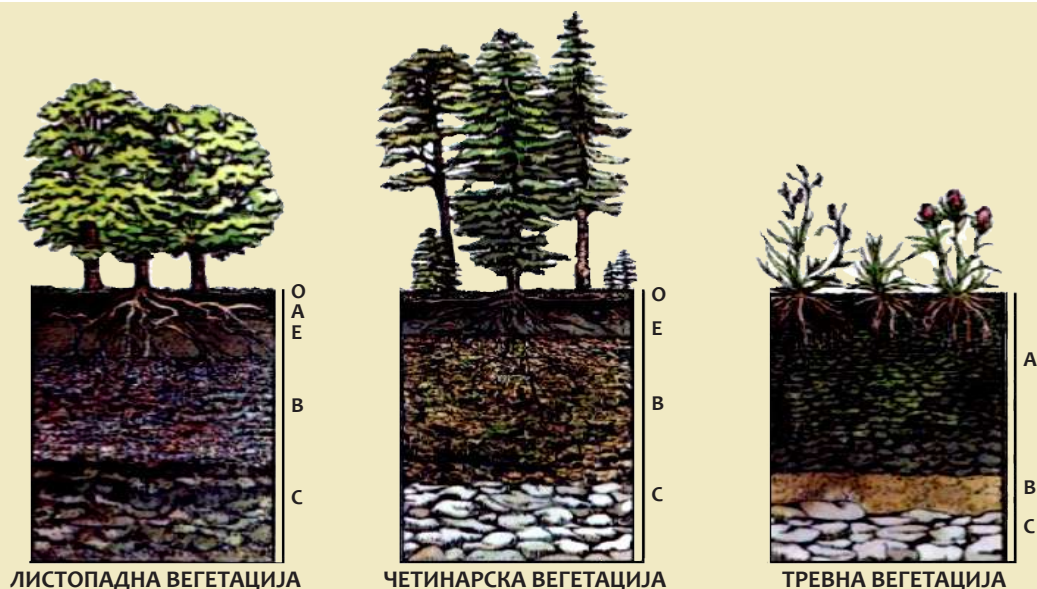
Табела 7. Количество простирка што се формира во текот на една година

Вид на шума	Количина на простирка kg/ha годишно
Борова шума	2 000 - 3 000 kg/ha
Дабова шума	3 000 - 4 000 kg/ha
Смрчева шума	4 000 - 7 000 kg/ha
Букова шума	2 500 - 4 000 kg/ha

Содржината на минералните „пепелни“ материи кај четинарската е помала (0,5 - 3,5 %), кај листопадната (1 - 8 %) и (8 - 10 %) кај тревната вегетација. Во листопадните шуми, поради поактивното биолошко кружно движење на материите се акумулира поголемо количество биогени елементи, особено значително повеќе на базични елементи (Ca, Mg, K), за разлика од четинарската вегетација. Карактеристиките на тревната растителност се многу блиски со листопадната, со таа разлика што кај тревната растителност секоја година се враќа поголемо количество минерални материи во почвата, богати со базични и хранливи елементи.

Разлика постои и во однос на процентуалното присуство на некои органски соединенија во нивните отпадоци, при што кај четинарската вегетација таквите соединенија (лигнини, смоли и танини) потешко се минерализираат, а кај тревната и листопадната полесно (разни шеќери, скроб, целулоза, хемицелулоза). Ова понатаму силно влијае врз составот и формата на хумус што се образува во почвата.

Влијанието на вегетацијата врз образувањето на почвите може да се види преку споредување на својствата на почвите образувани под шумска и тревна вегетација (слика 52).

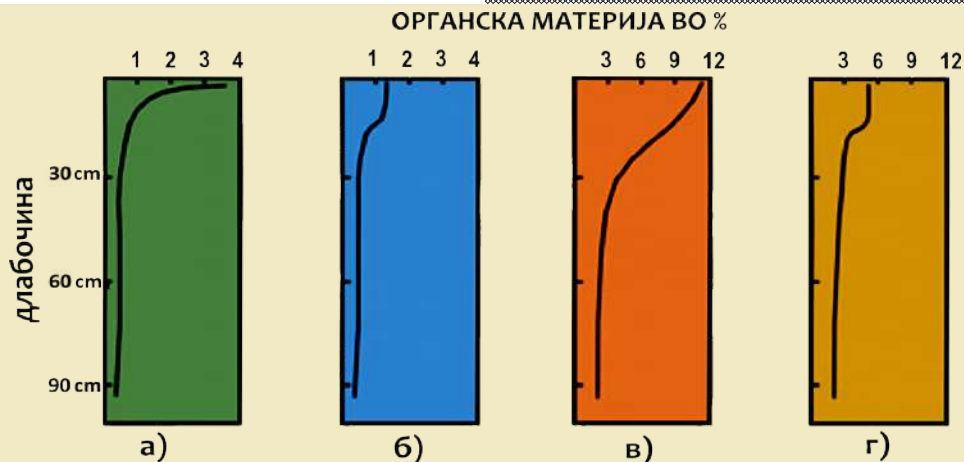


Слика 52. Шематски приказ на почвен профил под различна вегетација

Содржината на органска материја е поголема кај почвите образувани под тревна вегетација во однос на шумската, посебно во потповршинскиот хоризонт или во хоризонтот A на сликата. Интересна е распределбата и составот на органската материја.

Тревната растителност, особено степската, секоја година дава големо количество органски отпадоци, рамномерно распоредени во масата на почвата до значителна длабочина. Разлагањето на отпадците се врши под влијание на бактериите, при што полесно разложливите материи се минерализираат до крајни продукти, а нерастворливите хумински киселини и нивните соли во процес на хумификацијата даваат зрел, мул-хумус што се акумулира во поголемо количество и подлабоко во почвата. Поголемата содржина на органска материја во почвата под тревна вегетација ѝ дава на почвата потемна боја и поголема можност за задржување вода и катјони и позитивно влијае врз образувањето на структурата на почвата и нејзината стабилност.

Општо кажано, горните длабочини на почвите имаат поголема содржина на органска материја (слика 53). Слоевите на простирката што обично се образуваат на површината на шумските почви може да имаат многу висока содржина на органска материја, (20, па и повеќе од 20 %) (слика 53 а). Со разорување на шумските почви и претворање во земјоделски почви нагло се намалува содржината на органската материја и со време дистрибуцијата на органската материја во таквите почви изгледа како на слика 53 б. Почвите на природните степи (прериите) со висока трева имаат подлабока дистрибуција на органска материја (слика 53 в). По претворање на овие почви во земјоделски, со тек на време (после 50 години) во нив останува многу помалку органска материја (слика 53 г).



Слика 53. Дијаграм за дистрибуцијата на органската материја по длабочина на почвите (модифициран од Brady и Weil 2008)

Кај почвите под шумска вегетација, како резултат на тоа што отпадоците доаѓаат главно од надземните органи и остануваат врз почвата во вид на простирка, акумулацијата на хумус е во горниот дел на профилот и не се распределува длабоко во профилот. Присуството на штавните (танински) материи го спречува или го отежнува развитокот на бактериите. Во вакви услови, образуваниот хумус во процесот на хумификација може да биде богат со фулво киселини, суров (кисел) хумус, кој предизвикува деструкција (распаѓање на минералниот дел на почвата), промивање на базите, сесквиоксидите и др.

Поради киселиот карактер на хумусот и послабата акумулација на базични материи под шумска вегетација, киселоста и промивањето на базите се многу посилни во споредба со почвите под тревна вегетација.

Во почвите под шумска вегетација, еволуцијата и диференцирањето на профилот на хоризонти се одвиваат значително побргу, бидејќи главната маса на кореновиот систем е подлабок и затоа водата поинтензивно се цеди низ почвата за да стигне до кореновиот систем. Шумските растенија преку простирката враќаат многу помало количество базични материи. Простирката, особено под четинарските растенија, ја закиселува водата што се цеди низ неа и таа врши посилно промивање на базичните материи и адсорбираните базични јони (Ca^{2+} , Mg^{2+}) и со тоа овозможува промивање (преместување) на глината. На тој начин, почвата може да се диференцира на хоризонт О, богат со органска материја што лежи врз минералниот дел на почвата, хумусен хоризонт А во површинскиот дел на почвата, осиромашен во бази и глина светло обоен сивкав хоризонт Е, и обогатен со бази и глина, хоризонт Вt.

Во почвите под тревна вегетација има помало цедење на водата, бидејќи нивниот коренов систем е посилно развиен во површинските хоризонти и има поголемо количество на враќање на минерални материи во почвата, богати со базични и хранливи елементи. Тоа ја намалува можноста за закиселување, силно промивање и преместување на глината. Кај овие почви нема силно диференцирање на профилот и тој најчесто ги има хоризонтите А и С.

Културните растенија што припаѓаат на културната растителна формација се повеќето едногодишни растенија (особено нивските култури) и по своите карактеристики се слични на тревната растителност. Главната разлика помеѓу нив и природните растителни формации се состои во тоа што со жетвата на културните растенија се врши одземање на органските материи и на биогените елементи, со што опаѓа нивното количество во почвата. Културните растенија неповратно земаат големи количества хранливи елементи од почвата. Намалувањето на органските материи е како резултат и на спроведувањето на некои други мерки (на пр. обработката), кои ја засилуваат минерализацијата, а тоа води кон намалување

на хумусот во почвата. Со одгледување на растенија со широк однос на $C : N$, во нивните отпадоци се врши имобилизација на хранливите материи (во прв ред на азотните) во почвата. Некои од културните растенија (особено окопните) ја намалуваат содржината на хумус бидејќи често се обработуваат, а истовремено ги влошуваат и физичките својства на почвата. Со намалувањето на содржината на хумус и нутриенти, доколку не се додаваат со ѓубрење, се намалува и бројот на микроорганизмите во почвата. Некои од културните растенија (легуминозите) ја збогатуваат почвата со азот. Одгледувањето на повеќегодишни треви ја збогатува почвата со органска материја, позитивно влијае врз образувањето и стабилноста на структурата, а со тоа и врз физичките својства на почвата.

Значењето на вегетацијата за образувањето на почвата и нејзините својства е големо и се смета за еден од најважниот биолошки педогенетски фактор. Нејзиното влијание не е само врз почвата, туку и врз другите педогенетски фактори, што значи се создаваат многу сложени меѓусебни односи.

Во текот на растот и развојот, растенијата преку кореновиот систем примаат вода, кислород и други хранливи елементи, јони (N , P , K , Mg , S и др.), а со дишење во почвата испуштаат CO_2 , кој со водата дава H_2CO_3 . Освен ова, корењата лачат и други органски киселини што директно влијаат врз хемиското распаѓање на минералите, потоа ја менуваат концентрацијата и составот на почвениот раствор, пуферноста, оксидно-редукцискиот потенцијал, а влијаат и врз бројот на микроорганизмите и фауната во почвата. Примајќи биогени елементи од подлабоките хоризонти, растенијата преку органските отпадоци и хумусот ја наголемуваат нивната содржина во површинскиот хумусно-акумулативен хоризонт и на тој начин ги чуваат од промивање во почвата. Со завршување на вегетативната сезона, растенијата секоја година оставаат определена количина на органски отпадоци кои во зависност од хемискиот состав се минерализираат или хумифицираат во различни форми на хумус.

Корењата на растенијата влијаат и врз посилното физичко распаѓање на стените, потоа врз структурата, порозноста, сврзаноста, а посредно влијаат и врз водно-воздушните и топлотните својства на почвата.

Различни видови виши растенија имаат и непосредно влијание врз интензитетот на примање и губење на водата и топлината во почвата, менувајќи ги при тоа климатските услови (микроклимата) на приземниот атмосферски слој и (педоклимата) во почвата. Во споредба со голите почви (почви без вегетација), почвите под шумска вегетација се поладни, температурните амплитуди се пониски и почвата мрзне до многу помала длабочина. Ова се објаснува со тоа што почвите под шумска вегетација примаат помалку сончева енергија (засенчување), а простирката и надземните органи служат како изолатори и ги спречуваат промените на температурата и мрзнењето.

Со задржување на добар дел од врнежите што испаруваат назад во атмосферата, шумските растенија силно го менуваат водниот режим на почвата (приходите и расходите на вода). Расходите на вода се намалени како резултат на тоа што најголем дел од водата од врнежите што доаѓа до почвата се впира од простирката и почвата, а испарувањето е намалено скоро на половина (пониска температура на почвата и воздухот, послаби ветрови, повисока релативна влажност на воздухот).

Посебно треба да се истакне фактот дека растенијата со своите корења и надземната маса ја заштитуваат почвата од површинска екцесивна ерозија. Надземната маса го намалува ударот на дождовните капки врз површината на почвата и интензитетот на врнежите. Кореновиот систем ја наголемува водопроустливоста и ја задржува почвата механички. Некои растителни видови, благодарейќи на нивниот длабок и разгранет коренов систем, можат да го спуштат нивото на подземните води, да го намалат задржувањето на горните подземни води, односно да ја намалат можноста за замочурлување, а некаде и на засолување на почвите, посебно во хумидните рамничарски терени и во депресивните релјефни форми.

Конечно, улогата на вегетацијата интензивно се користи во земјоделското производство

при примената на добра земјоделска практика (ДЗП). Тука станува збор за примена на плодород, фитомелиорации, зелено ѓубрење (сидерација), конзервациона обработка на почвата (обработка со оставање на растителните остатоци на површината од почвата), одгледување на растенијата во појаси (ленти) „stripcropping“, мулчирање, меѓуредово одгледување на растенија и др. (слика 54).

Заштитната улога на вегетацијата се користи и во противерозивните заштитни мерки и во хидротехничките мелиорации.

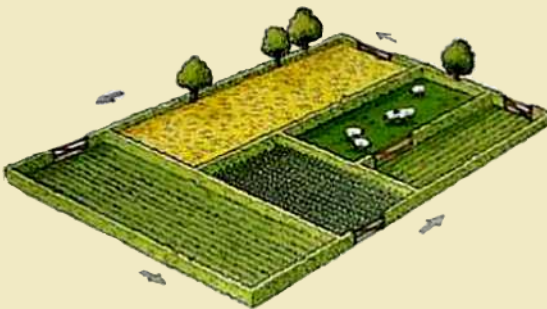
На крајот, да не се заборави улогата на вегетацијата со целиот екосистем за рекреација на луѓето. Ова особено е значајно за населението од градските и индустриските центри каде што во последно време сè повеќе се нарушени параметрите за квалитетен и здрав живот.



а) конзервациона обработка на почвата со оставање на растителни остатоци на површината



б) одгледување на растенијата во појаси, „stripcropping“



в) плодород



г) покриеност на површината со растенија



д) меѓуредово одгледување на културите

Слика 54. Примена на добра земјоделска практика (ДЗП)

6.1.2. Животни (фауна) во почвата

Почвата претставува дом за многу претставници на фауната, почнувајќи од најситните, мезофауната (пр. нематодите), па до поголемите, макрофауната (пр. јазовецот). Тие се значаен дел на геобиоценозата. Нивниот број во умерениот појас може да изнесува од 12 милиони до 2 милијарди на 1 ha површина.

Бројот и видовите животни што се јавуваат во почвата зависат како од климатско-вегетациските услови, така и од почвените услови. Кога нивниот број во почвата е поголем, се смета дека почвата е плодна, односно тоа е знак за нејзината биогеност. Во различни почви, под различна вегетација (тревна и шумска) живеат различни животни. Некои од нив го поминуваат целиот живот во почвата, некои делумно.

Во споредба со микроорганизмите, влијанието на животните во обработливата почва е помало. Необработуваната почва, која обезбедува подобро живеалиште од обработуваната, може да биде силно изменета од почвените животни со мешање, па дури и превртување на почвата, како и со создавање на поголеми канали во почвата.

Претставниците на фауната во почвата играат голема улога во *ситнењето на растителните отпадоци* (им ја олеснуваат понатамошната улога на микроорганизмите во процесите на разлагање на отпадоците), во *стабилизацијата на структурните агрегати* и во *мешање на почвената маса* (фаунална педотурбација).

Позначајни претставници на макрофауната од групата на 'рбетници се: јазовецот (*Meles meles*), кртот (*Talpa europaea*), полските глупци (*Apodemus agrarius*), слепото куче (*Spalax leucodon*), стоболката (*Citellus citellus*), хрчакот (*Cricetus cricetus*) и др.



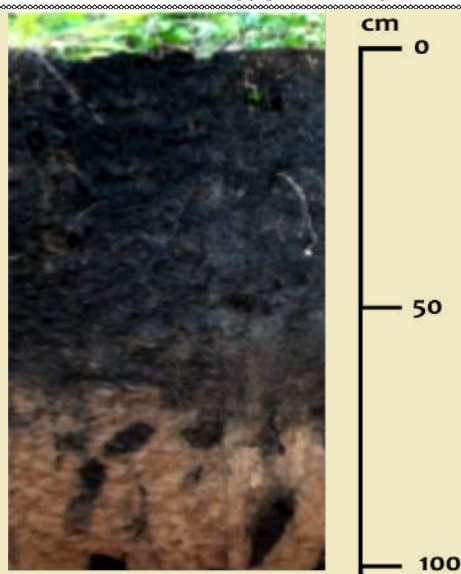
Слика 55. Претставници на макрофауна во почвата

Овие претставници движејќи се низ почвата прават ходници низ кои ги пренесуваат растителните отпадоци од горните во долните слоеви на почвата каде што прават гнезда што им служат за презимување во ладните месеци и за складирање на храна,

а од долните слоеви изнесуваат значително количество почва на површината во вид на полусвероидни купчиња од ситни агрегати.

Ходниците ја аерираат почвата и ја подобруваат водопропустливоста, а двете заедно (ходниците и полусвероидните купчиња од ситни агрегати) ја подобруваат структурата на почвата.

Слика 56. Кротовини - претставуваат ходници на кртовите што ја копаат почвата. Тие се исполнети со поинаква почвена маса отколку што е хоризонтот во кој се јавуваат (црна хумусна маса во светло обоениот лес). →



Од без'рбетниците најголемо значење имаат црвите, меѓу кои како доминантни во повеќето почви се истакнуваат дождовните црви – глисти (*Lumbricus terrestris*). Во плодните почви може да има од 3 до 5 милиони на 1 ha (или 2 до 3 t/ha). Нивното присуство во почвите е видлив знак за здрави почви, бидејќи условите во кои живеат дождовните црви, исто така, се добри и за другите претставници на живи организми (микроорганизми, растителни корења).

Врз основа на начинот на нивното живеење и делување во почвата, се разликуваат 3 групи црви. Едни, живеат во отпадоците на површината (во простирката) и за да преживеат им е потребно постојано обезбедување отпадоци од површината. Други, живеат во поплитките почвени слоеви, ја голтаат и преработуваат почвата и органските отпадоци, помагаат во процесот на аерација на почвата и во образувањето структура на почвата. Тие хранејќи се со отпадоците ги ситнат и ги вовлекуваат во почвата, а движејќи се надолу голтаат и дел од почвата. Во нивното тело органските отпадоци значително се разлагаат под влијание на стомачните ферменти, се мешаат со голтнатите минерални честички, се обвиткуваат со слуз и микроорганизми и се исфрлаат во вид на ситни зрнца - *копролитите* со големина од 0,5 до 2 mm. *Копролитите* се разликуваат од другата почвена маса по тоа што имаат поголема стабилност (водоотпорност), со поголема содржина на CaCO_3 , на адсорбирани базични катјони, хумус и хранливи материи (N, P, K, Ca, Mg). Тие се богати и со микроорганизми и имаат реакција близу неутралната.

Третата група црви живеат длабоко во почвата (црни црви), пренесувајќи ги растителните отпадоци од површината до нивните дупки „гнезда“ длабоко во почвата. Под нивно влијание се создаваат т.н. биопори во почвата што се отворени кон површината.

Сите мерки што се преземаат во земјоделските почви за наголемување на органската материја и за подобрување на структурата на почвата се добри и за бројноста и активноста на дождовните црви. Тие мерки се: плодоред, редуцирана обработка, внесување на органски ѓубрива, калцизација (ако е почвата со кисела реакција на почвениот раствор), како и покриеност на површината со растенија што претставува континуиран извор на храна, а во текот на зимата не дозволува брзо и длабоко мрзнење на почвата и заштита од високи температури во текот на летото.

Додека, дождовните црви се многу корисни во земјоделските почви, тие можат да бидат проблематични во други услови (пр. во тревниците), каде што може да ги привлечат кртовите, кои правејќи дупки сериозно можат да ги оштетат тревниците.

Според некои испитувања и во шумите е констатирано негативно влијание од

присуството на дождовните црви, кои предизвикуваат забрзано разлагање на шумската простирка. Ова понатаму има каскаден ефект, бидејќи до средината на летото шумската простирка ја нема, оставајќи го на површината само минералниот дел на почвата и исфрлените црви. Ова понатаму предизвикува забрзана ерозија. Исто така, семето на многу шумски видови и лековити растенија што живеат во простирката, ’ртат во отпадоците од листовите, па кога неа ја нема, се намалува нивната репродукција. Без заштитната улога на простирката тие се изложени и на температурните амплитуди. Како последица на сево ова, постарите дрвја преживуваат, а приземната вегетација (ниски треви, лековити растенија) изумираат. На крајот, со текот на времето изумираат и постарите дрвја, а со тоа радикално се менува природната шумска популација.

Од другите без’рбетници треба да се споменат и инсектите (термити, мравки, оси, разни штетни инсекти), стоногалки и др. Меѓу нив најзначајни се мравките. И тие во почвата прават канали (ја помагаат аерацијата), ја исфрлаат на површината во вид на мали купчиња (мравјалници) од многу ситни агрегати, го мешаат органскиот со минералниот дел на почвата и ги активираат почвените процеси.

Некои, како стоногалката и некои термити и инсекти се хранат со друга почвена фауна. Голем дел се хранат и со растителните корења и предизвикуваат разни оштетувања кај културните растенија.

Покрај сите овие „видливи“ претставници, во почвата живеат и многу ситни претставници, видливи само со микроскоп, кои припаѓаат на мезофауната (нематоди) и на микрофауната (протозои). Нивниот број е многу поголем во почвите под природна вегетација (шумска и ливадска), отколку во земјоделските почви.

Има повеќе групи на нематоди што се разликуваат по начинот на нивната исхрана, и можат да бидат корисни и штетни. Присуството на корисните нематоди и нивната активност во почвата се индикатор за нејзиниот квалитет. Тие се хранат со бактерии и габи, ослободувајќи азот во форма на амониум (NH_4), достапен за растенијата.

Во земјоделското производство, многу се штетни нематодите што се хранат со растителните корења (ги прободуваат растителните клетки со игла како сонда), при што ги уништуваат, и со тоа ги намалуваат приносите од одгледуваните растенија. Некои видови нематоди се вектори на растителни вируси.

Животните имаат значајна улога за *педогенетските процеси* на почвата. Тие и самите претставуваат суровина (органски отпадоци) за образување на органскиот дел на почвата. Со изумирање, во почвата остануваат нивните неразложени тела и делови од телата што понатаму се разложуваат под влијание на микроорганизмите.

Многу е позначајна нивната улога во *хумификацијата*, особено во подготвителната фаза. Грицкајќи, дробејќи и мешајќи ги органските отпадоци со минералниот дел на почвата и збогатувајќи ги со микроорганизми од своите органи за варење, тие создаваат поволни услови за натамошно хумифицирање со помошта на микроорганизмите. Некои од нив при овие активности во извесна мера вршат трансформација и на минералната материја мешајќи ја со разложената органска материја. Во првите стадиуми на генезата на почвата врз компактните стени, животните можат да бидат главни хумификатори и таквиот хумус претставува копроген остаток од делувањето на животните.

Макрофауната учествува во *миграцијата на материите* со мешање на почвата (фаунална педотурбација). Движејќи се низ почвата во разни правци, оддолу нагоре, одгоре надолу и странично, таа ги преместува разните материи во почвата, и ги меша хоризонтите. Ова мешање на хоризонтите е спротивно до некој степен на природниот процес на „стареење“ и го отежнува диференцирањето на почвата на хоризонти. Мешањето има ефект на „подмладување“ на почвата.

Макрофауната ги подобрува *физичките својства* на почвата. Правејќи ходници низ почвата ја подобруваат некапиларната порозност, ја засилуваат аерацијата, водопропустливоста и пробивањето на растителните корења. Дробејќи ја почвата во

ситни агрегати, влијае врз структурата на почвата, посебно на нејзината стабилност ако почвената маса мине низ нејзините органи за варење (копролити).

Почвените „миксери“, (цицачите, дождовните црви или инсектите) го менуваат почвениот профил, а со тоа ги менуваат и *морфолошките својства*. Нивната активност и условите што ги создаваат одат во правец на образувањето на почви со длабок хумусно-акумулативен А хоризонт, и обратно. Кротовините и копролитите, кои се биолошки новообразувања (новотворби), претставуваат дијагностички знаци за некои почвени типови, како кај черноземот.

6.1.3. Микроорганизми во почвата

Во почвата живеат голем број претставници на микроорганизми што не можат да се забележат со голо око. Но, нивната улога е огромна како, за педогенезата и својствата на почвата, така и за исхраната на растенијата.

Бројот на микроорганизмите во почвата не е ист, и зависи од следниве услови: енергија, храна, воздух, вода и топлина. При многу поволни услови во почвата, нивниот број може да изнесува и до 2-3 милијарди во 1 грам почва. Исто така, нивниот број се менува и по длабочина на профилот. На самата површина бројот е многу мал, бидејќи умираат под влијание на сончевите зраци, најголем е во хумусно-акумулативниот дел на почвата и потоа со длабочина се намалува. Нивниот број зависи и од вегетациската сезона. Најмногу ги има во пролет, а најмалку во зима.



Слика 57. Број на бактерии по длабочина на почвата (1 инч = 2,54 cm)

За квалитетот на почвата многу важен индикатор е активноста на микроорганизмите што зависи од хидротермичките услови во почвата. Почвите со висока плодност се одликуваат со поголема биогеност и активност на микроорганизмите.

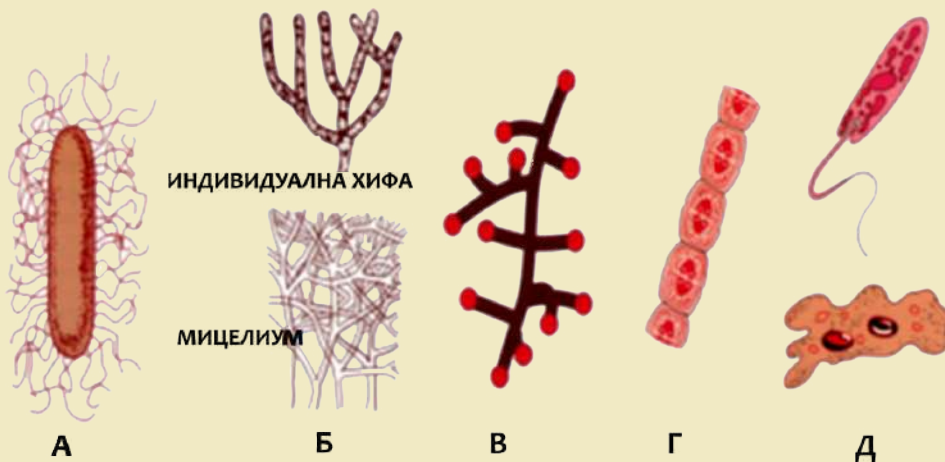
Во почвата, микроорганизмите се сместени во почвените пори и доаѓаат во контакт скоро со секоја почвена честичка. Најмногу ги има околу изумрените делови на растенијата и животните, како и во ризосферата (зона со многу голема биолошка активност во која се вклучени и растителните корења).



Слика 58. Губи

Сите претставници (бактерии, губи, актиномицети и др.) играат значајна улога во екосистемот, во генезата на почвата и во земјоделското производство.

Иако постојат и други микроорганизми, овде кратко се опишани некои од нив.



Слика 59. Почвени микроорганизми: а) бактерија, б) мицелиум на габ+хифа, в) актиномицета, г) алги, д) амеба

Во вкупната микробна заедница (асоцијација) на почвата, *бактериите* се присутни во најголем број претежно во хумусно-акумулативниот хоризонт, во услови на неутрална реакција. Тие се едноставни, едноклеточни организми без јадро. Доминираат особено во земјоделските почви (просечно во ораничниот слој од 300 до 500 kg/ha). Според начинот на дишење се делат на аеробни и анаеробни бактерии, а според начинот на исхрана на автотрофни и хетеротрофни бактерии. Учествоваат во голем број процеси на трансформација на органската и минералната материја во почвата и можат да живеат во симбиоза со некои виши растенија (легуминози).

Повеќето *губи* се сложени многуклеточни организми и личат на маса испреплетена мрежа, или хифи, која се вика мицелиум. Нивниот број во почвата е помал во однос на бактериите (изнесува неколку стотици илјади во 1 g почва), но поради нивната големина ја сочинуваат најголемата микробна маса во почвата. Целосно се хетеротрофни и аеробни и доминираат во покисели, и шумски почви. Тие повеќе ја разлагаат шумската простирка, бидејќи делумно хифите можат да пораснат во неа и да ги разлагаат поотпорните на

разлагање органски соединенија. Во земјоделските почви нивниот број е многу помал бидејќи со обработката доаѓа до разрушување на мицелиумските мрежи. Тоа значи дека редуцираната обработка на почвата е во нивна корист. Активно учествуваат во процесот на хумификација и образуваат разни органски киселини (оксална, оцетна, лимонска и др.).

Актиномицетите се аеробни микроорганизми мошне распространети во почвата. Нивниот број изнесува од неколку милиони, па до 10 милиони на 1 g почва. Најмногу ги има до длабочина од 45 cm. По својот изглед и карактеристики прават преод помеѓу бактериите и габите. Посебно се приспособуваат во сувите почви и во почвите со неутрална до слабо алкална реакција. Слично како габите, и тие можат да разлагаат поотпорни на разлагање органски соединенија. Некои од нив лачат испарливи органски соединенија, што на почвата и даваат специфичен мирис, како и антибиотици, кои ја намалуваат активноста на бактериите и нивниот развој.

Алгите се растителни хлорофилни микроорганизми. Нивниот број во почвата е поголем со наголемување на нејзината влажност. Ги има од 50 000 до 100 000 во 1 g почва. Усвојуваат C и CO₂, а некои фиксираат и N₂. Активноста на алгите во почвата е различна. Дијатомеите на пример, во заедница со некои бактерии вршат распаѓање на минералите во почвата (можат да го разрушат дури и каолинитот). Исто така, заедно со автотрофните бактерии, први синтетизираат органска материја во почвата.

Улогата на микроорганизмите е многу голема за *генезата и еволуцијата, за скоро сите почвени процеси и за создавањето на плодноста на почвата*. Тоа се објаснува со нивниот мошне голем број, со големата активност и распространетост во почвената маса, со брзото размножување и изумирање, и со тоа што доаѓаат во допир со скоро секоја честичка на почвата.

Микроорганизмите играат значајна улога во двата педогенетски процеса:

- *синтеза и декомпозиција на органската материја и*
- *трансформација на минералната материја (хемиско распаѓање).*

Микроорганизмите се првите организми што се населуваат врз компактната стена и врз матичниот супстрат, први создаваат органска материја и акумулираат азот (азотофиксација) и други биогени елементи.

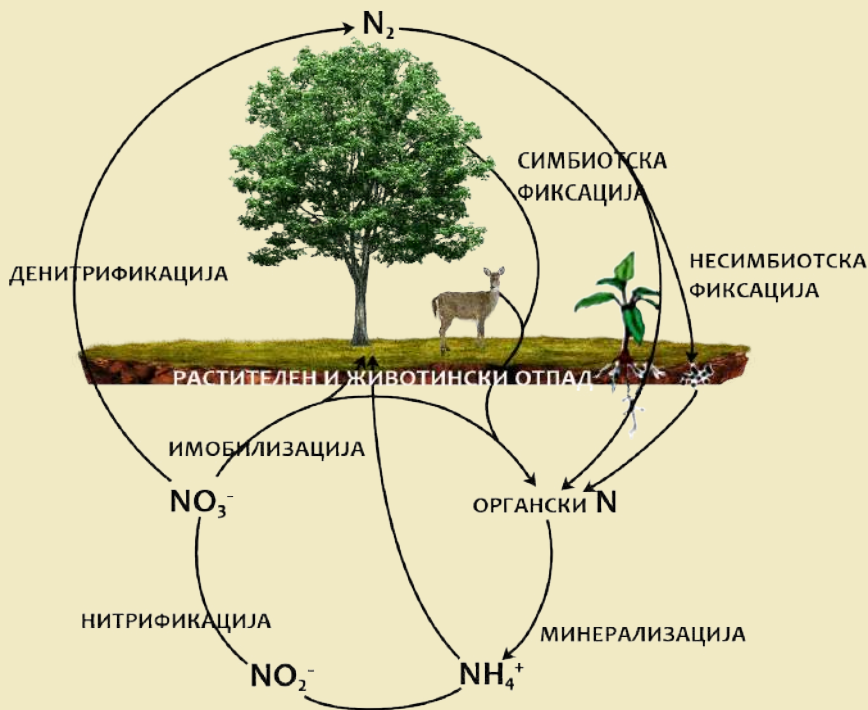
Азотот (N₂) доаѓа од атмосферата. Интересно е што вишите растенија не можат да искористат ниту една молекула од атмосферскиот азот. Сепак, одредени бактерии, сино-зелените алги и актиномицетите можат да го користат, при што го апсорбираат и го претвораат во амониум (NH₄), форма на азот достапна за растенијата. Овој процес се вика *азотофиксација*, при што азотофиксаторите тоа можат да го прават сами (*асимбиотска или несимбиотска азотофиксација*) и заедно (*симбиотска азотофиксација*) со некои виши растенија (легуминози), како и многу други некултивирани растенија (разни дрвја).

При симбиотската азотофиксација, симбиотските бактерии живеат на коренот на растенијата. Од растенијата земаат храна за своите потреби, а на растението му го даваат фиксираниот елементарен азот, со што оваа симбиоза е корисна за двете (и за бактериите и за растението). Најголем дел од азотните материи создадени на овој начин стануваат достапни за растението, по завршувањето на вегетацијата.

При асимбиотската азотофиксација, специфичните бактерии што го фиксираат азотот од воздухот и го внесуваат во почвата не живеат на корењата од растенијата, туку живеат покрај нив. Тие се хранат со материи што се лачат од коренот на растенијата и во процесите на нивното размножување и изумирање оставаат голема количина на азотни соединенија. Овие соединенија веднаш се минерализираат по нивното умирање.

Предноста кај асимбиотската азотофиксација во однос на симбиотската е што хранливите материи веднаш се достапни за растенијата, а не по завршување на вегетацијата. И двете азотофиксации се единствен природен начин со кој азотот навлегува во почвата како нејзин составен дел.

Процесите низ кои поминуваат симбиотската и несимбиотската азотофиксација продолжуваат со амонификација, нитрификација и денитрификација.



Слика 60. Биолошко кружно движење на N

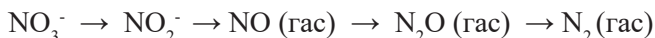
За разлика од животните, вишите растенија, можат да ги користат хранливите елементи од почвата само во неорганска форма, во вид на катјони и анјони. Тоа значи дека, тие не можат директно да ги користат материите од органските отпадоци во почвата. За нивното разлагање најголема улога имаат микроорганизмите.

Процесите при кои се разлагаат дел од материите во органските отпадоци до крајни минерални продукти се викаат процеси на минерализација. Другиот дел од материите во отпадоците влегуваат во многу посложени процеси на хумификација, при што се образува хумус. Со тие процеси, органската материја се акумулира во постабилна форма во почвата.

Минерализацијата на органските соединенија што содржат азот (протеини) до амонијачни соединенија што содржат NH_4^+ се вика амонификација. Амонијакот останува во клетките на бактериите за нивни потреби се додека односот на C/N во почвата е поголем од 20/1. Кога овој однос ќе се намали, доаѓа до ослободување на амонијакот. Понатаму, амонијачните соединенија со нитритација и нитрификација даваат NO_2^- и NO_3^- -јони. Нитритите се отровни за растенијата, но во почвата остануваат многу кратко време, а нитратните јони повторно се примаат од растенијата или од другите микроорганизми. Нитрификацијата е оксидационен микробиолошки процес, при што ослободената енергија, бактериите понатаму ја користат за создавање на азотна киселина.



Во определени услови NO_3^- и NO_2^- под влијание на други бактерии можат да се денитрифицираат до гасовит N_2 , кој се враќа во атмосферата и кругот се затвора.



Минерализацијата на органските соединенија што содржат сулфур (белковини) до сулфиди и H_2S се вика сулфурификација од кои со оксидација се претвораат во сулфати.

Минерализацијата на органските соединенија што содржат фосфор (нуклеопротеиди, лецитин, фитин) до растворливи форми на HPO_4^{2-} и H_2PO_4^- -јони се вика фосфофикација.

Минерализацијата на поедноставните, полесно разложливите органски материи претставува хидролиза и оксидација, при што се ослободува енергија, која делумно микроорганизмите ја користат за изградба на нивните тела и за разни процеси.

Пример: оксидација на шеќерите до крајни продукти (H_2O , CO_2) и ослободена енергија.



Некои органски материи во својот состав содржат биогени елементи (N, P, K, Ca, Mg, S), микроелементи и др., кои со минерализација минуваат во различни јони, достапни за растенијата, така што покрај H_2O и CO_2 се добиваат и други достапни хранливи материи во вид на катјони и анјони: NH_4^+ , SO_4^{2-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , и разни анјони и катјони на микроелементите. Овие форми на хранливите елементи се достапни за растенијата што со *фотосинтеза* даваат нови количества жива органска материја и растителни отпадоци, што повторно се минерализираат и пак се добиваат хранливи јони. Ова кружно движење се вика *мало биолошко кружно движење на биогените елементи*.

Слично како симбиотските азотофиксатори и габите прават симбиотски однос (микоризи) со растителните корења на некои културни и шумски растенија (особено зимзелените). Микоризите придонесуваат растенијата да користат и потешко растворливи хранливи материи што се раствораат под влијание на габите.

Од сето кажано е јасно дека *микроорганизмите вршат трансформација на едни во други органски материи (хумификација), на органски материи во минерални материи (минерализација) и на минералните во органски*.

Микроорганизмите можат да ги трансформираат едни во други минералните материи, т.е. да учествуваат во хемиското распаѓање на минералите. Тие лачат разни киселини. При хумификацијата се добиваат органски, а при минерализацијата неоргански киселини (H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4) кои влијаат на хемиското распаѓање на примарните минерали во супстратот и почвата. При ова распаѓање се ослободуваат и хранливи јони, како: Ca, Mg, K и др. Силикатните бактерии можат да ги распаѓаат и многу отпорните силикати, вклучително и некои силикатно-глинени минерали, како каолинитот. На ист начин тие можат да трансформираат и некои, додадени со ѓубрење нерастворливи минерални ѓубрива во растворливи. (пример: сурови фосфати во растворливи фосфати).

Улогата на микроорганизмите е значајна и при оксидацијата и редукцијата на азотните, сулфурните, железните и мангановите минерални материи, а со тоа и нивната достапност за растенијата. Пример, оксидираните форми на азотот и сулфурот полесно и побрзо се користат од страна на растенијата. Со оксидација, понисковалентните растворливи Fe и Mn соединенија минуваат во повисоковалентни нерастворливи соединенија. Обратно, во услови на недостиг на кислород во почвата (заситени со вода мочурливи почви, оризиште и др.), под влијание на анаеробните микроорганизми се одвиваат процеси на редукција на оксидираните N, S, Fe и Mn соединенија. Некои од овие процеси се штетни за растенијата бидејќи се ослободуваат токсични гасови, како H_2S , и се губи азот од почвата во процесот на денитрификација, а други се корисни (минување на повисоковалентните нерастворливи Fe и Mn соединенија во растворливи понисковалентни соединенија, достапни за растенијата).

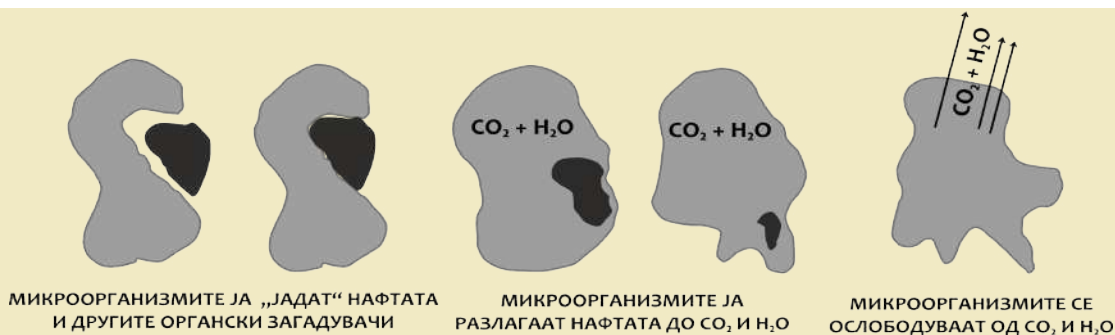
Улогата на микроорганизмите во претходно опишаните два педогенетски процеса

дополнително го истакнува нивното значење за *исхраната на растенијата* со хранливи биогени елементи што се ослободуваат со тие процеси во почвата, во достапна форма за растенијата.

Со разложувањето на органските отпадоци и со лачење на служести и др. материи, микроорганизмите создаваат органски соединенија што служат како *лепило* за сврзување на индивидуалните честички во почвата во структурни и стабилни водоотпорни агрегати. Тоа влијае позитивно врз физичките својства на почвата, како и за оптимален воден и воздушен режим на почвата.

Микроорганизмите можат да разлагаат голем број *отпадоци* и *пестициди*, што доаѓаат во почвата и со тоа помагаат за нејзиното *прочистување*. Некои од пестицидите, како DDT што е забранет за употреба, не можат да го разложат.

Во биолошкиот метод (*биоремедијација*) се користат микроорганизмите за отстранување на тешките метали од почвата (метаболичка трансформација). Исто така, со многубројни истражувања е утврдено дека бактериите од родот *Pseudomonas* sp. се многу ефикасни во деконтаминацијата на почвата од нафтените деривати. Многу средства што се користат за оваа намена ги содржат овие бактерии кои во почвата многу бргу се размножуваат и ги оксидираат јаглеводородите до крајни продукти H_2O и CO_2 или ги претвораат во соединенија што можат да бидат искористени од другите микроорганизми.



Слика 61. Шематски приказ на разлагање на нафта со помош на микроорганизми

Отпадните води во многу градови во светот денес се прочистуваат низ специјални инсталации, во кои се користи биодеградибилното дејство на микроорганизмите и потоа чисти се пуштаат во реките, езерата и сл.

Во почвата, покрај претставници на „корисните“ се наоѓаат и „штетни“ патогени микроорганизми (габи, бактерии, актиномицети) од природно или антропогено потекло. Тие ги напаѓаат растенијата, животните и луѓето, особено децата. Нивното присуство не ги менува морфолошките, физичките и хемиските својства на почвата, но се оштетуваат нејзините функции, кои му служат на човекот.

Штетните патогени микроорганизми во почвата се индикатор за нејзината контаминација. Доаѓајќи во почвата најчесто по антропоген пат на отворено поле, како и во пластениците и оранжериите, микроорганизмите или веднаш умираат или се адаптираат на новите услови на средината, задржувајќи ја својата активност. Често пати и се размножуваат во зависност од нивната природа, климата и својствата на почвата (механичкиот состав, реакцијата на почвениот раствор, содржината на хумус) и од начинот на користење. Повеќето од нив, ако се заштитени во капсули, цисти и спори можат да останат во обработливиот дел на почвата со месеци, па дури и години. Заради ова почвата може да претставува посебен извор на епидемии за некои инфективни болести кај луѓето и животните.

Основна карактеристика на патогените микроорганизми е способноста на создавање токсини или други штетни материи од колоидна природа како производ на нивниот

метаболизам. Токсините кај луѓето и животните предизвикуваат разни здравствени проблеми влијаејќи врз здравјето, а понекогаш и врз животот.

Од загадените почви можат да се инфицираат земјоделците што ја обработуваат инфицираната почва или на некој друг начин ако човекот е во контакт со неа (пример, користење на почвата за градежни потреби). Можноста за загадување се и преку загадените плитки подземни води, загадената вода за пиење, инфицираните растенија што се одгледуваат на таквите почви, особено ако не се добро измиени или термички обработени.

6.1.3.1. Управување со почвените микроорганизми

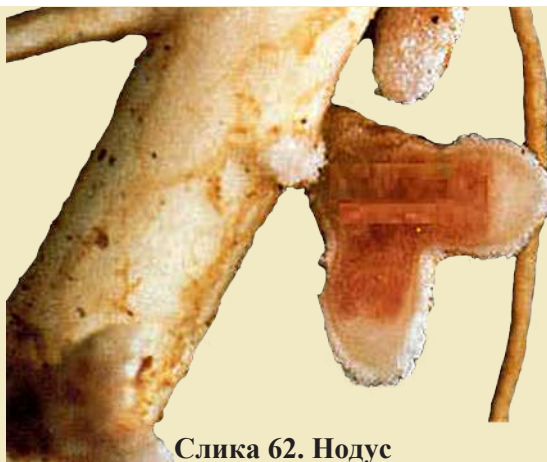
За успешно земјоделско производство и за добивање на здрава и квалитетна храна е потребна здрава почва, односно почва во која има голема и различна популација на микроорганизми. Претходно е кажано дека биолошката активност е важен индикатор за квалитетот на почвата. Кога станува збор за здрави микробни популации што придонесуваат за квалитетот на почвата, тоа не значи само нивна бројка, туку и нивна разновидност и уште повеќе нивна активност.

За да има во почвата здрава популација на микроорганизми, се преземаат мерки кои можат да се групираат пошироко, на следниов начин:

- ✓ *инокулација;*
- ✓ *подобрување на условите во почвата;*
- ✓ *контролирање на штетните микроорганизми.*

Во земјоделската пракса долго време се применува инокулацијата, што претставува намерно инфицирање на почвата со корисни микроорганизми.

Бактериите азотофиксатори се многу проучувани, особено нивното значење во полјоделството. Одамна се знае дека мешункастите растенија и легуминозите од (fam. Fabaceae): грав, грашок, луцерка, детелина, граор и др., претставуваат значајни култури во ротирањето на посевите на земјоделските површини затоа што ја подобруваат плодноста на почвата. Причините за тоа се бактериите од родот *Rhizobium* што живеат на јазлите (нодусите, слика 62) на коренот на овие растенија. Овие бактерии ги користат шеќерите што растенијата ги создаваат во процесот на фотосинтеза, а за возврат ги снабдуваат со амонијак. Во денешно време многу се работи на овој феномен, во насока што е можно повеќе да се искористи оваа симбиоза и кај другите полјоделски култури. На тој начин со сигурност се намалуваат трошоците за скапите азотни ѓубрива, а едновременно се подобрува квалитетот на протеинскиот состав на овие култури и се заштитува почвата. Денес на пазарот можат да се купат многу готови препарати со бактериски азотофиксатори, а многу лесно може да се направи микробиолошко ѓубриво и во домашни услови.



Слика 62. Нодус

Кога станува збор за подобрување на почвените услови се мисли на сите услови што позитивно влијаат врз бројноста и активноста на микроорганизмите во почвата. Постојаното обезбедување на органска материја во почвата е еден од значајните фактори бидејќи таа претставува извор на храна за повеќето микроорганизми. Тоа се постигнува преку растителните отпадоци, со додавање на органски ѓубрива, компост, зелено ѓубрење и сл., и со покривност на почвата со покривни култури.

Активноста на микроорганизмите е поврзана со присуството на влага во почвата, кислород, топлина и реакцијата на почвениот раствор. И додека голем број микроорганизми преживуваат периоди на суша и одат во хибернација, на повеќето им е потребна влажна почва што им овозможува размножување и активно дејствување. Некои микроби се активни и на 5 °C, а повеќето се активни во потопли почви. Пример, микробиолошките процеси на минерализација својот максимум го достигнуаат на температура помеѓу 30 и 40 °C. Во многу ладни почви запираат процесите, особено минерализацијата на фосфор и нитрификацијата. Повеќето микроорганизми се развиваат подобро во неутрална реакција до слабо кисела (бактериите), иако габите толерираат кисела средина, а актиномицетите и извесна алкалност.

Овие потребни услови за микроорганизмите во почвата може да се обезбедат од страна на земјоделците со примена на практиките од ДЗП, како: *редуцирана обработка на почвата, подобрување на дренажата на почвата, намалување на компактоста, одржување на соодветни хранливи материи и регулирање на pH на почвениот раствор (калцизација на киселите почви, гипсирање на алкалните почви), намалување на угарот, мулчирање, плодород и др.*

Контролирањето на штетните микроорганизми е од големо значење за почвите што се во функција на земјоделско производство за добивање на здрава и квалитетна храна.

Здравите почви го одржуваат биодиверзитетот во нив, а тој помага во: контролата на болести кај растенијата, формирајќи корисни симбиотски здруженија со кореновиот систем на растенијата; рециклирање на основните хранливи материи; ја подобрува структурата на почвата со сите позитивни влијанија за одржување на капацитетот на почвата за задржување на водата и хранливите материи и на крајот за наголемување на приносот и квалитетот од растенијата.

Преку глобалното партнерство на почвата на ФАО е потврдена улогата на почвите за здравјето на луѓето и од страна на Обединетите нации, Светската здравствена организација и Конвенцијата за биолошка разновидност. Wall, истакнува како почвата и нејзиниот биодиверзитет придонесуваат за здрава храна, чиста вода за пиење, помагаат да се спречат алергии кај човекот и да се контролира појавата на епидемии од паразитски црви и други патогени организми во инфицираните почви.

Во Европа, ефектите од контаминација на почвата врз здравјето на луѓето се добро познати во истражувачките програми на ЕУ12. Но, сега акцентот се става на патогените што се пренесуваат преку почвата како потенцијална закана за здравјето на човекот, како и за почвите, како извор на алергени. Не случајно ова е посебно нагласено и во последниот Извештај за можностите на одржливост на почвите во Европа на Советот за наука на академиите во Европа, EASAC, (2018). Во овој извештај стои дека најмалку 39 заболувања предизвикани од почвени патогени се јавуваат на глобално ниво, а Светското здравствено собрание на ОН ја нагласува потребата за зголемена медицинска интервенција за намалување на болестите што се пренесуваат преку почвата.

Постојат бројни методи за ова и тие се предмет на проучување и објаснување во некои други предметни програми (почвена микробиологија, фитопатологија, ентомологија и др.).

6.2. Органска материја во почвата и нејзино разлагање

Органската материја е втората компонента на цврстата фаза на почвата. И покрај малиот процент на застапеност во однос на минералниот дел, улогата на органската материја за физичките и хемиските својства, како и за плодноста на почвата е многу поголема.

Улогата и значењето на органската материја во почвата е забележана многу одамна од страна на земјоделците. Тие врз основа на темната боја на почвата (поголема содржина на хумус) ја означувале нејзината поголема производна вредност.

Како извор (суровина) за создавање на органскиот дел на почвата претставуваат органските отпадоци т.е. мртвите неразложени тела или делови од телата на растенијата, животните и микроорганизмите.

Се разликуваат три компоненти на органската материја во почвата:

- » првата потекнува од живите организми (флора и фауна);
- » втората, неразложени органски отпадоци (мртви тела или делови од тела на растенијата и животните) и
- » третата, хумусни материји.

6.2.1. Органски отпадоци и нивна трансформација

Основен и најголем извор на органски отпадоци во почвата се вишите растенија, а од помало значење се остатоците од педофауната и микроорганизмите.

Количеството отпадоци што секоја година се оставаат во почвата се различни. Тоа, од една страна зависи од видот на растенијата: шумски (листопадни и зимзелени), тревни и културни растенија, а од друга страна, од бонитетот на почвата.

Во табела 8 е претставено годишното количество отпадоци во нашата климатска зона што го оставаат различните растенија, фауната и микроорганизмите. Податоците се преземени од Филиповски Ѓ. (1984).

Табела 8. Годишно количеството на отпадоци од различни претставници на флората и фауната

Разни претставници на флора и фауна	Количество на органски отпадоци во t/ha
Природна шумска вегетација	3 - 9
Природна ливадска вегетација	7 - 11
Житни култури	1 - 2
Кртолести растенија (компир, репи и др.)	0,8 - 1
Постојани ливади	6 - 7
Луцерка (тригодишна)	5 - 7
Почвена фауна	0,2 - 0,5
Микроорганизми	до 0,1

Во земјоделските почви, органската материја се додава и со ѓубрење (шталско ѓубре, компост, зелено ѓубрење и др.).

Органските отпадоци во почвата имаат хетероген хемиски состав бидејќи потекнуваат од различни претставници на живиот свет.

Според масата (тежината), ткивата на зелените растенија содржат 60 до 90 % вода. Со сушење на растенијата и отстранувањето на водата, во елементарниот состав на сувата материја преовладуваат: јаглерод, кислород и водород (C - 42 %, O - 42 %, H - 8 %) и пепелни материји (8 %), слика 63. Во процес на фотосинтеза, растенијата ги земаат овие

елементи од CO_2 и водата и создаваат органска материја (шеќери). Со минерализација на шеќерите повторно се добива CO_2 и вода. Со спалување на оние 5 до 10 % сува материја се образува пепел во кој може да се најдат голем број елементи, што растенијата претходно ги земале од почвата. Овие елементи се присутни во мала количина, но имаат големо значење за исхраната на растенијата и животните и за задоволување на потребите на микроорганизмите.



Слика 63. Графички приказ за присуство на органските соединенија во растителните отпадоците

Приближно, органските отпадоци се состојат од следниве органски соединенија:

- » јаглехидрати (разни шеќери и скроб 1 - 5 %, хемицелулоза 10 - 28 %, целулоза 20 - 50 %, пектини, пентозани, полиурониди и др.);
- » липоиди (масти, восоци и смоли) и танини 1 - 8 %;
- » лигнини 10 - 30 % и
- » протеини (прости растворливи и сурови) 1 - 15 %

Ова покажува дека главната маса на отпадоците се состои од целулоза, хемицелулоза и пектин, што се составени од С, О и Н. Помал дел се состои од протеини. Во нивниот состав покрај С, О и Н, има и N, а во некои уште и S, P и Fe.

Постои разлика во присуството на овие соединенија во отпадоците од шумската и тревната вегетација, што понатаму има влијание на составот и формите на хумус во почвата. Во шумската вегетација преовладуваат целулоза, лигнин и штавни материи (танин), а имаат помалку протеини. Во тревната, состојбата е обратна. Тие содржат повеќе протеини, а помалку целулоза, лигнин и штавни материи.

Најмногу белковини содржат телата на микроорганизмите (40 - 70 %).

Постои разлика и во присуството на минералните (пепелни) материи помеѓу шумската и тревната вегетација. Во пепелот претежно се наоѓаат соединенија на 11 елементи: Ca, Mg, K, N, Si, P, S, Fe, Al, Mn и Cl, при што шумските содржат помалку (4 - 6 % пепел), а тревните повеќе (10 - 12 % пепел).

Органските соединенија во растителните отпадоци се разликуваат според отпорноста на разлагање. Редоследот на разлагање е прикажан на слика 64.



Слика 64. Шематски приказ на редоследот од брзо разложливите кон бавно и тешко разложливите отпадоци

Со изумирање на живите организми, нивните отпадоци оставени во почвата почнуваат интензивно да се разлагаат со бројни хемиски, биохемиски и микробиолошки процеси. Многу побргу се разлагаат органските отпадоци во почвата отколку оние оставени на површината од почвата.

Сите тие процеси со кои се менува изгледот, структурата, обемот, масата и составот на органските материји во почвата се означуваат како трансформација на органската материја.

Брзината на процесите на трансформација во насока на минерализација и хумификација зависи, од една страна од хемискиот состав на органските отпадоци, а од друга страна од климата и својствата на почвата. Органските отпадоци богати со целулоза, лигнин, липоиди и танински материи во услови на ладна и влажна клима, на почви сиромашни со базични елементи и со кисела реакција, многу бавно се минерализираат и хумифицираат. Обратно, органските отпадоци богати со бази и азотни органски соединенија во услови на умерено топла и топла и влажна клима, и со неутрална реакција на почвата, многу брзо се минерализираат и хумифицираат.

Разлагањето на органските соединенија од отпадоците е микробиолошки процес, иако во повеќето случаи прво мора да дојде до делумно разлагање под влијание на почвената фауна. Па така, многубројните процеси на трансформација на органските соединенија од отпадоците можат да се поделат во три групи:

- ✓ *хемиски процеси* (под влијание на вода, кислород, сончева светлина и др.);
- ✓ процеси што се одвиваат под *влијание на животните* (педофауната) и
- ✓ процеси што се одвиваат под *влијание на микроорганизмите*.

Хемиските процеси се одвиваат надвор од клетките на организмите. Со нив може да дојде до сврзување на разни органски материи, пример (шеќери со аминокиселини, танини и лигнини со протеини). Со ова се добиваат материи од кои се синтезира хумусот. Истото се постигнува со оксидација на лигнинот, танинот и некои протеини.

Животните хранејќи се во почвата со отпадоците, делумно вршат биохемиски измени на нив, ги дробат, ситнат, ги голтаат и исфрлаат во вид на екскременти збогатени со бактериска флора и ги мешаат со минералниот дел на почвата, олеснувајќи им ја понатамошната трансформација на микроорганизмите.

Најважните промени во трансформацијата на отпадоците се случуваат под влијание на *микроорганизмите* (во прв ред бактериите и габите, а помалку алгите), кои со своите екто- и ендоферменти интензивно ги разлагаат претходно подготвените органски отпадоци, менувајќи ги квалитативно и квантитативно. За да можат да поминат низ мембраните на бактериите и габите, органските материи треба да бидат растворливи во вода. Но, сите материи не се растворливи. Шеќерите, органските киселини, amino

киселините и растворливите протеини се растворливи, но поголемиот дел како целулоза, хемицелулоза, лигнини, сурови протеини се нерастворливи. Затоа, микроорганизмите лачат во надворешната средина ектоферменти (ектоензими) што вршат хидролиза, оксидација и ферментирање. Добиените растворливи продукти влегуваат во телата на микроорганизмите и понатаму се трансформираат под влијание на ендоферментите (ендоензими). Од сето ова, околу 25 % од добиените продукти служат за градба на телата на микроорганизмиве, во кои се врши синтеза на посложени соединенија (белковини, хемицелулоза и др.), процес кој се означува како микробна синтеза. Поголемиот дел (75 %), што се растворливи со хидролизата и содржат само С и Н, се троши од микроорганизмите како енергетски материјал и се разлага до крај (до CO_2 и вода и др.). Ова значи, дека процесите на разлагање преовладуваат над процесите на микробна синтеза и затоа количеството на органските материи се намалува. Образованите соединенија со микробната синтеза, исто така подлежат на трансформација по изумирањето на микроорганизмите.

Пепелните материи од органските отпадоци во текот на микробната трансформација даваат разни минерални соли (карбонати, бикарбонати, фосфати, нитрати, сулфати и др.).

После овие сложени процеси на трансформација, сложените органски соединенија се разлагаат до попусти, а потоа се синтетизираат во специфични хумусни материи.

Сите процеси на трансформација на органските соединенија во отпадоците се целосно проучени и јасни, но сè уште на ниво на теории и хипотези, се процесите на синтеза на хумусните материи.

Лесно разложливите органски соединенија што содржат С, О и Н, со процеси на (ензимска оксидација) се разложуваат до крајни минерални продукти и при тоа се ослободува енергија. Таа енергија претставува акумулирана сончева енергија во органските материи во процесот на фотосинтеза.

Протеините покрај С, О, Н содржат и N, а некои и S се разлагаат со хидролиза до аминокиселини и амиди (аминизација), а овие во NH_4 соединенија (амонификација). Со оксидација овие поминуваат во NO_3 (нитрификација).

И двата процеса (ензимска оксидација, хидролиза) се минерализациони процеси.

Потешко разложливите органски соединенија како лигнините и др. можат да се соединат со протеините и да послужат за образување на хумусот.

Како резултат на овие трансформации се ослободуваат или образуваат следниве производи, слика 65.



Слика 65. Шематски приказ на производите од разлагање на органските отпадоци

Како резултат на микробиолошките оксидациони процеси, годишно може да се ослободуваат 2,5 до 37 милиони килокалории на хектар. Од ова големо количество енергија, само мал дел микроорганизмите го користат за градба на своето тело и за својата активност. Остатокот се ослободува во вид на топлина или останува во почвата во вид на органска материја.

Најголем дел од отпадоците со разложување даваат прости крајни продукти. Во зависност од својот состав може да се поделат во следниве групи:

- » Јаглеродни (CO_2 , CO_3^{2-} , HCO_3^- , CH_4 , C);
- » Азотни (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , N);
- » Сулфурни (S , H_2S , SO_3^{2-} , SO_4^{2-} , CS_2);
- » Фосфорни (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}) и
- » Други (H_2O , O_2 , H_2 , OH^- , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Cl^- , BO_3^{3-} , MoO_4^{2-}).

Сите тие се атсорбираат од страна на почвениот атсорптивен комплекс, или се наоѓаат во почвениот воздух и почвениот раствор. Во анјонска и катјонска форма се достапни за растенијата и повторно влегуваат во процесите на создавање органски соединенија.

6.3. Хумус во почвата

После минерализацијата на лесноразложливите органски соединенија на отпадоците, во почвата остануваат две групи порезистентни на разложување соединенија:

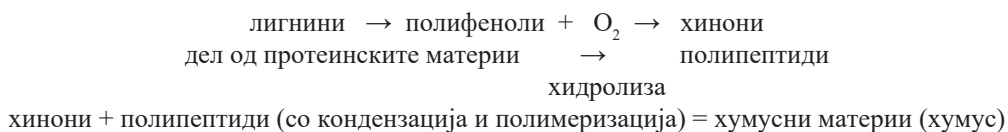
1. соединенија што водат потекло од растителните отпадоци и што се во помала или поголема мера изменети (повеќе лигнинот, а помалку липоидите) и
2. соединенија што се ресинтетизирани во телата на микроорганизмите и тоа повеќе протеинските (азотни) материи, а во помала мера јаглехидратите.

Хумусот се образува со многу сложени биохемиски процеси, означени како хумификација. Процесите на хумификација се одвиваат различно во терестрични, семитерестрични и субхидрични услови. Тие се разликуваат по видот и количината на материјалот, по количината и начинот на декомпозиција, а од тоа зависи и формата на образуваниот хумус во почвата. Во земјоделските почви се образуваат терестрични форми на хумус.

Со процесите на хумификација, соединенијата од првата група (лигнинските материи) во текот на микробиолошкото разлагање се изменети (оксидирани), им се наголемени карбоксилните групи и се пореактивни. Така, дел од лигнинот е разложен до полифеноли, а овие со оксидација до хинони.

Еден дел од соединенијата од втората група што се ресинтетизирани во телата на микроорганизмите (протеинските материи), со хидролиза даваат полипептиди.

Хумусните материи што претставуваат многу посложени високомолекуларни соединенија отколку што се соединенијата во органските отпадоци се добиваат со сврзување на протеинските материи со ароматските и хинонските групи на лигнинските материи, како и со полисахаридите. Тоа значи дека, се сврзуваат полипептидите со хинонот во сложени, нови високомолекуларни хумусни материи.



Со ова сврзување, протеинските (азотни) материи стануваат многу порезистентни на разлагање и како резерва остануваат во хумусот.

Од сето кажано може да се заклучи дека органскиот дел на почвата претставува сложена смеса на материи. Постојат голем број термини со кои се опишува овој дел и неговите составни делови. Терминот *почвена органска материја* ги опфаќа сите составни органски материи во почвата, што значи дека, таа не претставува едно соединение, туку смеса од поголем број соединенија групирани во три групи:

1. порезистентни соединенија што водат потекло од растителните отпадоци и што се во помала или поголема мера изменети;
2. новосинтетизирани соединенија во микробните тела и
3. новоформирани многу сложени соединенија, добиени со сврзување на првите две групи соединенија.

Само третата група на органски материи најточно се означува како почвен хумус. Затоа и постојат две дефиниции за хумус во зависност од тоа дали се гледа во поширока или потесна смисла на зборот.

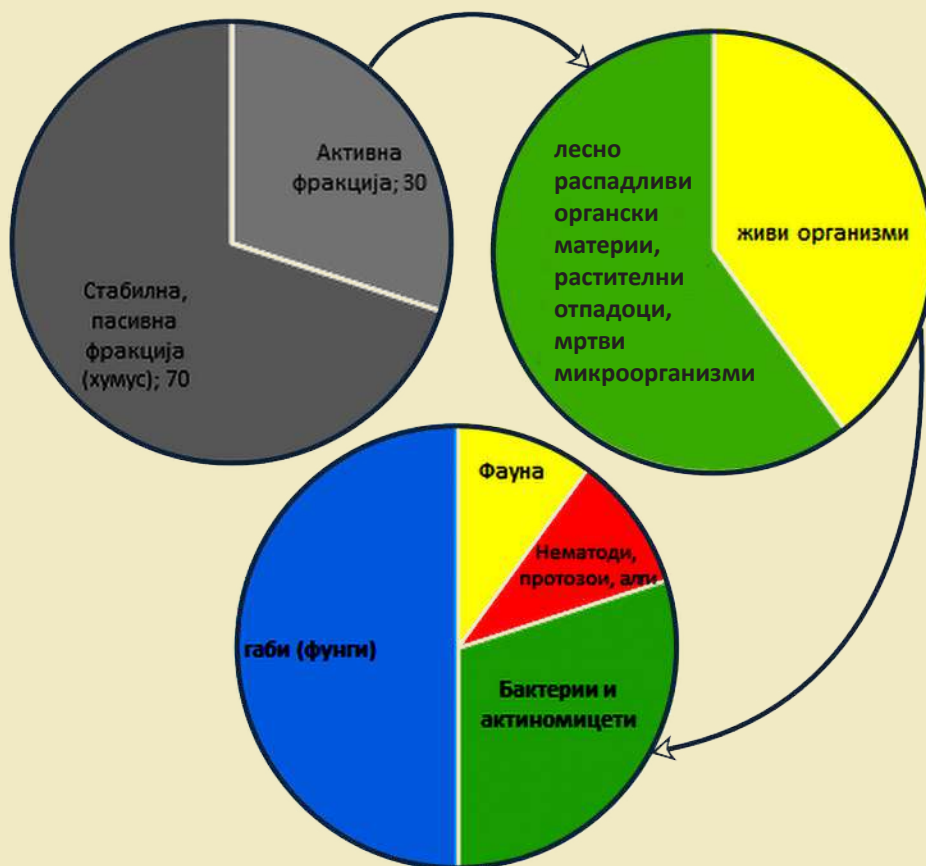
Во поширока смисла, под поимот хумус во почвата се подразбира целата изумрена органска материја што е зафатена со процес на трансформација, а во потесна смисла се подразбира комплексна и прилично резистентна смеса образувана од темно обоени аморфни високомолекуларни соединенија образувани во процес на хумификација.

Во контекст на термините, многу често се употребува терминот *почвен органски јаглерод*, бидејќи јаглеродот игра важна улога во хемиската структура на сите органски материи и со тоа се потенцира неговото присуство во органската материја. За ова постојат методи во кои преку присуството на органскиот јаглерод во почвата, со помош на коефициенти се определува содржината на органската материја во почвата. Сепак, треба да се земе предвид дека содржината на јаглерод во почвената органска материја варира и затоа треба внимателно да се прави споредба меѓу вредностите на почвената органска материја и на почвениот органски јаглерод.

При поволни услови, органските отпадоци што остануваат во почвата по изумирањето на растенијата брзо се минерализираат, за неколку недели или неколку месеци и ослободуваат минерални материи. Хумусот е многу порезистентен и во текот на годината во зависност од условите, само мал дел од него може да се минерализира. Ова е многу значајно за исхраната на растенијата бидејќи на некој начин, хумусот претставува резерва пред сè на азотните и на другите хранливи материи што ги содржи.

Општо кажано, интензитетот, односно брзината со која се врши минерализацијата на отпадоците зависи како од нивниот состав така и од условите во кои се врши минерализацијата. Ако во отпадоците има повеќе резистентни соединенија (штавни материи, лигнини, липоиди), минерализацијата е побавна. Особено силно се забавува минерализацијата ако нема доволно протеини во отпадоците и ако односот на C : N во нив е широк. Со минерализацијата на протеините се добиваат минерални азотни хранливи јони (NH_4^+ , NO_3^-) што ги користат микроорганизмите за своја исхрана и за градба на протеините со кои нивното тело е далеку побогато отколку отпадоците. Ако нема доволно азотни минерални материи, намалува размножувањето и бројот на микробите, а со тоа и нивната активност во минерализацијата.

Бидејќи процесите на минерализација се микробни, тоа значи дека сите услови потребни за активност на микроорганизмите во почвата се и тука важни. За тие услови, е објаснето во делот – управување со микроорганизмите во почвата.



Слика 66. Шематски приказ на разлагањето

6.3.1. Состав на хумусот

Во составот на хумусот влегуваат *неспецифични материи* што се среќаваат и во органските отпадоци: јаглехидрати, масти, протеини, лигнини, штавни материи, ароматични киселини и др. Органските киселини од оваа компонента на хумусот влијаат врз хемиското распаѓање на минералите, транслोकацијата на некои хемиски елементи и на реакцијата на почвениот раствор.

Повеќето неспецифични материи на хумусот учествуваат во процесите на редукција на нитратите, сулфатите и на повеќевалентните Fe и Mn и др. Исто така, влијаат врз атсорптивната и пуферната способност на почвата. Тие, во процесот на хумификација служат како суровина за образување на специфичните хумусни материи. Со нивна минерализација се добиваат хранливи материи за растенијата. Во вкупното количество хумус, разбрано во поширока смисла на зборот, овие материи изнесуваат 10 до 15 % во зрелиот хумус, и до 70 % во суровиот хумус, што зависи од условите на нивното разлагање и од длабочината на почвата. Некои од нив (витамини, ауксини, антибиотици), ако се присутни во помала количина во хумусот може да делуваат како биокатализатори, односно да го стимулираат растот и развојот на растенијата. Исто така, во помала количина може да делуваат и инхибиторно врз активноста на некои патогени микроорганизми во почвата. Во поголеми количини, овие материи се токсични и за растенијата и за корисните микроорганизми.



Слика 67. Шематски приказ на поделба на хумусот според Шефер и Шахтшабел

Специфичните хумусни материи се образуваат во процес на хумификација. Составот на овие материи е многу сложен. Тие се издвојуваат во вид на фракции со хемиска анализа на хумусот (фракционирање), при што некои од нив делуваат позитивно во образувањето и стабилизирањето на структурата на почвата и нејзината плодност, а други може да делуваат деструктивно и да предизвикаат намалување на плодноста на почвата.

Во зависност од растворливоста и таложењето, при хемиската анализа на составот на хумусот се издвојуваат следниве фракции:

- *хумин* и *улмин* (нерастворливи во бази и киселини). Имаат најголема молекуларна тежина и најголема отпорност на разлагање од страна на микроорганизмите, како и три хумусни киселини растворливи во бази:

- » *фулвокиселини* (растворливи и во вода и алкохол), со најмала молекуларна тежина и најлесно се разлагаат од страна на некои микроорганизми (габи);
- » *химетомеланска киселина* (растворлива и во алкохол);
- » *хуминска* и *улуминска киселина* (растворливи само во бази). Заедно со химетомеланската киселина имаат средна молекуларна тежина и со средна отпорност на разлагање од страна на микроорганизмите.

Поделбата на хумусните киселини може да биде и врз основа на нивната боја, па така се разликуваат:

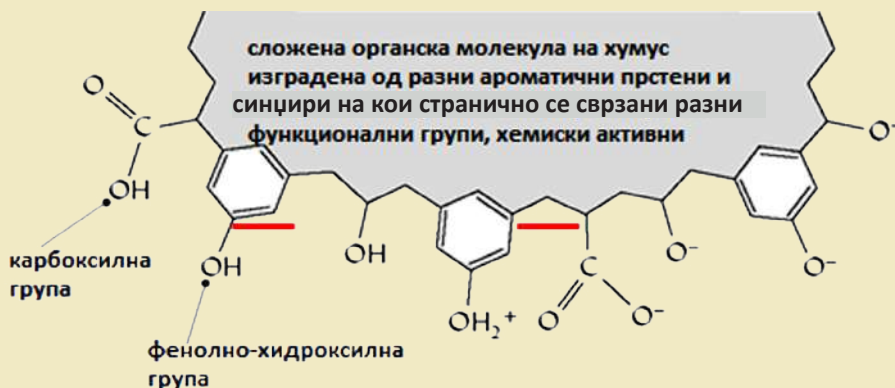
- ✓ темно обоени хумусни киселини или хумински киселини и
- ✓ светло обоени хумусни киселини или фулво киселини.

Во понатамошниот текст се опишани двете фракции: хумински и фулво киселини, бидејќи останатите претставуваат нивни модификации. Присуството на овие киселини влијае врз квалитетот и формите на хумус во почвата. И двете се сложени високомолекуларни киселини, а разликата помеѓу нив е во содржината на јаглерод и кислород.

Хуминските киселини содржат C од 52 - 62 %, H од 2,8 - 5,8 %, O од 31,4 - 39 %, N од 2,6 - 5,6 и извесно количество на пепелни материи (P, S, Si, Al и Fe). Во нив спаѓаат: *химетомеланската* и *улуминската киселина*.

Хуминските киселини имаат аморфна градба, со димензии на колоидна честица, со еквивалентна тежина околу 1 400. Нивната хемиска структурна градба ја сочинуваат разни ароматични прстени на кои странично се сврзани разни функционални групи (карбоксилна, фенолно-хидроксилна и аминоксидна група), слика 68. Сите функционални групи се хемиски активни, но од најголемо значење за почвата имаат карбоксилната (-COOH) и фенолно-хидроксилната (ОН) група. Водородните јони од овие групи може да дисоцираат во почвениот раствор и на тој начин остануваат слободни врски на кислородот O (привлечни сили). Тие можат да адсорбираат позитивни јони (катјони) од почвениот раствор (Ca^{2+} , Mg^{2+} и др.) Ова дисоцирање на водородот од функционалните групи го определува капацитетот на почвата за адсорпција на катјони и зависи од реакцијата на почвениот раствор. Па така, со замена на H^+ -јоните од сите COOH-групи

при pH околу 7, капацитетот на адсорпција на катјони изнесува 480 cmol/kg киселина, а со замена и на H^+ -јоните од сите OH-групи, при pH > 8,1, вредностите се наголемуваат и повеќе од 600 cmol/kg киселина.



Слика 68. Шематски приказ на градба на хумусни киселини

Функционалните реактивни групи се сврзани во структурата на многу сложените молекули со неактивните прстени и вериги. Еден дел од N е периферно врзан и полесно се одделува од хуминските киселини, а другиот дел е цврсто врзан во самото јадро на молекулите.

Во почвата хуминските киселини се јавуваат во слободна состојба или во вид на соли (хумати). Хуматите на (Ca, Mg, Fe и Al) се многу малку растворливи во вода. Во почвата ги сврзуваат честичките на песок, прав и глина, кои помеѓу себе се слепуваат во неповратни гели, образувајќи на тој начин стабилни структурни агрегати. Хуматите на (K, NH_4 и Na) се добро растворливи во вода и многу лесно се промиваат од почвата.

Хуминските киселини се образуваат во процес на бактеријално аеробно разлагање на тревните отпадоци, доминираат во почви образувани во потопли области (чернозем, рендзини, ливадски почви) и воопшто во почви богати со бази и образувани под влијание на тревната вегетација. Доминираат во зрелиот (мул-хумус). Поради нивното позитивно дејство во почвата, условно се означени како „добрите“ киселини.

При хемиска анализа на составот на хумусот, во рамките на вкупната содржина на хуминските киселини се издвојуваат три фракции: 1, 2 и 3. Фракцијата 1 ги претставува слободните хумински киселини или поврзани со подвижните сесквиоксиди. Оваа фракција се јавува во суровиот хумус (Mohr или Roh хумус), во киселиот и активниот „мобилен“ дел на хумусот. Фракцијата 2 ги претставува хуминските киселини сврзани со базичните катјони, Ca и Mg и се јавува во зрелиот (Mull) хумус, односно во неутралниот и трајниот хумус. Фракцијата 3 ги претставува хуминските киселини сврзани со минералите на глина и припаѓаат на трајниот хумус.

Фулво киселините имаат малку поедноставен состав, со еквивалентна тежина околу 180. Содржат C – 46,3 %, H – 5 %, O – 47,3 % и N – 2,4 %, што значи имаат помалку јаглерод, а повеќе кислород од хуминските киселини. Во нив водородните јони посилено дисоцираат и се значително посилни киселини од хуминските. Имаат помал број на функционални групи во однос на хуминските киселини и помал капацитет на адсорпција (околу 350 cmol/kg почва). Во нив спаѓаат: *кренската киселина* со жолта боја и поголема растворливост и *апокренската киселина* со жолто кафеава боја и послаба растворливост.

Во почвата, фулво киселините се јавуваат во вид на растворливи во вода слободни

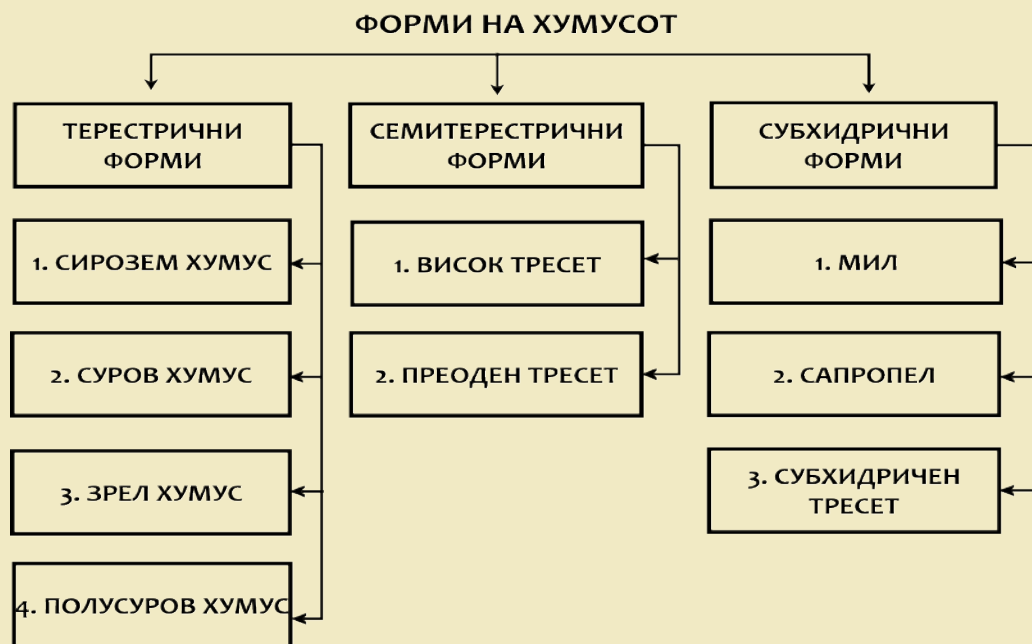
киселини или во вид на соли (фулвати), со различна застапеност (15 до 70 % од хумусот) во одделни почвени типови. Фулватите на (NH_4 , Na, Ca, Mg и K) се лесно растворливи и се промиваат од почвата. Со јоните на Fe и Al, образуваат комплекси, често и хелатни соединенија со многу голема подвижност, предизвикуваат деструкција (распаѓање на минералниот дел на почвата), овозможуваат промивање на базите и на сесквиоксидите.

Најчесто фулво киселините се образуваат при аеробно разлагање на шумските растителни отпадоци (четинари) со помош на габи. Доминираат во суровиот (морхумус). Ги има во подзолите и многу малку во черноземите. Тие делуваат бактерицидно, односно го спречуваат дејствувањето на бактериите во почвата.

При хемиската анализа на составот на хумусот, во рамките на вкупната содржина на фулво киселините, се издвојуваат неколку фракции: 1a, 1, 2 и 3. Фракцијата 1a е најподвижна и најагресивна и има најголема улога во деструкцијата (распаѓање на минералниот дел на почвата). Под нејзино влијание, силикатите се распаѓаат до крајни продукти (хидроксиди на Fe, Al и Si), кои во почвата најчесто се наоѓаат во колоидна зол состојба. Со ова, се потенцира улогата на фулво киселините и како фактор за елувијација (преместување) на продуктите од распаѓањето на минералите во почвата.

6.3.2. Форми на хумусот

На Земјата постојат околу 17 форми на хумус, а во рамките на некои форми постојат и потформи и видови, што се разликуваат според условите на образување, составот и својствата. Формите на хумус се прикажани според морфолошко-генетската поделба на слика 69.



**Слика 69. Форми на хумусот (морфолошко-генетска поделба)
според Шефер и Шахтшабел**

Од најголемо значење за нашите земјоделски почви се некои *терестрични форми* на хумус.

Сирозем хумус се јавува во младите слабо развиени почви, образувани врз растресит супстрат, во првиот стадиум од населувањето на живите организми (вишата вегетација). Оваа форма на хумус не образува хумусен хоризонт, туку претставува одделни слабо распаднати растителни отпадоци во минералната маса на почвата.

Суровиот - Mohr или Roh (морхумус) е карактеристичен за почви што се образуваат во определени услови: во ладни и хумидни реони, врз кисели супстрати, во почви сиромашни со бази и глина, под густе четинарски (зимзелени) шуми со многу малку приземна вегетација (грмушки). Овој хумус претставува шумска простирка (хор. О) и се состои од недоволно разложени отпадоци. Во него доминираат неспецифичните хумусни материи, а специфичните се претставени главно со слободни, пред се фулво киселини, кои влијаат негативно во почвата. Почвите со ваква форма на хумус се сиромашни со организми (микроорганизми, фауна), хумусот бавно се разлага и не е измешан со минералниот дел на почвата. Во отпадоците доминираат безазотните материи, а се сиромашни со бази и белковини. Хумификацијата се врши под влијание на габите и при тоа се образуваат големи количества на фулвокиселини кои вршат интензивно распаѓање на минералите во почвата и промивање на продуктите од распаѓањето. Овој хумус предизвикува штетни промени во шумските почви, а во земјоделските почви го нема бидејќи е измешан со минералниот дел на почвата и се разложува. Оваа форма на хумус е карактеристична за подзолите.

Зрелиот - Mull (мулхумус) по своето образување, состав, својства и влијание врз почвата претставува спротивност на суровиот хумус. Се образува во сосем поинакви услови: во умерено топла до топла клима и во почви што се добро аерирани и богати со бази и глина почви. Се образува со хумификација на отпадоците од тревната и културната вегетација, како и со отпадоците од листопадните шуми. Овие отпадоци се богати со бази и белковини и релативно лесно се разлагаат под влијание на бактериите. Во зрелиот хумус повеќе од 90 % доминираат специфичните материи, односно се образуваат хумински киселини, како и нивните соли (Са-хумати), кои служат како лепило за образување на структурните агрегати. Зрелиот хумус релативно побрзо се минерализира во споредба со суровиот хумус и дава доста хранливи материи и претставува „чувар“ на минералниот дел на почвата (не врши деструкција).

Зрелиот хумус е најраспространет и го има во скоро сите обработливи почви и во поголемиот дел од почвите под природна и тревна вегетација. Во почвите под влијание на оваа форма на хумус се образува хумусно-акумулативниот хоризонт А, во кој хумусните материи се рамномерно распоредени и се тесно поврзани со минералниот дел на почвата. Почвите имаат неутрална до слабо кисела реакција на почвениот раствор, богати со бази и глина и имаат поволен воден, воздушен и топлотен режим. Оваа форма на хумус е карактеристична за черноземите.

Преодниот (полусуровиот) - Moder (модерхумус) прави преод помеѓу претходните две форми. Се образува во услови на планинска (ладна и влажна) клима, под влијание на остатоци од шумската и тревната вегетација, сиромашни со бази и азотни материи. Оваа форма на хумус се јавува во плитки, растресити почви со правлива текстура и променлива реакција на почвениот раствор, во опишаните климатски услови што не се добри за хумификација на органските отпадоци. Разлагањето на отпадоците се врши под влијание на инсекти, стоногалки, пајаци и нивните ларви, со многу мало учество на бактериите, што значи дека голем дел од овој хумус претставува екскременти од најситните животни.

Типичниот полусуров хумус се образува врз силикатни стени, има кисела реакција и се означува како силикат-модер хумус. Преодната форма на хумус се среќава и во црниците, образувани во планинските реони врз тврди компактни варовници и доломити, означена како рендзина-модер хумус, која може да има и неутрална реакција.

Семитерестричните и субхидричните форми на хумус се од помало значење за

почвите образувани во нашата земја.

Високиот тресет преовладува во зоната на тундрите во Северна Европа. Се состои од неразложени отпадоци на сфагнумовиот мов и може да се акумулира во слој дебел и повеќе метри.

Нискиот тресет, кај нас се јавува во тресетните почви. Се образува со нецелосно анаеробно разлагање на отпадоците од хидрофитната вегетација (рогоз, трска, дзуки, шевар и др.).

Тињата (шведски Gytja) се јавува на дното на водните базени и се состои во најголем дел од екскременти, при што органската материја е само механички измешана со минералниот дел на почвата, без да се образуваат органо-минерални комплекси.

Сапронел (гнилен мил) се образува под влијание на анаеробните бактерии и претставува целосно трансформирана органска материја, која со минерализација ослободува H_2S .

Според функцијата, Шефер и Шахтшабел го делат хумусот на „траен“ и „хранлив“. Некои автори, трајниот хумус го означуваат и како „пасивна“ функција на хумусот. Во него се наоѓаат оние хумусни материи што потешко се разлагаат (лигнин, хумин, улмин, битуменски материи и др.). Во почвата тој може да се задржи со илјадници години, заштитен со сврзување со глината, внатре во почвените агрегати.

Во хранливиот хумус се наоѓаат хумусни материи што полесно се разлагаат (за неколку месеци или година) и со минерализација ослободуваат хранливи материи за растенијата.

Постои поделба на хумусот и врз основа на неговата заситеност со базични катјони. Па така, се разликува *кисел*, *неутрален* (благ) и *преоден* (полублаг) хумус.

Во својот состав *киселиот хумус* најмногу содржи слободни агресивни киселини или многу малку киселини заситени со базични катјони. Во овој хумус спаѓаат: суровиот хумус, поголемиот дел од преодниот хумус, како и дел од мул-хумусот (кисел мул хумус и кисел тресет). Од земјоделска гледна точка, како и за педогенетските процеси, овој хумус не е добар. Тој го закиселува почвениот раствор, врши силно распаѓање на минералниот дел на почвата (деструкција) и овозможува промивање на добиените продукти од распаѓањето. Исто така, киселиот хумус ја намалува активноста на микроорганизмите во почвата, пред сè на бактериите.

Во *неутралниот* или *благ хумус*, хумусните и другите органски киселини се повеќе од 90 % заситени со бази, главно со Са-јони. Во него доминираат Са-хуматите. Се јавува во карбонатните почви, како и во бескарбонатните што се заситени со базични катјони, и во почви со неутрална реакција. Спротивно на киселиот, неутралниот хумус позитивно влијае врз хемиските, физичките и биолошките својства на почвата, а со тоа и врз нејзината плодност. Претставува „чувар“ на почвата и има значајна улога во создавањето на стабилна зрнеста структура.

Според условите на образување, степенот на хумификација на органските отпадоци и начинот на мешање со минералниот дел на почвата, *полублагот хумус* покажува карактеристики на зрелиот - мул хумус. Но, како резултат на слабо и средно киселата реакција на почвениот раствор (pH 5,0 – 6,5), хумусните и другите органски киселини на овој хумус во поголем дел не се заситени со бази, па затоа не спаѓа ниту во кисел ниту во зрел, туку претставува полублаг хумус.

6.3.3. Својства на хумусот

Хумусот се карактеризира со специфични физички и адсорпциони својства, и содржи хранливи материи.

Од физичките својства се истакнува неговата боја. Хумусните материи обично

имаат темнокафеава до црна боја, посебно ако потекнуваат од тревните отпадоци. Хумусот покажува слаба пластичност и слаба сврзаност, со што ги подобрува физичките својства на почвата. Тој ги лепи честичките во ситни зрнести агрегати, што водата не ги разрушува, односно позитивно влијае врз структурата на почвата.

Хумусните колоиди се аморфни. Поголемиот дел од хумусот е во вид на ситни, колоидни честички со негативен електричен полнеж што им овозможува висок капацитет на атсорпција на вода и катјони. Атсорбирајќи големо количество катјони (Ca, Mg, K, NH_4), хумусните колоиди ги заштитуваат од промивање, а растенијата можат директно да ги користат.

Хумусните колоиди се подинамични и во текот на годината еден дел од нив се минерализира, и нов дел се образува, со хумификација. Во својот состав имаат биогени елементи (N, P, S и др.), кои со минерализација се ослободуваат во достапна форма за растенијата.

Односот на C/N е многу важна карактеристика на хумусот. Ако тој однос е 10 : 1, се смета дека е многу поволен, што е резултат на условите на неговата хумификација и педогенетските процеси. Односот на C : N е многу широк во некои отпадоци. Кога почвата добива отпадоци со широк однос на C : N, микроорганизмите добиваат храна, а со оксидација на C во CO_2 и енергија. Микроорганизмите брзо се размножуваат и со тоа создаваат голема количина на микробна органска маса. Бидејќи во отпадоците со широк однос на C : N нема доволно N за градба на телото на микроорганизмите, во кое односот на C : N е тесен, тие го трошат N не само од отпадоците, туку и од нитратите во почвениот раствор. Ова може да предизвика привремен дефицит на азот во исхраната на растенијата.

Односот на C/N кај черноземот изнесува 8 – 12 : 1; кај кафеавите шумски почви 10 – 15 : 1; во сламата 70 – 100 : 1 итн.

6.3.4. Органоминерални соединенија во почвата

Органоминералните соединенија во почвата се резултат на меѓусебното спојување на органските со минералните соединенија во почвата. Тие се составен дел како на специфичните, така и на неспецифичните материи на хумусот. Се разликуваат неколку групи на органоминерални соединенија во почвата и тоа:

1. *Соли на хумусните киселини (хумати);*
2. *Сорпциони соединенија на хуминските киселини со глинени минерали (аргилохумини);*
3. *Комплексни золи и гели образувани со сврзување на хуминските киселини и хидратисаните сесквиоксиди на Fe и Al;*
4. *Хелати и*
5. *Прости соли на нискомолекуларните органски киселини.*

Во солите на хумусните киселини (хумати) спаѓаат главно Ca-, Mg- и Na-хумати, при што најистакнати се Ca-солите на хуминските киселини (Ca-хумати), кои имаат значајна улога во образувањето на стабилна зреста структура. Земноалкалните соли на фулво киселините (кренати и апокренати), се растворливи и се промиваат.

Природата на сорпциони соединенија на хуминските киселини со глинени минерали (аргилохумини) не е доволно проучена. Тие имаат хидрофилен карактер и тешко се разлагаат под влијание на микроорганизмите. Атсорпцијата на помалите молекули хумусни киселини се случува во просторот меѓу кристалните единици на минералите, внатрешна атсорпција (пример во монтморилонитот), а на поголемите молекули на површината, надворешна атсорпција.

Комплексни золи и гели образувани со сврзување на хумусните киселини и

хидратисаните сесквиоксиди на Fe и Al. Во комплексните золи, хумусните материи, пред сè фулво киселините, се јавуваат како заштитни колоиди, односно ги штитат сесквиоксидите од коагулирање. На тој начин, ги држат сесквиоксидите во пептизирана состојба и овозможуваат тие да се движат во почвата од горе надолу. Во долниот дел на почвата, како резултат на некои промени (pH, електролити и сл.), овие комплексни золи се коагулираат во комплексни гели и се задржуваат во почвата. Ова е мошне карактеристично за подзолите, при што се образува хумосподичен Bh, ферисподичен Bfe или хумоферисподичен Bh,fe хоризонт.

Хелатите се комплексни соединенија на сесквиоксидните елементи и на органските материи. Образувањето на хелати т.е. хелатизацијата е карактеристична за некои шумски почви (кафеаво подзолести почви и др.). Хелатите тешко се разлагаат со микробни процеси. Во нив, Fe и Al се сврзани со органски радикали со повеќе координациони врски во вид на верига. Во хелатна форма, железото и алуминиумот се преместуваат во почвата. Интересно е што во хелатна форма во вид на цели молекули, растенијата можат да ги користат во исхраната. Затоа некои микроелементи како минерални ѓубрива се даваат на растенијата во вид на хелати.

Простите соли на нискомолекуларните органски киселини се разни алкални (K, Na) и земноалкални (Ca, Mg) соли на некои органски киселини, како: оксална, мравја и во помала мера лимонска, јаболчна, оцетна и др. киселини. Овие соли се наоѓаат во самите отпадоци, а се образуваат и при нивното разлагање. Вообичаено, во аеробни услови се минерализираат и не се акумулираат во почвата, но при недостаток на кислород во почвата (анаеробни услови), не се минерализираат, го напаѓаат минералниот дел на почвата и вршат деструкција.

6.3.5. Содржина, улога и значење на органската материја во почвата

Во различни почви, содржината на органска материја варира во широки граници и зависи од видот на вегетацијата, односно од количината на органските отпадоци што ги остава вегетацијата во почвата, од условите за нивно разлагање и образување на хумус, од брзината на минерализација на хумусот, како и од начинот на користење на почвата.

Хумусот е многу значаен фактор за плодноста на почвата. Поради тоа, во земјоделското производство се применуваат разни практики на управување со почвата во насока на одржување и наголемување на органската материја (хумус) во почвата.

Содржината на хумус се менува по длабочина на почвата. На длабочина од 0 до 20 cm, содржината на хумус варира во широки граници од 0,1 % до 0,5 %, и над 50 %. Во обработливите почви, содржината на хумус најчесто се движи од 2 до 4 %. Во некои почви образувани во планинските реони, содржината на хумус изнесува 20 до 50 %, а во тресетните почви и над 50 %.

Содржината на хумус во почвата најчесто се изразува во % за секој хоризонт (слој) одделно и со собирање на сите проценти се добива вкупната содржина на хумус во солумот на почвата. Исто така, количеството на хумус во почвата може да се изрази и во t/ha, за целиот солум или одделно за неговите хоризонти на определена површина. За ова е потребно, прво во лабораторија да се определи содржината на хумус во % и привидна густина (ρ_p) за секој хоризонт одделно, а потоа се пресметува и се добива вкупното количество хумус во тони (t) за определена длабочина и површина (ha).

Сето кажано може да се претстави преку пример на почва со три хоризонти, со длабочина до 75 cm и површина од 1 ha или 10 000 m²:

- длабочина на првиот хоризонт 20 cm, 4 % хумус и ρ_p 1,4 g/cm³
- длабочина на вториот хоризонт 30 cm, 2 % хумус и ρ_p 1,5 g/cm³
- длабочина третиот хоризонт 25 cm, 1 % хумус и ρ_p 1,6 g/cm³

Тежината на хоризонтите, изразена во t изнесува:

- $10\,000\text{ m}^2 \times 0,2\text{ m} \times 1,4 = (2\,800\text{ t} \times 4) : 100 = 112\text{ t}$
- $10\,000\text{ m}^2 \times 0,3\text{ m} \times 1,5 = (4\,500\text{ t} \times 2) : 100 = 90\text{ t}$
- $10\,000\text{ m}^2 \times 0,25\text{ m} \times 1,6 = (4\,000\text{ t} \times 1) : 100 = 40\text{ t}$

Вкупно 242 t сува материја хумус.

На слика 70 е претставена содржината на органска материја во % во почвите на Р Македонија.



Слика 70. Содржина на органска материја во почвите на Република Македонија, (извор: MASIS, педолошка карта на Р Македонија)

Во многу земји во светот, почвите се класифицираат врз база на содржината на хумус. Еве еден пример:

Табела 9. Поделба на почвата во групи според содржината на хумус

Група	Содржина на хумус во %		
	Песоклива	Илеста	Глинеста
Висока	> 2,5	> 4,00	> 5,0
Средна	1,0 - 2,5	1,5 - 4,0	2,0 - 5,0
Ниска	1,0	1,5	2,0

Брзината со која се наголемува или намалува органската материја во почвата може да се определи преку билансот меѓу приходите и загубите на јаглерод. Овој биланс е различен во почвите под природна вегетација и во обработливите почви.

Во почвите под природна вегетација без влијание на човекот, билансот зависи

од условите на средината, односно од комбинацијата на петте педогенетски фактори: вегетација, клима, релјеф, матичен супстрат и време. Во земјоделските почви, човекот преку активностите што ги спроведува, силно ја менува содржината на органската материја во почвата. Неговото влијание во земјоделските почви е посебно опишано.

Во делот за живите организми во почвата е истакнато значењето на вегетацијата (шумска, тревна, ливадска, степска, пустинска, хидрофитна и културна) во однос на количеството и местото каде што ги оставаат отпадоците, нивниот состав и отпорноста на разлагање. Тука само потенцираме дека при еднакви други услови, под тревна вегетација во солумот на почвата се акумулира многу поголемо количество хумус со многу постепено намалување по длабочина, отколку под шумската вегетација.

Температурата и врнежите се клучни климатски фактори што влијаат врз органската материја во почвата. Во областите под тревна вегетација, со порастот на врнежите, при иста температура, побрзо расте продукцијата на отпадоците отколку минерализацијата и затоа се наголемува содржината на хумус. Овој пораст е многу побавен во почвите под шумска вегетација. Со пораст на температурата, при исто количество врнежи, опаѓа содржината на хумус, бидејќи минерализацијата е поголема од приходот на органските отпадоци.

Општо земено, доколку климата е повлажна и поладна, до толку почвата содржи повеќе хумус и обратно.

Релјефот ја менува педоклимата преку надморската височина и експозиција, а со тоа влијае и врз вегетацијата. Потоплите и пострмни наклони дејствуваат слично како посувата и потопла клима. На тие места, почвите имаат поптиток профил и содржат помалку хумус. Тука, до израз доаѓа и ерозијата.

Различни релјефски форми имаат различно влажење. Во депресиите и рамните терени со силно влажење со површински или подземни води, содржината на хумус е поголема. Причините за ова се поголема продукција на органски отпадоци и намалена минерализација, како резултат на недостиг од кислород (заситеност со вода).

Матичниот супстрат има посредно влијание. Од неговиот механички состав зависи содржината на органска материја, како и условите за развој на растенијата. Во почвите со повеќе глина има повеќе органска материја, отколку во оние со покрупни честици, како што е песокот. Во почви со поголема содржина на глина растенијата добиваат повеќе вода и храна и произведуваат повеќе отпадоци. Минерализацијата е послаба бидејќи е намалена аерацијата. Дел од хумусните материи се врзува со глината во органоминерални комплекси што се многу поотпорни на минерализација. Бидејќи песоковите почви имаат подобра аерација отколку глинестите, подобро се обезбедени со кислород и, како резултат на тоа, минерализацијата е поголема и содржината на хумус е помала.

Времето е исто така значаен фактор за содржината на хумус. Во првите десетини години од започнувањето на педогенезата врз супстратот, содржината на хумус во почвата постојано расте, сè додека не се постигне еден максимум „зрела фаза“ на почвата. Во оваа фаза се постигнува рамнотежа помеѓу создавањето и минерализацијата на органската материја. Во различни почви оваа фаза е со различно времетраење. Со понатамошно стареење опаѓа плодноста, а со тоа и содржината на хумус, бидејќи намалуваат приходите на органските отпадоци. Тоа значи дека во многу младите и во многу старите почви при еднакви други услови има помалку хумус.

Намалувањето на органската материја во почвата е една од осумте закани за нејзината деградација (слика 71).

ПОЧВАТА Е ПРЕДМЕТ НА СЕРИОЗНИ ДЕГРАДАЦИСКИ ПРОЦЕСИ
ЗАКАНИ КОИ ГО НАМАЛУВААТ НЕЈЗИНИОТ КВАЛИТЕТ



Слика 71. Деградациони процеси и закани на почвата

Со уништувањето на природната вегетација (сеча, пожари, претерано пасење, производство на лисник, разорување и др.) доаѓа до намалување на органската материја во почвата. Овие промени се различни во зависност од тоа дали со уништување на шумската вегетација, почвите ќе останат под природна тревна вегетација (пасишта) или ќе се обработуваат. Со првиот начин не се врши интензивна деградација на планинските и брдски почви, доколку не се еродираат посилно. Многу посилна деградација (намалување на органската материја) на почвите настанува кога почвите под шумска и тревна вегетација се разоруваат и се претвораат во обработливи почви.

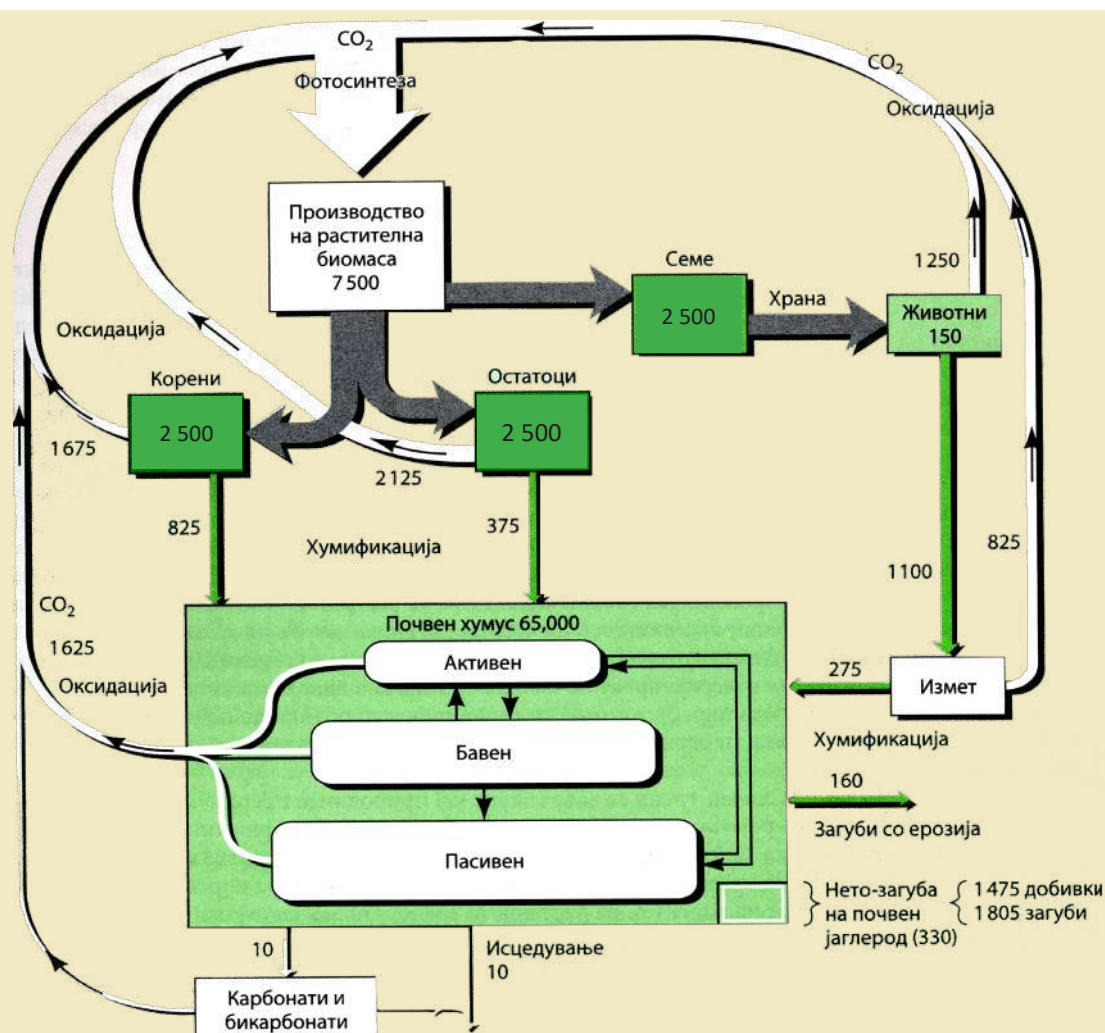
Последиците од уништувањето на шумската вегетација се поинакви од тие што се добиваат при уништувањето на тревната вегетација. Во екосистемот под шума повеќе од 50 % од биомасата е во надземните органи, а во екосистемот со тревна вегетација најголем дел (90 %) од органската материја е во почвата. Тоа значи дека со сеча на шумите веднаш се губи 50 % од органската материја на екосистемот. Ако има пожари, тогаш се уништува целата простирка, дел од хумусот, фауната и микрофлората и во почвите останува пепел.

Со палење и разорување на тревната вегетација, 90 % од органската материја на екосистемот останува во почвата и тие не се губат веднаш. Минерализацијата на органските материи во првите две до три децении со разорување на бившите шумски почви тече бргу. Во првата фаза побргу се минерализира „хранливиот хумус“ и останува „трајниот“ хумус, а кај почвите под тревна, органските материи се губат само со минерализација, и тоа многу побавно отколку во почвите кои биле порано под шума. Со еден збор, во почвите што порано биле под тревна вегетација содржината на хумус и биогени елементи опаѓа многу побавно. Тоа значи дека и природната плодност подолго се задржува.

Во обработливите почви, приходите главно доаѓаат од кореновиот систем и делумно од надземните органи на растенијата што остануваат по жетвата, како и со внесување на органски материи во почвата. Загубите се резултат на дишење (CO_2 загуби), отстранување на растенијата со берба (принос) и ерозија (табела 9).

Табела 9. Фактори што влијаат врз билансот меѓу приходите и загубите на органска материја во почвата

Фактори за приходи	Фактори за загуби
Зелено ѓубрење, покривни растенија	Ерозија
Конзервациона обработка на почвата	Интензивна обработка на почвата
Враќање на растителните остатоци	Отстранување на целото растение
Ниски температури и сенка	Високи температури и изложеност на сонце
Контролирано пасење	Прекумерна испаша
Висока почвена влажност	Ниска почвена влажност
Површински мулч	Палење на остатоци
Внесување на компост и ѓубриво	Внесување само на минерални ѓубрива
Соодветни нивоа на азот	Прекумерно ниво на неоргански азот
Висока продуктивност на растенијата	Ниска продуктивност на растенијата

**Слика 72. Биланс на јаглерод во земјоделските екосистеми**
(извор: Brady N. S., Well R. R., 2008)

Органската материја, заедно со хумусот како нејзин составен дел има повеќекратно значење за:

- » *морфолошкото диференцирање на профилот во хоризонти* (појава на органскиот (O) хоризонт, тресетниот (T), повеќе површински хумусни хоризонти: (A), A, Ato, Aoh, Aum, а учествува и во формирањето на сподичниот хоризонт (Bh).
- » *физичките својства на почвата* (структура, растреситост, водопропустливост, аерација, привидна густина, физичко-механички својства и за навлегувањето на кореновиот систем);
- » *хемиските својства на почвата* (процеси сврзани со размената на јони, капацитетот на адсорпцијата, пуферност на почвата, реакцијата на почвениот раствор и составот на почвениот раствор);
- » *исхраната на растенијата*;
- » *активноста на живите организми* и конечно
- » *плодноста на почвата*.

Во земјоделското производство се применуваат редица мерки за одржување и наголемување на содржината на хумус во почвата познати како мерки на хумизација. Со хумизацијата се постигнува збогатување на почвата со органска материја и хумус и подобрување на плодноста на почвата.

Под хумизација се подразбира антропогено зголемување на содржината на хумус во почвата.

Хумизацијата може да се врши на повеќе начини:

1. со додавање на разни органски ѓубрива (шталско ѓубре, глистал, компост, тресет, тиња од пречистителни станици за вода),
2. со зелено ѓубрење (сидерација),
3. со одгледување на многугодишни треви (фитомелиорација) и
4. со избор на соодветни плодореци.

Со првиот начин органската материја се додава директно во почвата, а со другите начини индиректно преку растенија, т.е. со нивните остатоци. Индиректните начини се ефикасни ако се произведува голема биомаса со што потесен однос на C : N. Во суви климатски услови тоа најдобро се постигнува со наводнување и со додавање на минерални ѓубрива.

Шталското претставува ѓубриво произведено во процесот на одгледување на различни видови домашни животни, како спореден производ од нивното главно производство. Со примена на шталското ѓубриво се внесува и значителна количина на органска материја во почвата, која позитивно влијае врз структурата на почвата и стабилноста на почвените агрегати, што е од особено значење за почвите со полесен механички состав и за почвите на наклонети терени, каде што постои опасност од ерозија. При ваквиот начин на ѓубрење се подобрува и капацитет на почвата за вода, при што растенијата подобро поднесуваат сушни услови на песокливи почви.

Покрај директното додавање на шталско ѓубре, компостирањето е мошне корисно и од гледиште на заштита на животната средина. Со тоа се намалува големото количество растителни отпадоци. Компостот претставува органска материја разложена по аеробен пат (со присуство на кислород), која ја подобрува структурата и ја збогатува почвата со хранливи материи. Исто така од големо значење е и користењето на калифорниски црви за производство на органско ѓубре од разни отпадоци, кое во последно време станува многу популарно (глистал). Глистеник (лумбрикултура) претставува измет од глисти (црви) што за исхрана користат шталско сурово ѓубриво. Ова ѓубриво во зависност од начинот на производство и чување, може да содржи: органска материја 44 %, азот 1,73 %, фосфор 1,42 %, калиум 1,44 %, калциум 6,74 % и магнезиум 0,98 %.

Во земјите каде што има многу тресет, тој се користи за хумизација, т. е. за мелиорирање на силно песокливи и силно глинести почви, бидејќи со неговата примена

ефикасно се подобруваат физичките својства на почвата. Што се однесува пак до тињата од пречистителните станици, истата може да се користи, но претходно е потребно да се изврши контрола на содржината на тешки метали и патогени микроорганизми во неа.

Вториот начин на хумизацијата е со зелено ѓубре (сидерати), што претставува заорување на зелената маса од одредени растителни видови. При изборот на култури за сидерација треба да се води сметка тие да имаат брз пораст, да даваат големо количество биомаса и да можат да растат и при посиромашни услови во почвата. Култури што најчесто се користат за зелено ѓубрење се: луцерка, детелина, граорица, грашок, лупина, и др.

Третиот начин на хумизација е со фитомелиорации (многугодишни природни и вештачки тревници). Покрај нивната улога во борбата против ерозија, тие имаат и други позитивни ефекти: зголемување на содржината на хумус, подобрување на структурата и на физичките својства, обезбедување на почвата со нутриенти и др.

Како четврта мерка е изборот на соодветни плодореци. Ефикасноста на оваа мерка зависи од културите во плодоредот. Ако, на пример, во нив има висок процент окопни култури, влијанието е негативно: опаѓа содржината на хумус и се влошуваат физичките својства. Обратно, ако процентот на многугодишни тревы (легуминози + граминей) е висок, содржината на хумус се одржува на повисоко ниво и се подобрува структурата на почвата. Со добра комбинација на растенијата во плодоредот може да се очекуваат позитивни ефекти.

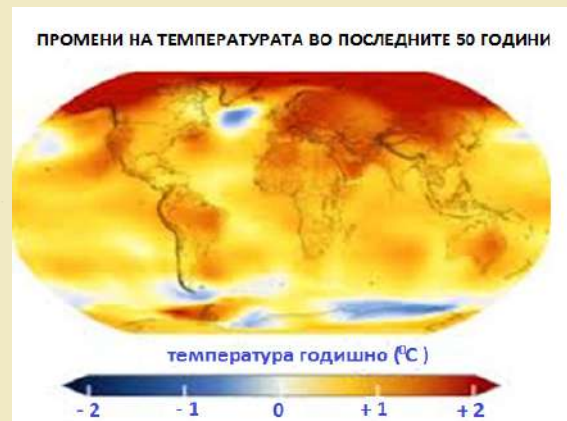
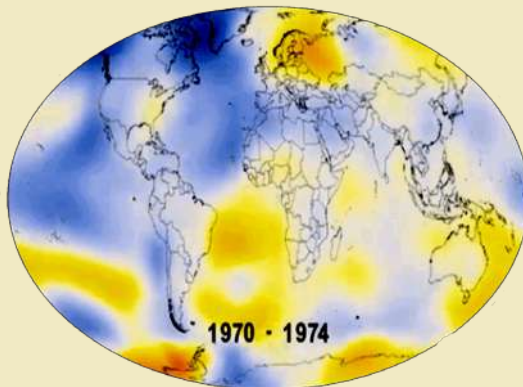
Во основа сите начини на хумизација ги имаат следниве позитивни ефекти врз својствата на почвата:

- » зголемување на содржината на хумус (органска материја);
- » подобрување на стабилноста на структурата и другите физички својства;
- » подобрување на снабдувањето на почвата со нутриенти (хранливи материи) и на атсорптивниот комплекс со калциум;
- » зголемување на капацитетот на атсорпција и пуферност на почвата;
- » намалено измивање на хранливите материи (конзервирање);
- » зголемување на бројот и активноста на корисните микроорганизми;
- » заштита од површинска ерозија и
- » овозможува деконтаминација од некои тешки метали доколку е почвата контаминирана (загадена).

Како прилог на крајот од овој дел, посебно е истакната улогата на почвата во климатските промени чии последици сè повеќе се чувствуваат.

„КЛИМАТСКИ ПРОМЕНИ - КОЈА Е УЛОГАТА НА ПОЧВАТА?“

Климатските промени претставуваат големи, долгорочни промени во глобалната клима. Главната причина за климатските промени е глобалното затоплување, предизвикано од ефектот на стаклена градина, природен процес со кој атмосферата задржува дел од сончевата топлина, овозможувајќи на Земјата да се обезбедат потребните услови за живот. Без ефектот на стаклена градина, просечната температура на Земјата би била -18°C .



Споредба на просечните t° , 2014 - 2018 наспроти 1951 - 1980

Слика 73. Затоплување на Земјата

Но, проблемот со кој се соочуваме денес е зголемувањето на ефектот на стаклена градина пред сè како резултат на активностите на човекот што предизвикуваат зголемување на температурата на Земјата.

КАДЕ Е ПОЧЕТОКОТ ?

Научниците и експертите се согласуваат дека Индустриската револуција е пресврт по која доаѓа до зголемување на емисиите на гасови во атмосферата (CO_2 , CH_4 , N_2O ...) што го прават ефектот на стаклена градина. Оттогаш па наваму, бројот на населението постојано се зголемува (во 1750 година на Земјата имало помалку од 800 милиони луѓе, а денес околу 7,7 милијарди), со немилосрдно искористување на природните ресурси, зголемување на побарувачката на енергија и производство, главно од фосилни горива. Се претпоставува дека светското население ќе брои 8 милијарди жители во 2023, а ќе стигне до 10-12 милијарди до 2100 година.

Главното влијание од овие активности е зголемувањето на глобалната температура на Земјата, која се зголеми за $1,1^{\circ}\text{C}$, иако се проценува дека до крајот на овој век, термометарот би можел да се искачи за $2,7^{\circ}\text{C}$, и покрај исполнувањето на националните планови за намалување на емисиите во некои од државите во светот.

Заедно со промените на температурата, климатските промени предизвикуваат промени и на глобалните количини на врнежи и на нивната дистрибуција. И бидејќи температурата и водата се два фактора што имаат големо влијание врз процесите што се одвиваат во почвите, тоа значи дека климатските промени предизвикуваат промени во почвите, а промените во почвите потоа влијаат врз климатските промени.

ПОЧВАТА И НЕЈЗИНАТА УЛОГА

Претходно е истакнато дека почвата е дел од екосистемот и дека има бројни функции што се значајни за опстанокот на човештвото. Почвата е природен, ограничен и за жал тешко обновлив ресурс. Човекот и еколошките системи се потпираат на почвата, која е основа за земјоделско производство и за добивање на здрава и безбедна храна. Таа ги обезбедува растенијата со вода и хранливи материи, го регулира водниот циклус и складирањето на јаглеродот. Климатските промени и влијанијата што се предизвикуваат од нив (зголемување на температурата, промената на количеството и дистрибуцијата на врнежите, поплави, суши) не само што влијаат врз нас луѓето, туку влијаат и врз тоа како почвата ги обезбедува овие услуги.

Почвите се најголемата „продавница“ на копнен јаглерод на Земјата.

Почвите играат голема улога во климатските промени. Еден од гасовите на ефектот на стаклена градина, јаглеродниот диоксид (CO_2) што ја задржува топлината во атмосферата се разменува меѓу почвата (почвениот воздух) и атмосферата.

На Земјата, почвата е најголемиот резервоар на јаглерод во форма на органска материја. Со намалување на органската материја во почвата, се ослободува поголемо количество на CO_2 во атмосферата што влијае врз климатските промени. Промените во начинот на користењето на почвите драматично можат да ги зголемат емисиите на стакленички гасови. Во анаеробни водни услови се ослободува и метанот (CH_4).



Слика 74. Резерви на јаглерод на глобално ниво во гигатони

- ✓ Најголема содржина има во литосферата (седиментните стени, образувани со милиони години);
- ✓ Океанскиот јаглерод е следната најголема резерва. Повеќе од 95 % од океанскиот јаглерод главно е присутен во форма на неоргански растворен јаглерод. Само 900 гигатони јаглерод (GtC) во површинскиот дел на океаните е достапен за размена;
- ✓ Атмосферата, иако содржи релативно помала количина на јаглерод, 839 GtC, сепак игра многу важна улога бидејќи во неа содржината на јаглерод главно е во форма на CO_2 , стакленички гасови;
- ✓ Почвите чуваат приближно 1 325 GtC во првите неколку метри и можеби дури 3 000 GtC вкупно кога се вклучени подлабоките длабочини. Тресетиштата и шумските почви се сметаат како главни базени (резервоари) на јаглерод, а во помала мера и почвите под трајни пасишта. Тресетиштата зафаќаат само 3 % од копнената површина, а содржат околу 30 % од вкупниот почвен органски јаглерод во светот. Обработливите почви на кои се одгледуваат земјоделските култури се главен извор на емисија на стакленички гасови. Конверзијата (пренамената) на тресетиштата во обработливи површини придонесува за емисија до 800

милиони тони јаглерод годишно во атмосферата. Во пермафростот (замрзната почва) има голема содржина на јаглерод, кој е климатски заштитен од разлагање, иако се повеќе оваа содржина на јаглерод станува достапна, бидејќи просечната глобална температура се зголемува и како последица на тоа доаѓа до топење на пермафростот и ослободување на јаглеродот.

Зачувувањето и зголемувањето на јаглеродот (складиран во органската материја во почвата) преку рационално (одржливо) искористување на почвата и управување со земјиштето може да помогне во ублажување на климатските промени, во борбата против деградација на почвата и квалитетот на водата и решавање на безбедноста на храната.

Значајно е почвата да биде главен фактор во нашиот одговор на справувањето со климатските промени бидејќи е втор по големина јаглероден базен по океаните. Почвите можат да бидат потенцијален резервоар за CO₂ со соодветни практики и технологии за управување. Исто така и биоотпадот може да биде значаен извор на органски јаглерод во почва доколку се применува со добри практики.

КАКО МОЖАТ ДА СЕ ИЗБЕГНАТ КЛИМАТСКИТЕ ПРОМЕНИ ?

Климатските промени се глобален предизвик што немаат граници, што значи дека е потребна координирана работа од страна на сите земји за успех во борбата за намалување на последиците.

Прво, да биде јасно дека климатските промени не можат да се избегнат. Ефектите од климатските промени веќе се чувствуваат. Но, тие можат да се намалат и да се приспособиме на последиците, односно да се бориме со примена на мерки од мали и големи размери, кои помагаат да се намалат климатските промени. Овие активности се познати како: *мерки за ублажување и приспособување на климатските промени.*

Активностите за управување со екосистемот (на пр. заштита на тресетиштата, шумските почви, примената на одржливи земјоделски практики и управување со земјоделските почви) може многу да помогнат во постигнувањето на меѓународните цели утврдени со Рамковната конвенција за климатските промени, Конвенцијата за борба против опустинувањето и Конвенцијата за биолошка разновидност.

ШТО МОЖЕ ДА СЕ СТОРИ ЗА ОДРЖУВАЊЕ И ПОДОБРУВАЊЕ НА НИВОТО НА ЈАГЛЕРОД ВО ПОЧВАТА?

Органскиот јаглерод на почвата е столб на органската материја и има големо значење за плодноста на почвата. Со текот на годините, улогата на почвите и органската материја во нив, во климатскиот систем, особено во адаптацијата и ублажувањето на климатските промени е препознаена и научно потврдена низ целиот свет.

Зголемувањето на содржината на органски јаглерод во почвите го подобрува целокупното здравје и плодност на почвите, еластичноста и одржливоста на земјоделството, како и безбедноста на храната и исхраната.

Земјоделците и другите засегнати страни можат да помогнат во намалувањето на емисијата на стакленички гасови од почвата со практики познати како Добра земјоделска практика (ДЗП). Овие активности го зголемуваат внесувањето на органска материја во почвата и го регулираат нејзиното разлагање во почвата.

Секоја година, на глобално ниво земјоделството испушта 10 до 12 проценти од вкупните проценети емисии на стакленички гасови, или близу 5,1 до 6,1 Gt еквиваленти на CO₂ годишно (извор: УНЕП Рис центар за енергија, клима и одржлив развој). Кај нас, секторот Земјоделство учествува во просек 13 % од вкупните емисии на стакленички

гасови во Земјата, и затоа е втор најголем внес во Земјата во емисиите на стакленички гасови (извор: Национален извештај за инвентар 2003 – 2009 г., Трета национална комуникација до UNFCCC, Република Македонија).

Како мерки за одржување и подобрување на нивото на јаглерод во почвата се:

- ✓ Зголемување на содржината на органски материи: постојаното дополнување на органски материи во почвата (хумизација) влијае врз подобрувањето на структурата на почвата, капацитетот за задржување на водата и хранливи материи, ја заштитува почвата од ерозија и набивање (компактност) и овозможува здрава заедница на организмите во почвата (слика 75).
- ✓ Намалување на обработката: примената на т.н. редуцирана обработка на почвата ја намалува загубата на органска материја и ја штити површината на почвата со растителниот покривач.
- ✓ Да се ограничи и контролира примената на агро-хемикалите: употребата на пестицидите и минералните ѓубрива имаат значајни придобивки, но можат да им наштетат на организмите во почвата. Понекогаш и хранливите материи од органски извори можат да загадат, кога премногу и погрешно се применуваат.
- ✓ Спречување на набивање на почвата: набивањето на почвата како резултат на движењето на тешките машини при обработката на почвата или при спроведување на некоја друга агротехничка мерка во услови кога почвата не е во оптималниот физиолошки интервал на обработка ја намалува содржината на воздух, вода и простор во почвата достапен за коренот на растенијата и организмите во почвата. Бидејќи санацијата е тешка или невозможна, превенцијата е неопходна.
- ✓ Да се намали ризикот од ерозија (покриеност на почвата со растителен покривач): почвата без вегетација е подложна на ерозија (водна, еолска), сушење и пукање.



Слика 75. Споредба на почва во која има голема количина органска материја со темна, црна боја и почва која е под влијание на интензивна обработка со мало количество органска материја и светла боја

ФАО и Глобалното партнерство за почвата (FAO/GSP) и нивниот Меѓувладин технички панел за почви (ITPS) во септември 2020 година, со задоволство го најавија објавувањето на документот „Протокол GSOC MRV“: „Протокол за мерење, следење, известување и верификација на органскиот јаглерод во почвата во земјоделските предели“.

Протоколот GSOC MRV е направен како резултат на обемен процес на истражување и консултации, во кои се вклучени голем број научници, креатори на политики, членови

на ФАО и меѓународни и меѓувладини панели од сите региони на светот. Овој протокол претставува значителен напредок за почвите ширум светот, како и за корисниците што сега ќе можат да ги измерат, пријават и проверат придобивките и промените на органски јаглерод (SOC) во почвата на ниво на фарма.

Овој документ има за цел да обезбеди рамка и стандардни методологии за мерење, следење, известување и проверка на промените во резервите на органскиот јаглерод во почвата и на отстранувањето на емисиите на стакленички гасови преку проекти во земјоделството што ќе ги применуваат практиките на одржливо управување со почвата на ниво на фарма. Предвидено е да се примени во различни земјоделски земји ширум светот, како и во кој било проект поврзан со задржувањето на органскиот јаглерод во почвата.

Најважно е што спроведувањето на протоколот GSOC MRV ги става земјоделците во центарот како клучни актери за задржувањето на јаглеродот во почвата и за намалување на влијанието на стакленичките гасови.



ВТОР ПОГЛАВЈЕ: ГЕНЕЗА И ЕВОЛУЦИЈА НА ПОЧВАТА

Во овој дел, читателот се запознава со генезата на почвата (педогенетските фактори и процеси). Секој фактор и процес одделно е објаснет, при што се добиваат знаења за нивната улога и значење за генезата на почвата.

Исто така, се добиваат информации за тоа дека почвата претставува „жив“ организам, кој со текот на времето се менува, еволуира. За подобро разбирање на промените што се случуваат во почвата, објаснети се причините и видовите на еволуција на почвата.

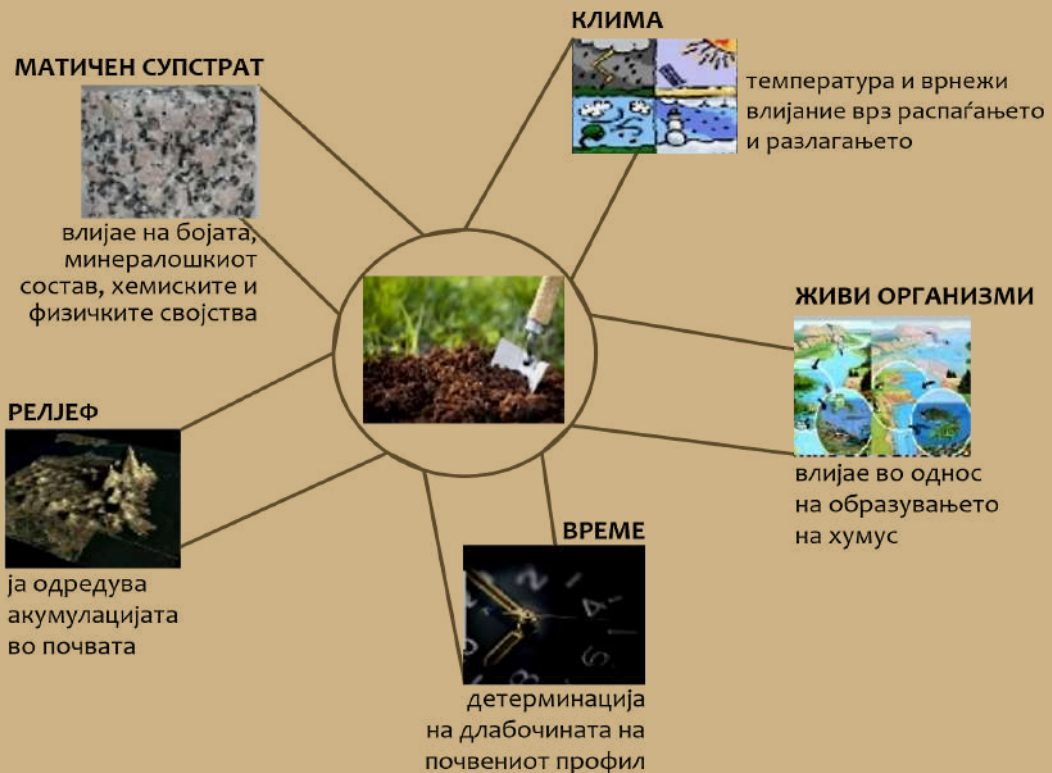
СОДРЖИНА

7. ПЕДОГЕНЕЗА	99
7.1. Педогенетски фактори	99
7.1.1. Матичниот супстрат како педогенетски фактор	100
7.1.2. Релјефот (топографијата) како педогенетски фактор	103
7.1.3. Климата како педогенетски фактор	108
7.1.4. Живите организми како педогенетски фактор	112
7.1.5. Времето како педогенетски фактор	114
7.1.6. Човекот како педогенетски фактор	117
7.2. Педогенетски процеси	118
7.2.1. Распаѓање на минералите и парчиња стени во почвата и образување на нови минерали	121
7.2.2. Синтеза и декомпозиција (разлагање) на органските материи во почвата	123
7.2.3. Преместување (транслокација) на материите во почвата	125
7.2.4. Антропогени процеси (антропогенизација) во почвата	131
8. ЕВОЛУЦИЈА НА ПОЧВАТА	133

7. ПЕДОГЕНЕЗА

7.1. Педогенетски фактори

Почвата е производ на средината во која се јавува. Во нејзиното образување (педогенеза) и понатамошно менување (еволуција) учествуваат повеќе фактори што се означени како педогенетски фактори. Овие факторите се меѓузависни, делуваат истовремено и заеднички, со текот на времето нивната комбинација се менува и како резултат на тоа, во природата се образуваат различни почвени типови.



Слика 76. Влијание на педогенетските фактори врз образувањето на почвата

Постојат пет природни педогенетски фактори: матичен супстрат, живи организми, релјеф, клима и време. Покрај овие пет, додаден е и факторот човек, кој силно ги менува природните почви, создавајќи нови антропогени почви. Во некои учебници по педологија како педогенетски фактори се опишани и хидрографските услови (површинските и плитките подземни води).

Природна почва = функција (матичен супстрат, живи организми, релјеф, клима и време)
 Антропогена почва = функција (човек)

Според В. В. Докучаев, педогенетските фактори не дејствуваат изолирано. Тие сите делуваат заедно и истовремено во образувањето на почвата. Во некои случаи,

еден фактор може да биде доминантен, односно поважен од некој друг фактор, но несомнено е дека сите учествуваат во образувањето на почвата. Оваа „позначајна улога“ на некој од факторите е причина за појавата на т.н. секвенци, односно низа од почви, кои се разликуваат едни од други примарно поради доминантната улога на еден од педогенетските фактори.

Факторите не само што дејствуваат врз почвата, тие дејствуваат и меѓу себе, а и почвата влијае врз факторите. Пример, климата влијае врз вегетацијата, вегетацијата ја менува микроклимата, а почвата исто така ја менува микроклимата и микрорелјефот, кои пак го менуваат растителниот покрив (вегетацијата).

Со текот на времето, констелацијата (комбинацијата) на педогенетските фактори се менува. За ова доказ се т.н. реликтни почви, кои имаат карактеристики од некое друго време бидејќи се образувани во поинакви услови од денешниве.

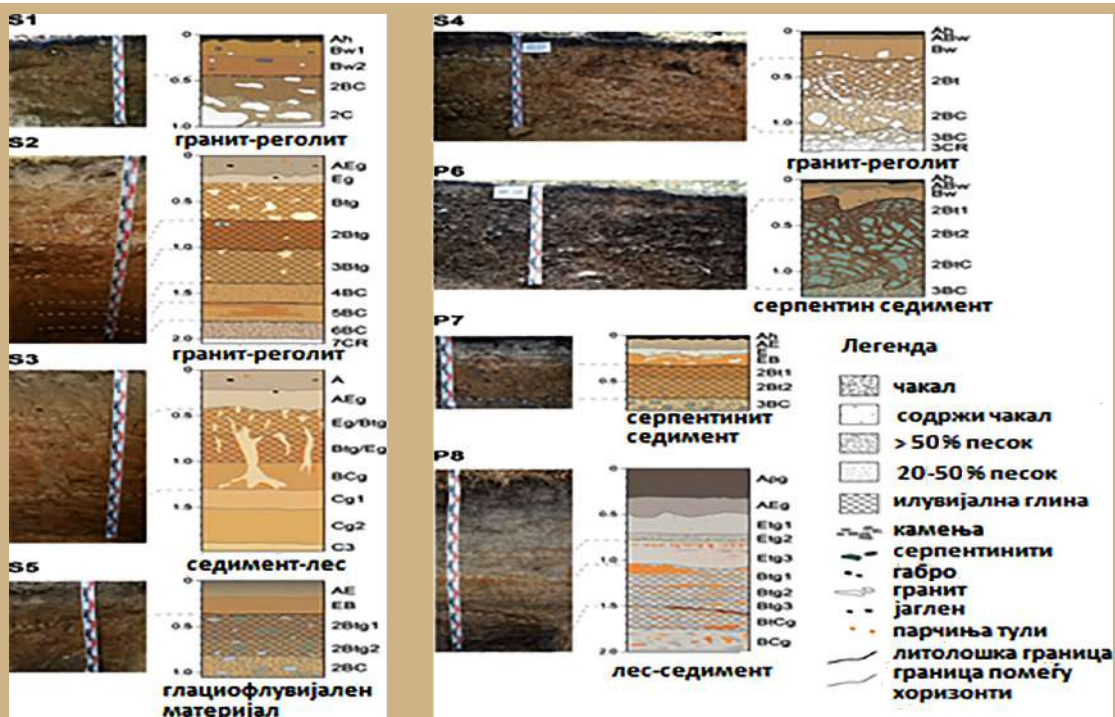
Во понатамошниот текст е објаснета улогата и значењето на секој фактор одделно, во образувањето на почвата и нејзините карактеристики.

7.1.1. Матичниот супстрат како педогенетски фактор

Под *матична стена* се подразбира компактна стена врз која се образува почвата или од која се добива растресита стена од која се образува почвата.

Матичниот супстрат (родителски материјал) е растресит, несврзан материјал и претставува основен фактор потребен за образување на почвата. Од неговиот состав и својства зависи интензитетот и карактерот на педогенетските процеси, како и својствата на образуваните почви.

При опишувањето на делот (стени, минерали, распаѓање и образување на реголитот), дадени се многу информации и објаснувања што тука се резимирани, односно се истакнува влијанието на матичниот супстрат не само за педогенезата, туку и за својствата на почвата.



Слика 77. Образување на почвите врз различни супстрати

За педогенезата, многу е значајно дали супстратот е компактна стена, или растресит транспортиран седимент. Кога е супстратот компактна стена, распаѓањето (детритацијата) и педогенезата се одвиваат бавно и се образуваат плитки почви. Врз овој супстрат најчесто се образуваат почвите во планинските реони. Врз растресит транспортиран реголит, процесите течат побргу и се образуваат длабоки почви. Врз овој супстрат се образуваат земјоделските почви во котлините, рамнините и речните долини.

Влијанието на супстратот најмногу доаѓа до израз кај младите слабо развиени почви (литогени почви), каде што педогенезата е во почетна фаза. Кај нив скоро и да нема разлики помеѓу супстратот и почвите, во однос на минералошкиот состав и својствата. Не случајно кај овие почви, супстратот е важен критериум во класификацијата на почвите, особено кај оние со почвен тип на профилот (A)-C и A-C.

Покрај генетски младите слабо развиени почви, во литогени спаѓаат и некои добро развиени почви врз тврди компактни варовници и доломити.

Влијанието на растреситиот супстрат (реголит) силно се одразува врз следниве својства на почвата:

- врз *механичкиот состав и својствата на почвата* што се во тесна корелација со него (структура, порозност, конзистенција, адсорптивна способност, водно-воздушните и топлотните својства). Почвите образувани врз погруб, песклив супстрат се карактеризираат со поголема пропустливост, послаба водозадржливост, посилено се промиваат, побргу осиромашуваат во бази и се закиселуваат и побргу текстурно диференцираат. Обратно, почвите образувани врз глинест супстрат се послабо водопроницави, посилено водозадржливи, содржат базични материи, потешко се промиваат и текстурно диференцираат. При заситување со вода, во нив се јавуваат анаеробни услови;
- врз *длабочина на почвата и моќноста на одделните хоризонти*. Почвите образувани врз растресити супстрати имаат подлабок солум во однос на почвите што се образуваат врз цврсти компактни супстрати (стени). Почвите образувани врз груби наноси се плитки бидејќи водата не се задржува подолго време за одвивање на хемиското распаѓање и за снабдување на растенијата. Врз иловици што добро ја пропуштаат и задржуваат водата, профилот е подлабок. Почвите образувани врз пофини наноси содржат повеќе органска материја (поголемо образување, а побавно разложување) во однос на почвите образувани врз погруби наноси;
- врз *бојата на почвата*. Кај младите слабо развиени почви, бојата е иста или слична со бојата на супстратот. Со текот на педогенезата и еволуцијата, под влијание на други фактори (клима, живи организми) и педогенетски процеси, бојата на почвата се менува. Пример, почвите образувани врз жолт лес имаат црна или кафеава боја;
- врз *минералошкиот состав* на почвата. Слабо развиените почви многу малку се разликуваат од супстратот во споредба со постарите развиени почви каде што разликите во минералошкиот состав се поголеми. За педогенезата и својствата на почвата од големо значење е и односот меѓу резистентните (отпорни) на хемиско распаѓање и распадливите минерали. Доколку во реголитот и почвата има повеќе распадливи минерали, дотолку педогенезата се одвива побргу и обратно. Со побрзо одвивање на педогенезата се образува глина и профилот текстурно се диференцира со нејзиното преместување или акумулирање;
- врз *хемискиот состав и хемиските својства* на почвата. Од посебно значење за почвата е содржината на растворливи соли и CaCO_3 во седиментите;
- на крајот и *врз плодноста на почвата*. Производните својства на почвата зависат од супстратот. Неговото влијание се одразува преку длабочината на физиолошки активниот слој на почвата со сите негови својства, како и водно-воздушниот и топлотниот режим. Поголемото присуство на минерали во него што полесно хемиски се распаѓаат овозможува ослободување и на растворливи хранливи

елементи (Ca, Mg, K, P, Fe, микроелементи) достапни за растенијата.

Ова објаснување за влијанието на матичниот супстрат врз образувањето и својствата на почвата се однесува на неговата еднообразност по целата негова длабочина. Но, во природата често се среќаваат супстрати што се слоевити. Нивните, слоеви може да се разликуваат по својот механички и минералошко-петрографски состав и тие како такви влегуваат во почвата кога таа се образува од таков супстрат. Ова е многу чест случај кај колувијалните и алувијалните почви. Границата меѓу слоевите посебно се означува и се вика литолошки дисконтинуитет. На тој начин, еден хоризонт може да опфаќа два слоја или повеќе, или два хоризонта да се образуваат од еден слој, а третиот од друг. Исто така, некои наноси како вулкански пепел и лес можат да се пренесуваат и таложат врз поранешни стени или почви. Кај таквите профили, еден хоризонт на пример, хоризонтот А може да се образува од лес, а другите хоризонти од постариот супстрат, или од постарите почви што се покриени со лес. Појавата на слоевитост може да биде главна причина за одвивање на некои специфични процеси во почвата, на пример во псевдоглејот.

Влијанието на компактните стени врз педогенезата и својствата на почвата доаѓа до израз кај почвите образувани во планинските предели. Во планинските предели, почвите се образувани директно врз компактни стени што се со хетероген минералошко-петрографски и механички состав, а се разликуваат и по својата старост. Матичните стени се менуваат често, на мали растојанија, и често се мозаични. Тоа е една од најважните причини и за хетерогеноста и за мозаичноста на почвениот покривач.

Педогенезата врз компактните стени битно се разликува од онаа врз растреситите супстрати. Врз компактните стени таа се одвива бавно бидејќи се случува истовремено со детритацијата. Прво, започнува под влијание на лишаите и мховите, а потоа и на вишите растенија. Врз такви стени се образуваат плитки почви, богати со парчиња скелет, а под солумот се јавува компактна стена R или, ако е детритацијата нешто побрза, хоризонт C, а под него R.

Почвите образувани од некарбонатни стени (од еруптивни и дел од метаморфни), во прво време од супстратот наследуваат само примарни минерали од кои подоцна во текот на педогенезата се образуваат секундарни минерали. Почвите образувани врз карбонатни компактни стени од супстратот наследуваат и секундарни минерали што се наоѓаат во силикатниот резидиум ослободен со декарбонатизација. Освен тоа, почвите образувани врз некарбонатни стени се образуваат од целокупната маса на стените, односно од сите минерали, додека врз компактните и чисти карбонатни стени, почвите се образуваат од мал дел на стената (често под 1 % силикатен резидиум), додека другиот дел на стените се губи со декарбонатизација. Овој процес е многу бавен. Потребно е долго време да се растворот огромни количества CaCO_3 и да се ослободи многу малото количество силикатен резидиум (8 000 до 10 000 години за 1 cm почва).

Минералошкиот состав на стените, нивната текстура, како и отпорноста на распаѓање битно влијаат врз образувањето и својствата на почвите. Почвите образувани врз кисели стени се образуваат побавно. Тие се посветло обоени, покисели и посилено промиени во однос на почвите образувани врз базичните стени. Киселите стени се богати со SiO_2 и сиромашни со лесно распадливите минерали, и Ca, Mg и Fe, а во базичните стени состојбата е обратна и педогенезата се одвива побргу. Образованите почви содржат повеќе глина и базични материи, имаат ретко изразена киселост и посилено се обоени (кафеави, црвеникави, темни).

Во нашата земја, матичниот супстрат се разликува и менува на мали растојанија, и тоа е една од причините за шареноликоста на почвениот покривач.

Серија од соседни почви, што меѓусебно се разликуваат првенствено поради разликите во супстратот од кој се образувале, се означува како литосеквенца.



Слика 78. Различни супстрати врз кои се образува почвата

7.1.2. Релјефот (топографијата) како педогенетски фактор

Под релјеф се подразбираат формите на земјината површина што се образувани и постојано се менуваат под влијание на внатрешни (ендогени) и надворешни (егзогени) природни сили. Релјефот претставува височина и нерамност на теренот.

Во зависност од висинската разлика помеѓу најниските и највисоките точки на релјефот, се разликуваат три основни категории: *макрорелјеф* (планински релјеф), каде што разликите изнесуваат неколку стотици метри, *мезорелјеф* (брановиден релјеф), разликите се од 1 до 10 m и *микрорелјеф* (релјефот на рамните терени), каде разликите се помали од 1 m.

Релјефските фактори влијаат врз образувањето на почвите и развојот на растенијата. Во релјефски фактори спаѓаат: *форми на релјеф*, *наклон*, *експозиција* и *надморска височина*.

Релјефот се јавува во различни форми: рамни, високи (возвишенија) и вдлабнати (депресии), кои имаат различен наклон или пад. Под наклон или пад се подразбира аголот што релјефската форма го образува со хоризонталната површина.

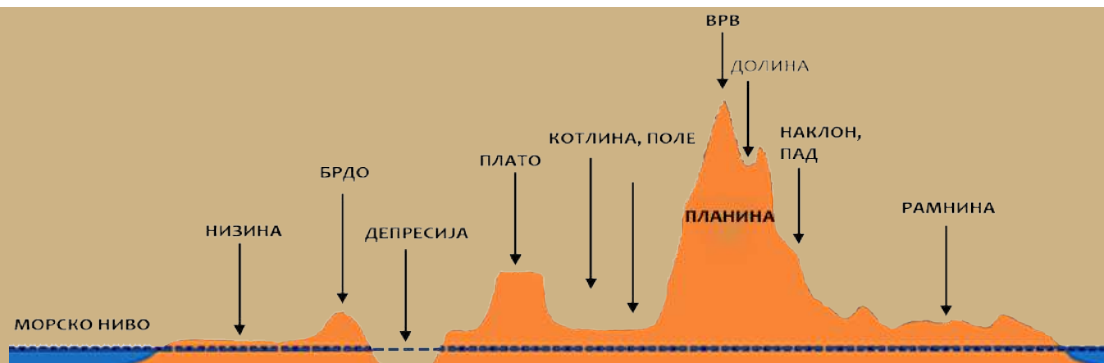
Во генезата на почвата, релјефот не претставува извор на енергија и материи за образување на почвата, туку тој врши нивна распределба на почвената површина. Според некои автори, улога на релјефот е непосредна и посредна.

Непосредната улога на релјефот се одразува врз површинската ерозија на почвите, односно врз распределбата на почвената маса што се пренесува со атмосферските врнежи,

ветерот и гравитацијата од повисоките релјефски форми и се таложи во нивното подножје или на порамните терени. При преместувањето на почвената маса под влијание на водата, повеќе до израз доаѓа влијанието на наклонот и неговата должина. Колку е наклонот поголем и подолг, интензитетот на ерозијата е поголем. Покрај наклонот и неговата должина, влијание врз ерозијата има и експозицијата. Во нашите климатски услови, ерозијата е поголема на јужните експозиции бидејќи се тие потопли, снегот побрзо се топи и механичкото дејство на водата е поголемо.

Експозицијата и големината на наклонот се исто така значајни модификатори на климата, а со тоа и важни фактори што влијаат врз шареноликиот почвен покривач во планинско-брдските терени. Експозицијата влијае врз количеството на сончева енергија (топлина) што ја прима наклонот. Наклоните свртени на југ и со поголем пад и тие свртени кон запад примаат повеќе топлина отколку наклоните свртени кон север и исток. Затоа почвите образувани на јужни и западни експозиции се потопли и посуви. Овој ефект се забележува и кај вегетацијата што расте на различни експозиции.

Наклонот влијае врз прераспределбата на атмосферските врнежи што доаѓаат на почвената површина, т.е. врз односот помеѓу количината на вода што истечува од површината и онаа што се впира и процедува во подлабоките хоризонти на почвата. Почвите на рамните релјефски форми теоретски ја впираат скоро целата вода што доаѓа на нивната површина. Почвите образувани на наклоните впираат значително помалку поради истечувањето, а негативните релјефски форми (депресиите) впираат повеќе, бидејќи покрај впиената вода од врнежите, добиваат и дополнително водно количество што се слива од наклонетите повисоки терени. Така почвите во депресиите се повеќе влажни и послабо дренирани од останатите.



Слика 79. Различни релјефски форми впираат различна количина на атмосферски врнежи

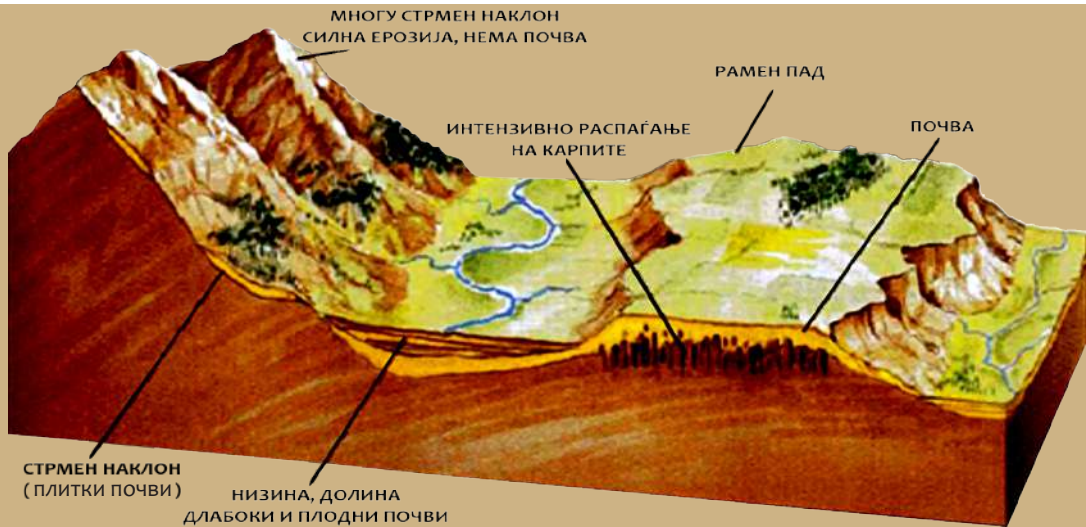


Слика 80. Шематски приказ на дренираност на почвите

Почвите образувани во планинските области се разликуваат од почвите во рамните области. На слика 81 е прикажан шематски тридимензионален поглед на пејзажот и

образувањето на почвите. Почвите на стрмните падини се еродирани или плитки, а во рамните терени (котлини, долини) се подлабоки.

Релјефските услови при кои се образуваат почвите, силно влијаат врз појавата на следниве почвени карактеристики: *длабочина на почвата и на хумусниот хоризонт, врз механичкиот состав, водниот и топлотниот режим, врз содржината на хумус, базични елементи и врз присуството на хранливи елементи во достапна форма за растенијата.* Па така, длабочината на почвата и на хумусниот хоризонт, како и содржината на хранливи елементи достапни за растенијата, по правило се најмали во почвите во горните делови на наклонот, а најголеми во почвите на релјефските вдлабнатини. Плитките почви на стрмните наклони содржат повеќе груби (крупни) фракции механички елементи (скелет, камења, чакал) и имаат неповолен воден и топлотен режим, за разлика од почвите во подножјето и рамнините.



Слика 81. Влијание на релјефот врз образувањето на почвата

Оттука може да се каже дека непосредното влијание на релјефот се одразува и врз плодноста на почвите, како и врз начинот на нивното искористување. Најплодните почви се распространети на терени со мал наклон, рамните терени и речните долини и затоа имаат најголемо значење за земјоделското производство.



Слика 82. Распределба на седиментите во зависност од релјефските форми

Посредната улога на релјефот доаѓа до израз во планинско-брдските реони. Со својата надморска височина, релјефот влијае врз климатските услови, правецот на воздушните маси (ветерот), количината и распределбата на врнежите, а преку експозицијата и наклонот врз количината на светлина, топлина и вода што доаѓаат до почвената површина.

На планинскиот релјеф, со наголемување на надморската височина, се наголемува количеството врнежи, се намалува температурата и се засилуваат температурните екстрими, расте релативната влажност на воздухот, се намалува евапорацијата, а почвата станува поладна и повлажна и се менува насоката на педогенетски процеси. Се засилува физичкото, а намалува хемиското распаѓање, се засилува акумулацијата на хумус (послаба минерализација), промивањето, дебазификацијата и ацидификацијата.

Релјефските форми влијаат и врз педогенетските процеси. Во најниските релјефски форми (депресиите), како резултат на заситеност со вода во дел од почвата или низ целиот профил, аерацијата е отежната и има недостиг на кислород. Редица соединенија се редуцираат (Fe и Mn) и забрзано се губат. Тука, и процесите на разлагање на органската материја и распаѓањето на некои минерали се забавени.

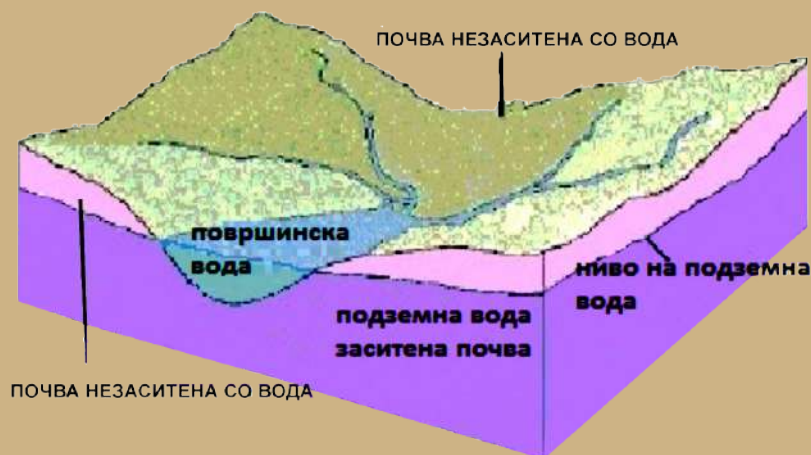
Во аридни и семиаридни услови, негативните форми на релјефот влијаат врз акумулацијата на растворливи соли. Растворливите соли по капиларен пат се движат нагоре, доаѓајќи до самата почвена површина, при што водата испарува, а солите се акумулираат, често пати и во количини токсични за растенијата.

Почвите за чие образување е значајна одредена релјефска форма се т.н. топогени почви. Помеѓу позначајните топогени почви спаѓаат почвите образувани на планинските наклони и почвите образувани во речните долини. Покрај овие, во истата група спаѓаат и некои типично рамничарски почви, како што е псевдоглејот.

Низ релјефот, како низ призма, се прекршуваат сите климатски елементи во своето влијание врз почвата и затоа тие го менуваат својот интензитет на разните релјефски форми. Па така, во услови на иста атмосферска клима и ист матичен супстрат, во почвата се создава различна педоклима, со различен воден и тоplotен режим.

Група од соседни почви што меѓусебно се разликуваат првенствено поради разликите во релјефот, се означува како тоposesеквенца.

Релјефот е главен фактор и на движењето на површинските и подземните води. Со движењето на површинските води т.е. водите што доаѓаат од врнежите и не се впиваат во почвата се врши ерозија и нанесување, односно однесување од едно и таложување на честичките на друго место.



Слика 83. Шематски приказ на површински и подземни води

Од релјефот зависи длабочината на нивото на подземните води. Нивото на подземните води не е рамно и има свој релјеф. Тој не е паралелен со површинската топографија на теренот. Во ниските, негативни форми на релјефот, нивото на подземните води се доближува до почвената површина и со тоа предизвикува хидроморфни услови и образување на хидроморфни почви. Доколку подземните води се засолени и плитки се образуваат солени (халоморфни) почви.

Релјефот на Р Македонија и неговото значење за земјоделското производство

Нашата Република е планинска земја и нејзиниот релјеф има изразита вертикална расчлененост. Планините зафаќаат околу 2/3, а котлините околу 1/3 од нејзината територија (слика 84).



Слика 84. Релјеф на Р Македонија
(извор: MASIS, Педолошка карта на Р Македонија)

Од прикажаната слика може да се види дека високите планини како на шаховска табла се сменуваат со тектонските котлини, кои меѓусебно се поврзани со повисоки превали или со речни клисури. И двете, силно се разликуваат по своите својства, па и по своите почви.

Познавањето на релјефот и неговото влијание има големо значење за земјоделското производство, бидејќи на различни релјефски форми се образуваат почви со различна плодност. Изборот на култури, како и разните мелиоративни мерки исто така се поврзани со релјефските форми. Пример, негативните форми на релјефот (депресиите) често страдаат од силно влажење и затоа се одводнуваат и се заштитуваат од надворешни површински води, а на наклонетите терени се преземаат разни противерозивни мерки. Или, кога станува збор за начинот на наводнување, рамните терени се наводнуваат

гравитационо, а нерамните (брановидните) се наводнуваат со вештачки дожд, систем капка по капка, и на тој начин се намалува опасноста од појава на ерозија.

Од гледиштето на влијанието на релјефот врз генезата на нашите почви и за земјоделството, Филиповски Ѓ. (1995) ја дава следнава класификација:

I. Планински релјеф (орорелјеф):

1. флувиоденундационен релјеф;
2. карстен релјеф;
3. глационивационен релјеф.

II. Релјеф на котлините (мезо и микрорелјеф):

1. вулкански релјеф;
2. брановидно ритчест (флувиоденундационен) релјеф и езерски тераси;
3. флувиоакумулационен релјеф;
 - а) алувијални рамнини;
 - б) падински релјеф (плавини, наносни конуси).

Најголем дел од земјоделските почви во нашата земја е образуван во релјефните форми од втората група.

7.1.3. Климата како педогенетски фактор

За разлика од другите педогенетски фактори, климата е многу сложен и комплексен фактор. Таа е највлијателниот фактор од сите останати што дејствуваат врз супстратот и го одредуваат интензитетот на неговото распаѓање. Климатските фактори спаѓаат во групата на активни педогенетски фактори чие влијание е започнато уште пред образување на почвата, предизвикувајќи физичко и хемиско распаѓање на стениите и образување на реголит. Нивното влијание продолжува и врз реголитот од кој се образува почвата и во нејзината еволуција.

Во последно време се истакнува дека климата не само што е најважниот извор на енергија, туку е важен извор на материјал од кој се образуваат почвите.

За разлика од другите фактори (матичен супстрат, релјеф) чии влијанија се забележуваат на локални мали растојанија, влијанието на климата (климатските фактори) се манифестира во глобални светски размери. Нејзиното значење како фактор доаѓа до израз кај постарите почви бидејќи е потребен подолг период на време за да се манифестира нејзиното влијание. Низ времето, климата се менувала, а доказ за тоа се т.н. реликтни почви или палеосоли, кои носат печат (траги) од минатите клими (палеоклими), отколку од современата денешна клима.

За разлика од макроклимата, почвата има и своја педоклима, која е одраз на водниот и топлотниот режим на самата почва. Често пати тие силно се разликуваат.

За да се објасни влијанието на климата како педогенетски фактор, неопходно е да се разгледа преку дејствувањето на *сончевата енергија* и *атмосферата*.

Сончевата енергија доаѓа директно до почвената површина и на тој начин влијае врз топлотниот режим на почвата. Топлината влијае врз брзината на хемиските реакции во почвата. Индиректното влијание на сончевата енергија се манифестира преку процесот на фотосинтеза кога се образува органска материја во почвата, а таа се акумулира како хемиска енергија, и потоа се троши од страна на микроорганизмите во процесите на минерализација и во други процеси.

Атмосферата своето влијание врз почвата, педогенезата и почвените својства го манифестира преку врнежите, температурата, ветровите и преку интензитетот на транспирација и евапорација.

Трите педогенетски процеси во почвата (распаѓање на минералите, синтеза и

разлагање на органската материја и преместувањето на материите) се поврзани со влијанието на климатските фактори (врнежи и температура).

Температурата и врнежите делуваат комбинирано, иако при наголемување на количеството врнежи во услови на иста температура, или со наголемување на температурата при исто количество врнежи, процесите во почвата се одвиваат во различни насоки.

Во првиот случај во почвата се наголемува содржината на органска материја поради поголемото влажење, се зголемува процентот на хумус и азот, и се наголемува капацитетот за адсорпција на јони. Понатаму се интензивира процесот на хемиско распаѓање и во почвата се наголемува содржината на глина во однос на супстратот. Како резултат на промивањето на сите растворливи материи (алкални и земноалкални, вклучително и на други хранливи елементи), почвата се закиселува и текстурно се диференцира. Во вакви услови се образува кисел хумус, почвениот раствор исто така се закиселува и се менува составот на јоните во почвениот адсорптивен комплекс. Киселите јони (H^+ и Al^{3+}) ги заменуваат базичните јони (Ca^{2+} , Mg^{2+}).

Во вториот случај се засилува интензитетот на минерализација на органската материја и се намалува содржината на хумус во почвата, расте интензитетот и длабочината на хемиското распаѓање. За овие услови во почвата важи Вант-Хофовото правило, според кое за секој $10^\circ C$, брзината на хемиските реакции расте 2 до 4 пати. Зголемениот интензитет на хемиско распаѓање на минералите е резултат и на поголемото дисоцирање на молекулите вода, при повисока температура. Во почвите образувани во топлиите реони (тропски и суптропски области), хемиското распаѓање се одвива брзо, до крајни продукти, се ослободуваат сесквиоксидите (особено Fe_2O_3) и почвите добиваат црвеникава и жолтеникава боја.

Темната (црна) боја, најчесто поврзана со содржина на органска материја во почвата се менува кон потемна, одејќи од реони со потопла кон постудена клима. Како резултат на промените во хемиските реакции, каде што е вклучено железото (Fe), почвите имаат поцрвена боја, одејќи од реони со постудена кон потопла клима.

Покрај ова, влијанието на температурата на педогенезата може да се манифестира и преку различното ефективно влажење на почвата, при различни температури. Оттука, колку е поголема температурата на почвата, толку е поголемо испарувањето на водата од површината на почвата (евапорација) и преку растенијата (транспирација). Ова значи дека, при иста впиена количина на вода во почвата, педоклимата е поаридна.

Од карактерот на врнежите и покриеноста на почвата со вегетација зависи појавата и видот на ерозија. Во услови кога е почвата без вегетација (голи површини), интензивните дождови предизвикуваат забрзана (ексесивна) ерозија, со која за кратко време се еродира дел од почвата или целиот солум или дури и самиот супстрат со сите негативни последици (губење на најактивните почвени честички, глина, хумус, хранливи елементи), при што се намалува нејзината плодност.

Преку врнежите, почвата од атмосферата со мокра депозиција добива разни материи што се распрнати во неа: растворливи соли, азотни материи, разни загадувачи (гасови од индустријата), ситни честички од прашина и др.

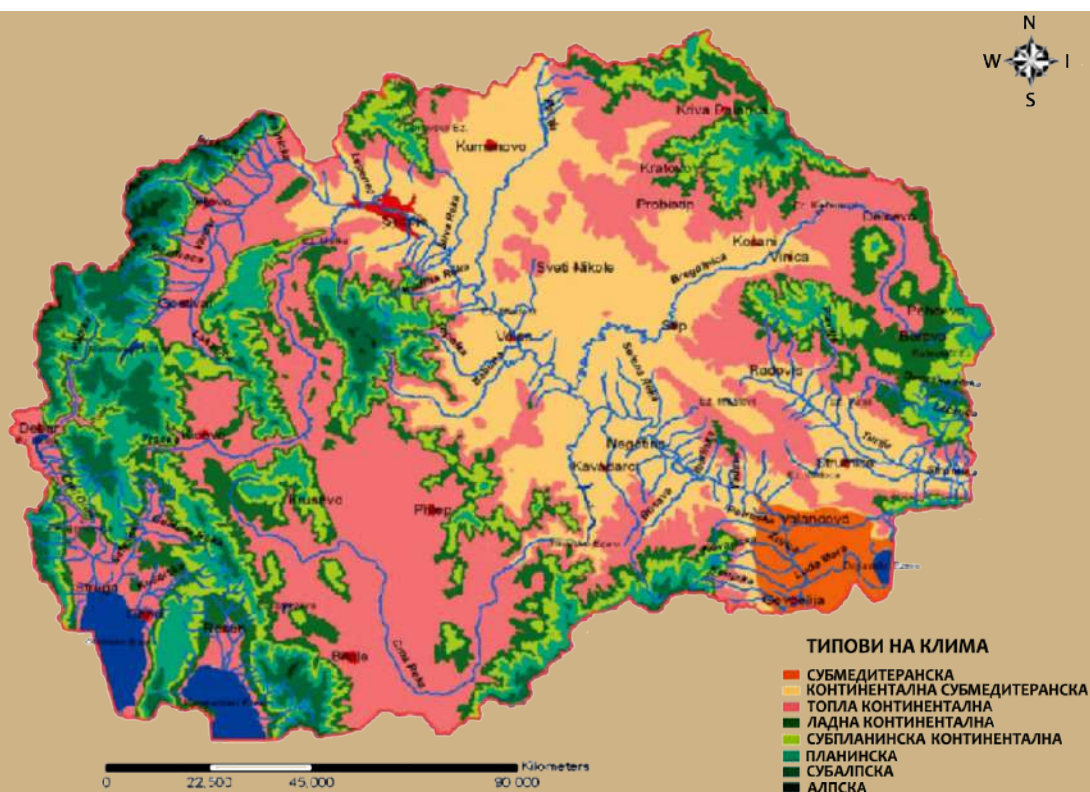
Ветерот како механички фактор предизвикува дефлација (однесување) на почвените честички од едно и акумулација на истите на друго место, а ја менува и почвената клима (педоклима), со што влијае врз микробиолошките процеси и плодноста на почвата.

Во комбинација со другите педогенетски фактори (вегетација, релјеф), климата предизвикува хоризонтална и вертикална распространетост на почвите.

Група на соседни почви, што се разликуваат првенствено поради влијанието на климата како педогенетски фактор, се означува како климосеквенца.

Климата во Македонија и нејзиното влијание врз педогенезата и распространетоста на почвите

Нашата земја е под влијание на две зонални клими (медитеранска и источноевропска умерено континентална) и една локална (планинска) клима. Тоа покажува дека во нашиот простор се комбинира влијанието на зоналните и локалните климатски влијанија што значи дека во овој простор нема дел во кој се чувствува влијанието само на една клима во чиста форма. Од аспект на реонирањето тоа е многу важно, бидејќи не може да се зборува за нашата земја како област со хомогена клима.



Слика 85. Типови на клима

(извор: Преземено од Министерството за животна средина и просторно планирање 2008. Втор национален план за климатски промени)

Главната причина за појавата на овие климатски влијанија е географската положба на нашата земја. Таа е распространета на 25 713 km², се наоѓа во јужниот дел на умерениот појас, се граничи со суптропскиот појас и се простира меѓу 40°50' и 42°20' северна географска ширина и 20°27' и 23°25' источна географска должина. Секако дека имаат влијание и редица други фактори како што се: влијанието на големите соседни копнени маси (европската и африканската), оддалеченоста од соседните мориња (Егејското и Јадранското), близината на високите планински масиви од европскиот континент, влијанието на циклоните и антициклоните од соседните области, присуството на големите водни површини (езера, вештачки акумулации). Конечно, како главен модификатор на зоналните климатски влијанија се јавува и релјефот со присуство на големи планински масиви, кои условуваат појава на вертикални климатски појаси.

Според академик Филиповски (1996), нашата земја е поделена во осум климатско-

вегетациски-почвени подрачја/региони:

1. субмедитеранско (модифицирано медитеранско) подрачје, 50 - 500 m
2. континентално-субмедитеранско подрачје до 600 m
3. топло континентално подрачје, 600 - 900 m
4. ладно континентално подрачје, 900 - 1 100 m
5. подгорско континентално-планинско подрачје, 1 100 - 1 300 m
6. горско-континентално-планинско подрачје, 1 300 - 1 650 m
7. субалпско планинско подрачје, 1 650 - 2 250 m
8. алпско планинско подрачје над 2 250 m

Во одделните климатски подрачја се јавува определена законитост во промените на трите основни педогенетски процеси.

Одејќи од првиот кон четвртиот регион, во рамките на првиот процес се јавуваат промени во акумулацијата на неразложените отпадоци и хумусот, во длабочината на хумусниот хоризонт и неговиот карактер и во составот и формата на хумусните материи. Ова е поврзано со надморската височина, при што со нејзиниот пораст се јавуваат следниве законитости: се зголемува содржината на хумус и расте длабочината на хумусниот хоризонт; сè почесто се јавува органски хоризонт со недоволно разложени органски отпадоци; се менува карактерот и типот на хумусниот хоризонт и на хумусот; се менува составот на хумусот и се намалува односот помеѓу хуминските и фулвокиселините.

Со зголемувањето на надморската височина, во рамките на вториот процес се јавуваат големи разлики во промените меѓу физичкото и хемиското распаѓање: првото се засилува, второто се намалува. Најсилно е хемиското распаѓање во првите три подрачја и не запира ни во зимно време (релативно мека зима). Одејќи од овие реони натаму, хемиското распаѓање се намалува, а физичкото се наголемува. Во алпскиот регион преовладува физичкото распаѓање, а хемиското е минимално поради многу ниските температури во поголемиот дел на годината.

Кога станува збор за процесите на транслокација (промивање на лесно растворливите соли, декарбонатизација, елувијално-илувијална транслокација и аргилна педотурбација), промените одат во следниве насоки: лесно растворливите соли се промиени во сите подрачја. Нивната акумулација е можна со асцедентно преместување ако се јавуваат палеогени седименти богати со соли (Овче Поле) или се присутни засолени подземни води во првите три подрачја; декарбонатизацијата во почвите образувани врз исти супстрати се засилува од првото кон осмото подрачје, заедно со зголемувањето на хумидноста и десцедентните движења; елувијацијата на сесквиоксидите, тесно сврзана и со киселите хумусни материи, се јавува почнувајќи од повисокиот дел на шестото подрачје, а достигнува максимум во субалпскиот регион; елувијацијата на глината се јавува главно започнувајќи од третото подрачје, продолжува во четвртото и петтото, а потоа во останатите се намалува (намалена аргилогенеза и силно кисела реакција); аргилната педотурбација е присутна само во првите три подрачја каде што се јавува изразена смена на влажна и сува сезона во текот на годината и тоа во почвите богати со монтморилонитска глина. Во останатите подрачја нема услови за образување на монтморилонит, ни за аргилна педотурбација.

Во одделните климатско вегетациски подрачја се јавуваат следните почвени типови:

- субмедитеранско (модифицирано медитеранско) подрачје 50 - 500 m, циметни шумски почви и црвеници;
- континентално-субмедитеранско подрачје до 600 m, циметни шумски почви и черноземи;
- топло континентално подрачје 600 - 900 m, преод помеѓу циметни шумски почви и лесивирани почви, при што вторите доминираат;
- ладно континентално подрачје 900 - 1 100 m, кафеави шумски почви;
- подгорско континентално-планинско подрачје 1 100 - 1 300 m, еутрични и дистрични кафеави шумски почви;

- горско-континентално-планинско подрачје 1 300 -1 650 m, оподзолени камбисоли, кафеави подзолести почви, варовничко-доломитни црници и кафеави почви врз варовник и доломит;
- субалпско планинско подрачје 1 650 - 2 250 m, кафеави подзолести почви, органогени и органоминерални варовничко-доломитни црници;
- алпско планинско подрачје над 2 250 m, варовничко-доломитни црници и ранкери.

7.1.4. Живите организми како педогенетски фактор

При опишувањето на одделните групи живи организми во почвата мошне детално е објаснета нивната природа, како и нивната улога и значење за генезата и својствата на почвата.

Тука е направено резиме на улогата и значењето за сите организми заедно, како педогенетски фактор.

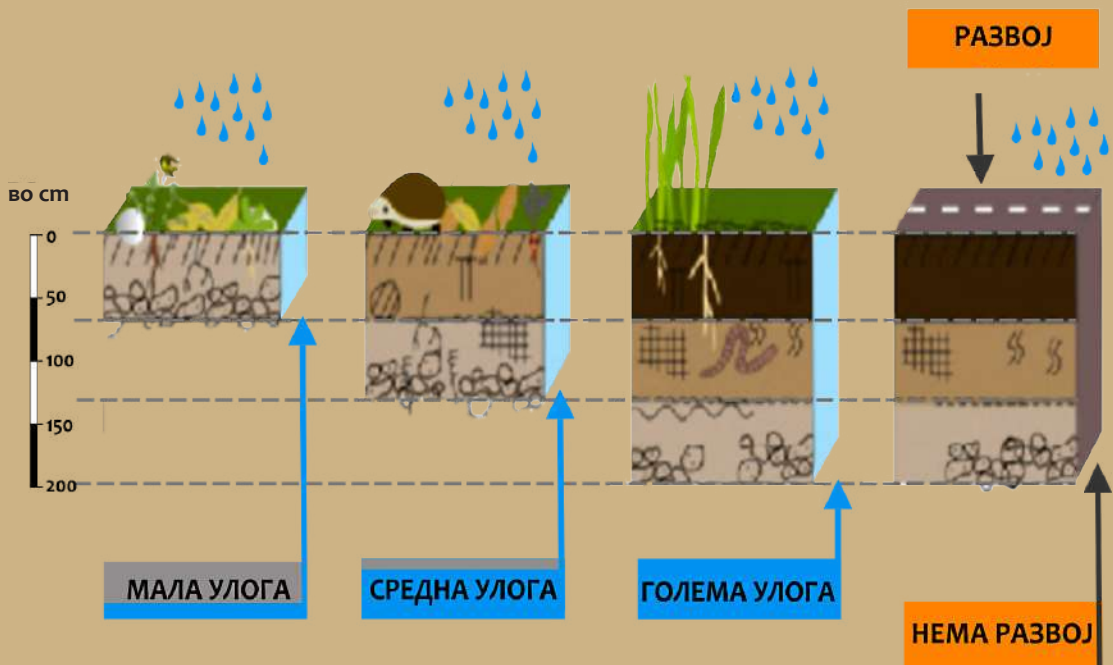
Улогата на биосферата во педогенезата на почвата е активна и пасивна. Активната е резултат на нивното влијание врз образувањето и својствата на почвата за време на нивниот живот, а пасивната е по нивното изумирање кога нивните тела и делови од тела се подложни на разни процеси на минерализација и хумификација.

- Живите организми се најважните фактори за одвивање на трите педогенетски процеси.

Образувањето на почвата започнува од моментот кога на супстратот се населуваат организми. Процесот на распаѓање (физичко и хемиско) на стените и минералите и образување на нови минерали е под нивно влијание, иако притоа делуваат и други фактори. Организмите лачат (испуштаат) разни минерални и органски киселини предизвикувајќи хемиско распаѓање на минералите, со кое се добиваат и растворливи хранливи материи.

Во вториот процес на синтеза и декомпозиција на органската материја и во малото биолошко кружно движење на материите ја имаат клучната улога овозможувајќи создавање на органскиот дел на почвата. Во горниот дел на почвата се оставаат органските отпадоци во кои полесно разложливите органски соединенија (јаглехидрати) што содржат (C, H и O) со ензимска оксидација се минерализираат до крајни продукти CO_2 и H_2O , а протеините кои покрај (C, H и O содржат и азот) со хидролиза до аминокиселини и амиди (аминизација), а овие со амонификација до NH_4 соединенија и со оксидација до NO_3 соединенија (нитрификација). Потешкоразложливите органски соединенија како лигнините и други резистентни органски материи учествуваат во многу посложени биохемиски процеси, т.е. во процеси на хумификација, при што се образува хумус. Во текот на ова разложување се ослободува енергија што е претходно акумулирана (сончева) енергија при создавање на органските материи во процес на фотосинтеза. Со оваа улога организмите учествуваат во акумулација на хумус и биогени елементи во површинскиот дел на почвата, како и на енергија потребна за одржување на идните растенија и на целиот екосистем.

Организмите учествуваат и во третиот педогенетски процес – транслокација (миграција) или преместување на материите во профилот. Особено тука е нагласена улогата на макрофауната, која ги преместува разните материи: оддолу - нагоре, одгоре - надолу и странично. Од горните слоеви на почвата, макрофауната ги вовлекува растителните отпадоци во подлабоките слоеви, а од долните слоеви изнесува значително количество почва на површината во вид на купчиња од ситни агрегати. Со ваквото мешање на материите од разните хоризонти, фауната ги менува својствата и морфологијата на почвата.



Слика 86. Улога на организмите во развојот на почвата

• Во своето влијание врз педогенезата организмите дејствуваат заедно со другите педогенетски фактори. Особено е истакнато заедничкото влијание на климата и вегетацијата, како и на релјефот преку надморската височина, при што се менуваат климата, вегетацијата, а со тоа и почвениот покривач. Па така, одејќи од екваторот кон половите на Земјата се јавуваат различни биоклиматски појаси или зони со различен почвен покривач (хоризонтална зоналност). Различни зони се јавуваат и при наголемување на надморската височина (вертикална зоналност).

Серија од соседни почви, што меѓусебно се разликуваат првенствено поради влијанието на живите организми, се означува како биосеквенца.

• Учествувајќи во сите педогенетски процеси, организмите имаат значајна улога во диференцирање на почвата во хоризонти. Повеќето хоризонти како тресетниот (Т), органскиот (О), дел од површинските хоризонти на минералните почви (моличен, охричен, умбричен) се резултат на нивната активност. Единствено фауната, со преместувањето на материите и мешањето на почвената маса (фаунална педотурбација), може да го отежнува диференцирањето на почвата на повеќе хоризонти.

• Од големо значење е нивната улога за физичките и хемиските својства на почвата. Од физичките, особено треба да се потенцира нивната улога во создавање на структурата на почвата од која зависат многу други физички својства, како и водниот, воздушниот и топлотниот режим на почвата. Организмите ја менуваат концентрацијата и составот на почвениот раствор и влијаат врз исхраната на културните растенија, создавајќи го најважното својство за земјоделските почви, а тоа е нејзината плодност, односно способност да ги снабдува културните растенија со доволно вода, храна и воздух (кислород) во текот на целата вегетација. Особено е истакнато индиректното влијание на вегетацијата врз хемиските својства преку разните форми на хумус што се образуваат во разни услови и во зависност од видот на вегетацијата. Со создавање на колоидни хумусни материи, тие имаат значење и за апсорптивната способност на почвата.



Слика 87. Заштитна улога на организмите

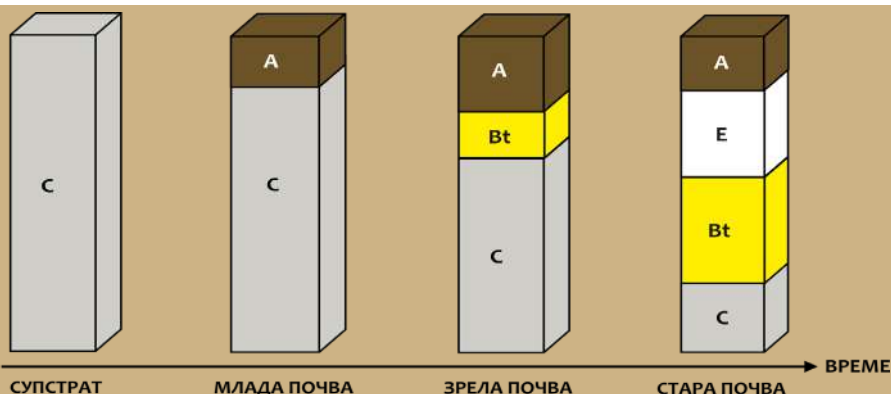
• Живите организми, пред сè вегетацијата има голема заштитна улога за почвата. Таа ја заштитува почвата од најопасниот процес на деградација – ерозијата. Исто така, влијае врз спуштање на нивото на подземните води (биодренажа). Тука да не се заборави и нејзината рекреативната улога, како и улогата на микроорганизмите во прочистување на животната средина (слика 87).

• Некои од организмите (инсекти, плевели, микроорганизми) се штетни за културните растенија и се причинители за многу болести. Исто така, при извесни услови во почвата (најчесто редукциски), под влијание на анаеробните микроорганизми може да дојде до намалување на содржината на достапни хранливи елементи за растенијата или да се јави присуство и на токсични гасови и елементи.

7.1.5. Времето како педогенетски фактор

Образувањето (генезата) на почвата не може да се замисли без факторот време. Во педологијата, факторот време се поистоветува со терминот старост на почвата.

На почетокот од учебникот е истакнато дека почвата се создава („раѓа“) од родителскиот материјал (матичен супстрат) и низ времето се менува, добива нови својства, еволуира од еден во друг почвен тип. Тоа значи дека „часовникот“ за образување на почвата почнува да отчукува од моментот кога супстратот е изложен на влијанието на педогенетските фактори. Овој момент (почеток) се означува со нула.



Слика 88. Шематски приказ на времето („старењето“) како педогенетски фактор

Времето од тој момент до денешниот ден, за секоја почва претставува *апсолутна старост* и се мери со број на години или децении, векови и милениуми. Па така, има млади почви, помлади од 100 години, но и стари почви, постари од 100 000 и повеќе години. Кога е почвата млада таа многу личи на супстратот од кој се образува, а со стареење разликите се наголемуваат. Стареењето се случува побрзо во топла и влажна клима, а побавно во сува и студена клима или на супстрати што бавно се распаѓаат.

За да биде појасно, преку пример е опишана генезата на почвата и промените во неа со минување на времето: за време на првите 100 години, лишаите и мововите ја населуваат голата стена и почнуваат да ја распаѓаат (распаѓање на минералите) и да вршат синтеза на органска материја. Во следните неколку стотини години, во продлабочениот слој на распаднатата стена и почва, разни треви, ниски грмушки и ниски дрвја ги пуштаат корењата, придонесувајќи многу за акумулацијата на органска материја и формирање на А и С-хоризонти. За време на следните 10 000 години, секвенца на шумски дрвја кои се населуваат, во комбинација со микроорганизмите ги разлагаат површинските отпадоци и се оформува О-хоризонт. Хоризонтот А, делумно се наголемува, добива потемна боја и стабилна зрнеста структура. Понатаму, под овој хоризонт се појавува светлобоена зона во која се промиваат продуктите на распаѓањето (железни оксиди, глина) под влијание на водата што се цеди и во неа растворени разни минерални и органски киселини (елувијален хоризонт Е). Овие транспортирани материјали се акумулираат во долниот подлабок дел, образувајќи го илувијалниот хоризонт В. Процесот продолжува со акумулација на повеќе силикатни глини и формирање на блокови и призматична структура, со што хоризонтот В многу јасно се разликува по својата боја, моќност и својства од останатите хоризонти. Така со текот на времето, целиот профил се продлабочува (старее), а дел од стената што не е целосно распаднат може да остане многу длабоко.

Староста на почвите може да се определува врз основа на нивната морфологија, големината на промените во нив и врз основа на староста на релјефот и супстратот.

При еднакви други услови, до колку почвата е постара, до толку профилот е подлабок, посилно диференциран на хоризонти, посилно се разликува од матичниот супстрат, хемиското распаѓање е посилно и расте односот меѓу резистентните и лесно распадливи минерали, содржи повеќе глина, која е често со поинаков минералоски состав од супстратот. Ова се објаснува и со брзината на педогенетските процеси што се одвиваат во почвата. Најбргу се одвиваат процесите на акумулација на хумус и промивање на растворливите материји, побавно процесите на декарбонизација (промивање на базите) и ацидификација (закиселување), и најбавно процесите на хемиско распаѓање на алумосиликатите, аргилогенеза и промивање на глината. Според тоа, најмлади почви се литосолите, регосолите и почвите образувани врз мошне млади алувијални и делувијални седименти, односно почвите со тип на профилот (А)-С (слика 88, вториот столб). Наспроти нив, стари почви се тие со тип на профилот А-Е-Bt-С (четвртиот столб од слика 88). Како најстари почви се тие образувани врз компактни и чисти варовници, каде што за образување на 1 cm почва е потребно 8 000 до 10 000 години (слика 89).



Слика 89. Почва образувана врз варовник
(фотографии: Маркоски М., Миткова Т., Бистра планина, 2012)

Брзината на педогенезата ги претставува промените што настануваат во единица време. Таа не зависи само од надворешните услови, туку и од резистентноста, односно отпорноста на супстратот и почвата на промени. Тука треба да се спомнат и бројот на т.н. „педогенетски денови“. Тоа се денови кога во почвата има доволно влага и топлина за одвивање на педогенезата.

Со текот на времето се менува брзината на педогенезата, при што во првите периоди на образување на почвата таа тече побрзо, сè додека не го достигне зрелиот стадиум кога настапува динамична рамнотежа на почвата со надворешните услови. Во овој стадиум промените и натаму продолжуваат, но значително побавно.

Промените можат да се изразат и со бројот на стадиуми низ кои минала почвата. Тоа претставува *релативна старост* на почвата и се мери со број на стадиуми, низ кои минала почвата, без оглед на нивното траење. Па така, може да се случи почвата да биде апсолутно стара, а релативно млада или да биде апсолутно млада, но релативно стара.

Процесите на стареење на почвата не се статични. Нулта време за почвата може да настапи и кога се случува некоја појава како што се: лизгање на земјиштето, ерозија, или погребување со нови наноси. Овие појави можат да се случат во кое било време, при што доаѓа до „рестартирање на часовникот“, и се започнува повторно од нула. Тоа значи дека на апсолутно стари супстрати не секогаш се наоѓаат апсолутно стари почви.

Процесите на образување и уништување на почвите се наизменични. Површинската транслокација (ерозија) може да биде толку силна, што придонесува почвата постојано да се наоѓа во иницијална фаза на образување.

Во исти макроклиматски услови, брзината на минување на одделните стадиуми, а со тоа и релативната старост на почвата, е различна при разни релјефски форми (рамен релјеф, терени со различен наклон, депресији), како и на супстрати што се разликуваат по хемиско-минералоскиот состав (бескарбонатни и со различна содржина на CaCO_3 , богати и сиромашни со бази и примарни силикати), и според физичките карактеристики (сврзаност, порозност, механички состав и водни својства).

На еден ист супстрат, во релативно исти други услови, може да се јават различни почви, при што сочинуваат една еволуциона серија (еволуциона секвенца) што може да се објасни со различна релативна и апсолутна старост на почвата.

Група од соседни почви што меѓусебно се разликуваат првенствено по развојниот

стадиум во кој се наоѓаат се вика еволуциони секвенци.

И покрај тоа што почвата е природна творба, која има своја генеза, карактеристики, процеси и физиономија, таа во однос на староста како биолошки процес, многу се разликува од останатиот жив свет. Не постои почва, која според нејзината старост не може да се користи за земјоделско производство. Може само со процеси на дефлација (еолска ерозија) и денудација (оголување) да ја снема, но повторно се образува под влијание на педогенетските фактори.

За земјоделското производство од големо значење е дали кога почвата минува низ одредени стадиуми, доаѓа до наголемување или намалување на нејзината плодност, односно дали доаѓа до подобрување и деградирање на нејзините својства. Од ова зависи кои агротехнички и мелиоративни мерки треба да се преземат со цел одржување и подобрување на својствата на почвата, а со тоа и нејзината плодност.

7.1.6. Човекот како педогенетски фактор

За разлика од сите претставници на живиот свет, човекот може да се разгледува како посебен жив ентитет, кој ја менува почвата. Ниту еден од педогенетските фактори не може да предизвика толку брзи и големи промени во почвата, па и пошироко во екосистемот, како што тоа може да го направи човекот.

Во денешно време, многу мал дел од почвите не се под влијание на човекот. Во определен период од неговиот развој, претворајќи ги природните почви во предмет за работа, човекот станува многу активен педогенетски фактор.

Почвата е од витално значење за човештвото. Но, интересот на човекот и неговото влијание врз почвата се менувал, и тоа правопрпорционално со општествениот развој и развојот на техниката и технологијата. Па така, во првобитното општество, неговото влијание врз почвата било преку обработката, при што биле користени примитивни орудја, за разлика од денес, кога за обработка и за изведба на разни мелиоративни зафати се користат модерни машини, што му овозможуваат на големи површини да ги менува почвите (нивниот состав, својства и др.), во насока на зголемување на нивната продуктивна способност.

Во денешно време, како резултат на развиената технологија и земјоделска наука, посебно во високо развиените земји со напредното земјоделство, човекот сè повеќе станува доминантен фактор во генезата и еволуцијата на почвата. Во таа насока, човекот плански, користејќи ги научните сознанија и можности што ги дава современата техника и технологија, повеќе не се ориентира кон изборот на културите за одгледување, туку кон промените на составот и својствата на почвата за потребите на културите што сака да ги одгледува.

Со ваквото искористување, човекот ја нарушува претходната природна рамнотежа во почвата, како и меѓу одделните педогенетски фактори, и создава нов амбиент. Тој може толку многу да ги измени почвените својства, текот и правецот на педогенезата и еволуцијата, така што од природните почви да добие сосем нови антропогени почви, кои дотогаш не постоеле во природата. При тоа, влијанието на човекот врз почвата може да биде директно и индиректно, како и позитивно и негативно.

Создавањето на нови почви и сите промени што ги предизвикува човекот во природните почви се означуваат како антропогенизација, а таквите почви се викаат антропогени почви.

Антропогенизацијата може да се врши преку активности во земјоделството или преку други дејности на човекот. Во зависност од тоа, таа се означува како агрогена и техногена.

Со антропогенизацијата, почвите можат да се уништат или да се намали нивната

плодност и продуктивност (негативна антропогенизација или деградација), или да се подобрат (позитивна антропогенизација).

Индириктното влијание на човекот се состои во тоа, што тој силно го изменува влијанието на другите педогенетски фактори, а со примената на голем број агротехнички и мелиоративни мерки, тој директно ги менува својствата и процесите во почвата.

Промените што ги предизвикува човекот кај другите фактори и во почвата, можат да се прикажат како:

- » *влијание врз организмите и органската материја во почвата;*
- » *влијание врз минералниот дел на почвата;*
- » *влијание врз релјефот;*
- » *влијание врз педоклимата и микроклимата и*
- » *создавање на нови, антропогени почви.*

Промените започнуваат и се најсилни кога човекот ја разорува и пали природната вегетација и ги претвора природните почви во земјоделски. Со овие активности, директно се намалува содржината на органска материја, а со жетва на културните растенија се одземаат од биолошкиот циклус растителните отпадоци. Со разорување силно се изменува и почвената макрофауна, вклучително и корисните микроорганизми. Интензитетот на намалување на органската материја во земјоделските почви може да продолжи, особено ако, покрај обработката, не се применуваат и други мерки (хумизација). Со одгледување на растенија во плодоред, човекот може да ја намали или наголеми содржината на разни биогени елементи (на пример, азотните материи при одгледувањето на легуминозни растенија). Слично дејство има и зеленото ѓубрење. Некои растенија (многогодишни треви) ја подобруваат структурата на почвата, ја наголемуваат содржината на хумус во почвата, бројот на макрофауната и микроорганизмите, и се користат во борба против ерозијата.

Со ѓубрење и примена на хемиски мелиорации (калцизација и гипсирање), човекот влијае врз минералниот дел и врз хемиските својства на почвата, а со примената на т.н. теренски мелиорации го менува почвениот релјеф (пример, со рамнење пред наводнување, терасирање, фертилизационо наводнување и др). Релјефот се менува и со ерозија, која може да биде предизвикана од човекот како резултат на неправилно искористување на почвите.

Со хидротехничките мелиорации (одводнување и наводнување), човекот го менува водниот, воздушниот и топлотниот режим на почвата, т.е. се менува педоклимата.

Топлотниот режим на почвата се менува и со мулчирање, покривање со црни најлони. Во некои земји во светот, се применува и директно загревање на почвата со поставување на цевки во почвената маса во кои тече природна топла вода.

Со сите овие промени, човекот создава нови антропогени почви што се разликуваат од претходните природни почви.

7.2. Педогенетски процеси

Педогенетските процеси претставуваат збир од повеќе процеси што придонесуваат за образување на почвите, но влијаат и врз промените во составот и својствата на веќе образуваните почви. Суштината на овие процеси е во размената на енергијата и материите меѓу педосферата и останатите сфери (литосфера, хидросфера, атмосфера и биосфера) со кои почвата е во постојан контакт.

Под педогенеза (или педогенетски процеси) се подразбираат сите оние процеси со кои супстратот се трансформира во почва и со кои почвата постојано се менува (еволуира).

Во почвата се одвиваат три групи на природни педогенетски процеси:

- » *распаѓање на минералите и парчиња стени во почвата и образување на нови*

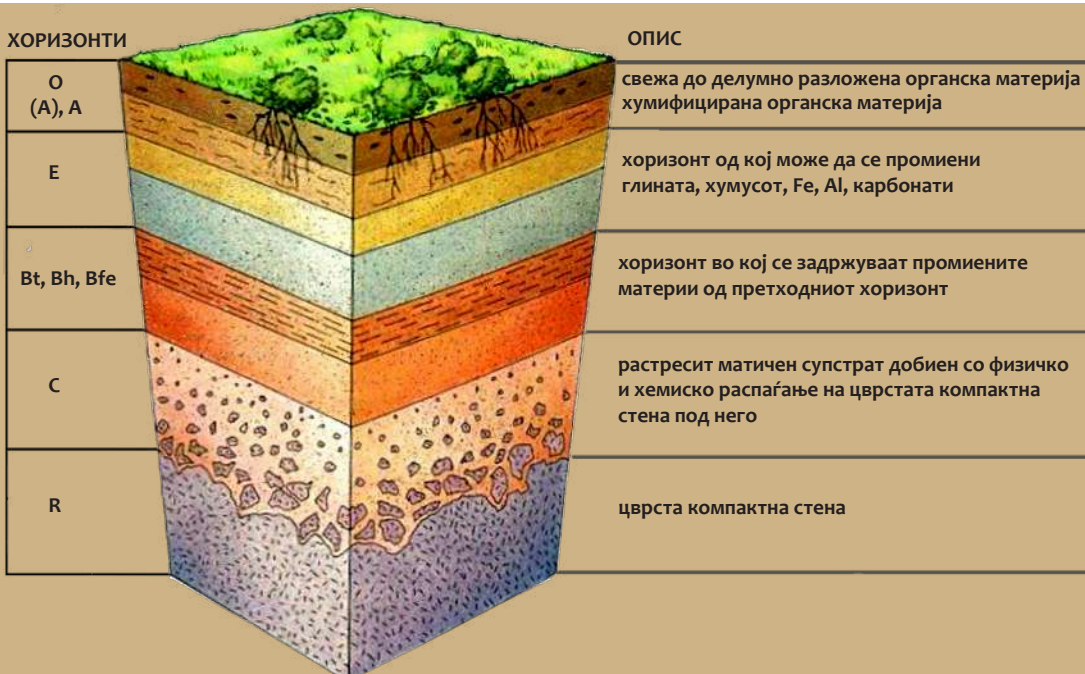
минерали или скратено - распаѓање;

- » *синтеза и декомпозиција на органските материји, скратено - разлагање) и*
- » *преместување на материите во почвата, скратено - транслокација.*

Во почвата, педогенетските процеси не се изолирани, напротив, тие се поврзани и честопати меѓусебно условени, се одвиваат непрекинато, покажуваат динамичност, имаат цикличен карактер, а секој од трите групи на процеси се состои од голем број на индивидуални елементарни процеси. На пример, распаѓањето се состои од: растворање, хидратација, дехидратација, хидролиза, оксидација и редукција; разлагањето од хумификација и голем број минерализациони процеси (амонификација, нитрификација, фосфофикација, сулфофикација и други); при транслокацијата се врши промивање на леснорастворливите соли, преместување на глина, сесквиоксиди, хумус, механичко и биолошко мешање на почвената маса и друго. Овие елементарни процеси често се јавуваат во парови со спротивен карактер, како: распаѓање на минералите и создавање на нови, создавање на органска материја и нејзина минерализација, оксидација и редукција, атсорбирање и десорбирање на јони и сл. Некои автори спомнуваат и типични процеси. Тие ги опфаќаат сите претходно кажани, но при дадена констелација на педогенетските фактори се создава и определена комбинација од одделните елементарни процеси, при што се образуваат одредени почвени типови со специфични карактеристики.

Во секоја почва, педогенетските процеси се одвиваат непрекинато во просторот и времето. Некои процеси се одвиваат со поголема брзина, како акумулацијата на органска материја, а некои многу бавно, како распаѓање на силикатните минерали, преместување на глината. Овие вторите, имаат неповратен (иреверзибилен) карактер, за разлика од други елементарни процеси што можат да имаат повратен (реверзибилен) карактер, како на пример, редукцијата на некои соединенија што со оксидација повторно се враќаат во претходната форма.

Како резултат на делувањето на педогенетските процеси, почвата се диференцира на генетски хоризонти (хоризонтација), слика 90.



Слика 90. Шематски приказ на диференцирање на почвата на хоризонти (хоризонтација)

Диференцирањето на почвата под природна вегетација е резултат на интензитетот и карактерот на процесите по длабочината на профилот и во размената на материите (внесување и изнесување) помеѓу солумот на почвата и другите сфери (атмосфера, биосфера, литосфера и хидросфера).

Во најгорниот површински дел на почвениот профил се издвојува хоризонт А, обично со потемна боја, како резултат на посилената акумулација на хумус. Во средниот дел на профилот се образува хоризонт (В), кој содржи повеќе глина бидејќи во тој дел доаѓа до посилено хемиско распаѓање на примарните минерали и се образуваат секундарни глинени минерали. Кај постарите почви и почвите во понапреднат стадиум на еволуција, диференцираноста на профилот е поизразена. Како резултат на промивање на базите, почвата се закиселува и доаѓа до промивање (преместување на глина, сесквиоксиди, хумус) и се образуваат елувијалниот хоризонт Е со посветла боја, и промиени материи од него (глина, хумус, сесквиоксиди) и илувијалниот В-хоризонт во кој се задржуваат промиените материи. Во зависност од тоа кои материи се промиваат и задржуваат во хоризонтот В, тој може да биде: аргилувичен Bt - се задржува глина; хумосподичен Bh - се задржува хумус; ферисподичен Bfe - се задржуваат сесквиоксиди или хумоферисподичен Bh,fe - се задржуваат хумус и сесквиоксиди.

Во некои почви се одвиваат процеси што дејствуваат против диференцирањето на профилот на хоризонти. Со тие процеси се меша почвената маса (фаунална и аргилна педотурбација, слика 98 и 99).

Видот и редоследот на хоризонтите претставуваат еден од најважните критериуми во класификацијата и идентификацијата на почвите.

Почвите што се во функција на земјоделското производство многу се изменети во споредба со природните од кои настанале. Во нив, како резултат на активностите на човекот, се одвиваат процеси што припаѓаат на групата: антропогени процеси. Со овие процеси се образуваат нови, антропогени почви, во кои хоризонтацијата на профилот исчезнува како последица од длабоката обработка (мешање на хоризонтите). Исто така, во земјоделските почви се менува односот меѓу внесените и изнесените материи од почвата. Со уништувањето на природната вегетација се намалува внесувањето на органски отпадоци. Органската материја се внесува со ѓубрење (шталско, зелено ѓубрење и др.). Се наголемуваат количествата на внесени соли со примена на разни мерки (ѓубрење, калцизација, гипсирање). Со наводнување и одводнување се менува внесената и изнесена вода од почвата и др.

Со размена на материите помеѓу почвата и останатите сфери, едновременно се движи и разменува енергијата. Во солумот на почвата се врши трансформација и транслокација на енергијата. Многу енергија се акумулира во почвата со акумулација на органската материја. Од друга страна, годишно со транслокација (преместување), најмногу енергија се троши со евапотранспирација, потоа со биолошките циклични процеси и најмалку за распаѓање на минералите. Овие количества стојат во однос 100 : 1 : 0,1. Под влијанието на човекот, енергијата во земјоделските почви е силно изменета.

Со тек на времето, како резултат на педогенетските процеси, почвата сè повеќе се разликува од супстратот од кој настанала. Главните разлики меѓу почвата и супстратот се состојат во следното:

- » почвата е биолошки многу поактивна и побогата со растителни корења, животни и микроорганизми;
- » почвата содржи повеќе органски материи и биогени елементи;
- » во почвата е посилено хемиското распаѓање на минералите и во него активно учествува живиот свет;
- » почвата е диференцирана во генетски хоризонти, а супстратот не е. Тој може да биде диференциран само во геолошки слоеви, (слика 91).



Слика 91. Стратификација (слоевитост на супстратот)

Во продолжение, одделно се објаснети трите педогенетски процеси во природните почви и антропогенизацијата во земјоделските почви.

7.2.1. Распаѓање на минералите и парчиња стени во почвата и образување на нови минерали

Распаѓањето на стените и минералите објаснето при образување на минералниот дел на почвата претставува геохемиско распаѓање. Тоа е многу стар процес, започнат уште пред појавата на живиот свет и на педосферата, кога стените и минералите биле под влијание на многу различни услови (атмосферски, хидросфера и др.).

Со појавата на живиот свет започнува образувањето на почвите. Под влијание на живиот свет, распаѓањето на минералите продолжува во солумот на почвата, и тоа со поголем интензитет. Со дишење на растенијата, преку коренот се ослободува CO_2 , кој со водата образува H_2CO_3 . Под нејзино влијание, и влијанието на други неоргански киселини (HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 и др.) добиени при минерализација на органските отпадоци, како и некои органски киселини добиени во процесите на хумификација, продолжува хемиското распаѓање на примарните минерали. Ова распаѓање во солумот на почвата претставува педохемиско распаѓање, кое се состои од:

1. *распаѓање на примарните минерали во секундарни и*
2. *распаѓање на едни секундарни минерали во други секундарни минерали.*

Во педохемиското распаѓање се вклучени сите процеси (растворање, хидратација и дехидратација, хидролиза, оксидација и редукција), кои претходно се објаснети.

Суштината на процесите со кои се образуваат секундарните глиненни минерали преку синтеза на продуктите добиени со хемиско распаѓање на примарните минерали (фелдспати и др.) се состои во целосно хидролитичко распаѓање на почетните минерали во разни продукти. Од овие продукти со синтеза образуваат секундарни глиненни минерали со друга кристална структура што не е иста со минералите од кои се образувале.

Во почвата, трансформацијата на примарните во секундарни минерали и на едни секундарни во други секундарни минерали, може да се врши на два начина:

- ✓ *без разрушување на кристалната решетка и*
- ✓ *со разрушување на кристалната решетка (деструкција).*

Пример за првиот начин е трансформацијата на мусковитот (К-лискум) во илит. И двата минерала имаат ист тип кристална решетка (2 : 1). Во мусковитот кристалните единици се цврсто сврзани со К-јони. Претходно, мусковитот е физички распаднат на

ситни фракции што полесно хемиски се распаѓаат со хидратација. Во овој процес, дел од јоните (K^+ и Mg^{2+}) во кристалната единица на мусковитот се заменуваат со молекули на вода и се образува илит, при што врските меѓу кристалните единици олабавуваат, но структурата не се разрушува. Со понатамошна хидратација, молекулите на вода навлегуваат и вршат замена на K^+ -јоните, и ако дел од Al^{3+} -јоните во октаедрите биде заменет со Mg^{2+} , врските меѓу единиците уште повеќе олабавуваат и се шират. Овие промени овозможуваат преку преодниот минерал илит-монтморилонит да се образува монтморилонит, што има ист тип на кристална решетка (2 : 1).

Исто така, со трансформација во одредени услови, монтморилонитот може да премине во други секундарни глинени минерали, пример во хлорит, кој понатаму во услови на кисела средина и добра дренажа може да се трансформира во каолинит. При овие трансформации доаѓа до кршење на кристалната решетка, односно од 2 : 1 на почетокот (монтморилонит) се добива 1 : 1 тип на кристална решетка (каолинит). Ова е пример за вториот начин кога се разрушува кристалната решетка. Тоа се случува и кога каолинитот се добива со хемиско распаѓање на примарните минерали (фелдсати, лискуни, амфиболи, пироксени). Ниеден од нив нема таков тип на кристална решетка. Овие минерали треба да се распаднат во растворливи Si и Al-продукти, кои се рекристализираат во Si-тетраедри и Al-октаедри и со нивна синтеза се добива каолинит. При тоа, потребно е да бидат промиени алкалните и земноалкалните метали за да останат само Si и Al-продукти.

Со педохемиско распаѓање на примарните и секундарните минерали се ослободуваат и растворливи продукти во кои има повеќе јони. Еден дел од нив, растенијата ги користат во исхраната, друг дел се промива (Na, делумно Ca, Mg, K), а трет дел (Si, Al, Fe) се рекристализира во нови секундарни минерали.

Педохемиското распаѓање во почвата се одвива со различна брзина и интензитет. Доколку брзината и интензитетот е поголема, дотолку разликите во минералошкиот состав помеѓу матичниот супстрат и почвата се поголеми.

Брзината на распаѓањето на еден ист минерал зависи од хидротермичките услови, неговата димензија и од брзината на отстранување на растворливите продукти на распаѓањето. Ако е димензијата на минералот помала, температурата повисока (при еднакво влажење) и има побрзо отстранување на растворливите продукти, тогаш распаѓањето се одвива со поголема брзина, и обратно.

Најлесно се распаѓаат некои прости соли (карбонати), потоа идат феромагнезиските минерали, па кварц и мусковит, следат силикатно-глинените минерали, прво тие со 2 : 1, а потоа тие со 1 : 1 тип на кристална решетка и најотпорни на распаѓање се сесквиоксидните глинени минерали.

Ако се знае минералошкиот состав на почвите и отпорноста на минералите на распаѓање (слика 26) може да се определат фазите на нивното распаѓање во почвата. Се разликуваат: рана (незрела), преодна (зрела) и напредната (стара) фаза на распаѓање. Во раната фаза во глинестата фракција преовладуваат примарните минерали со нешто илит. Во зрелата фаза преовладуваат силикатно глинените минерали, кварцот и мусковитот, и во старата фаза доминираат каолинитот и сесквиоксидните минерали.

Резервите на хранливи материи и нивната достапност за растенијата се намалуваат одејќи од раната кон старата фаза на распаѓање.

Како резултат на педохемиското распаѓање, во почвата се одвиваат постојани промени во минералниот дел, доаѓа до наголемување на содржината на глина во почвата, која е причина за диференцирање на почвата на хоризонти. Што се однесува за растенијата, од најголемо значење е фактот што со ова распаѓање се ослободуваат растворливи хранливи елементи потребни за нивниот раст и развој.

7.2.2. Синтеза и декомпозиција (разлагање) на органските материи во почвата

Со синтеза и декомпозиција на органските материи во почвата се создава органскиот дел на почвата. Оваа група на процеси се состои од: *биотизација*, *синтеза* (*фотосинтеза* и *хемосинтеза*) и *трансформација* (*хумификација* и *минерализација*). Сите овие процеси се тесно поврзани помеѓу себе и го сочинуваат малото биолошко кружно движење на материите.

Многу пати е кажано дека образувањето на почвата започнува со населување на живиот свет (*биотизација*) во супстратот. Процесот на биотизација може да се одвива бавно и брзо, што зависи од тоа дали населувањето на живиот свет се врши врз цврсти компактни стени или врз растресит супстрат (реголит).

Врз цврстите стени, биотизацијата се одвива многу бавно и поминува низ неколку фази. Прво се населуваат микроорганизмите и тоа хемотрофните бактерии и некои видови алги, а веднаш по нив, лишаите. Овие примитивни организми вршат синтеза на органската материја и распаѓање на минералите, од кои земаат биогени елементи. Со нив се хранат ситните животни. По изумирањето на сите претходни организми, остануваат остатоци што се разлагаат под влијание на микрофлората (бактерии, габи) до крајни минерални материи, при што се ослободуваат хранливи биогени елементи, или до образување хумус. Ова, понатаму овозможува услови за населување на мововите. Со нив се засилува распаѓањето и се создава тенок растресит слој, збогатен со хумус и биогени материи, што пак е поволна средина за населување на вишите растенија.

За разлика од компактните стени, биотизацијата врз растреситите супстрати (реголит) се одвива побрзо бидејќи овие супстрати содржат храна, задржуваат вода, воздух и др. и со тоа ги исполнуваат сите услови за населување на вишата вегетација.

Со населување на вишата вегетација започнува многу поинтензивно создавање (*синтеза*) на органска материја во процес на фотосинтеза, кој се одвива во клетките на растенијата што содржат хлорофил. Тоа значи, дека зелените растенија користат вода и хранливи минерални материи од супстратот и почвата и CO_2 од воздухот, и со помош на сончевата светлина постојано вршат создавање (синтеза) на органската материја.

Синтезата на органските од неорганските материи се одвива и со помош на хемиска енергија (хемосинтеза) што се добива при оксидацијата на разни хемиски елементи (сулфур, водород, железо, манган), и неоргански соединенија (NH_3 , FeS) во почвата, под влијание на автотрофните бактерии (нитрификатори, сулфурни, железни и др.). Со овој процес се добиваат незначителни количини на органска материја.

Така образуваната жива органска материја изумира секоја година и во вид на мртва органска материја (растителни отпадоци) доаѓа во почвата. Заедно со изумрените тела и деловите од телата на микроорганизмите и животните претставуваат органски отпадоци во почвата подложни на процесите на *трансформација*, при што полесно разложливите се разлагаат (минерализираат) до крајни минерални продукти, а потешко разложливите служат за образување хумус (хумификација), што се акумулира во почвата.

Сите овие процеси се одвиваат само под влијание на живата материја и се познати како биолошко или мало кружно движење на материите, процес што никогаш не запира.

Во малото биолошко кружно движење на материите учествуваат педосферата и биосферата. Суштината на ова движење се состои во создавање (синтеза) на органската материја главно од страна на вишите растенија и нејзино разлагање под влијание на бесхлорофилните организми (микроорганизмите).

Вишите растенија земаат од супстратот и од почвата различни биогени елементи во вид на јони (катјони и анјони) и во различно количество. Се разбира, не сите елементи од супстратот се земаат од страна на растенијата. Тие на некој начин вршат селекција, и тоа лесно се констатира ако се направи анализа во хемискиот состав на пепелот од растенијата. Во растенијата најинтензивно се акумулираат сулфур, фосфор и калиум, во

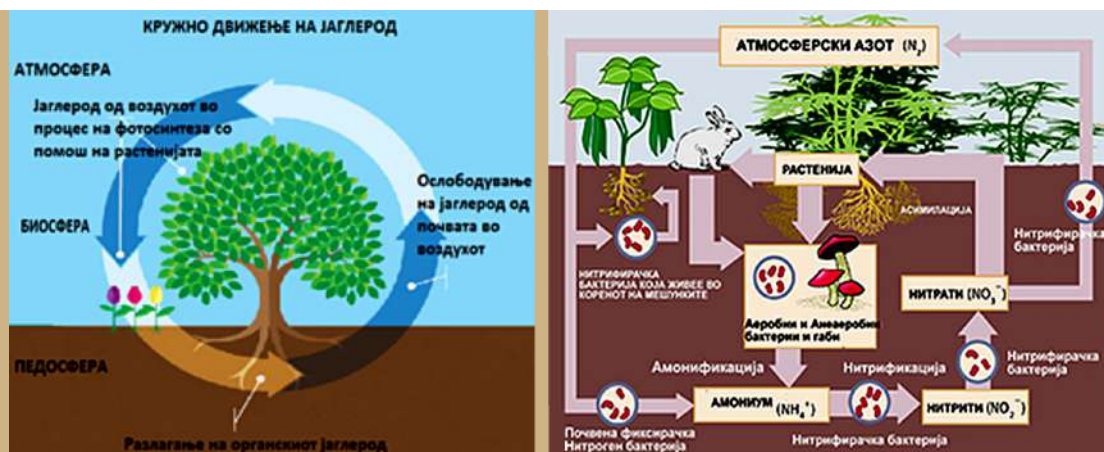
помала мера калциум и натриум, и најслабо магнезиум, силициум, железо и алуминиум. По изумирањето на растенијата, органските отпадоци што ги содржат овие елементи доаѓаат во почвата и со микробни процеси делумно се трансформираат во хумус, а делумно се минерализираат (заедно со дел од хумусот). Со минерализацијата се добива вода, разни гасови и минерални соли, во чиј состав влегуваат истите биогени елементи. Тоа значи, дека искористените биогени елементи повторно се враќаат во почвата и циклусот се затвора.

Со ова постојано повторување, во почвите под природна вегетација се врши постојана акумулација на биогени елементи и хумус во горниот дел и се образува хумусно-акумулативен хоризонт, што е од огромно значење за земјоделското производство.

Доколку не би постоел живиот свет, добиените хранливи материи со хемиско распаѓање на супстратот, постојано би се губеле во големото (геолошко) кружно движење на материите, процес којшто се врши и денес. Со него, материите се промиваат со водата и се пренесуваат во хидросферата (подземни води, реки, мориња, океани). Но, со појавата на живиот свет, малото биолошко кружно движење се спротивставува на големото (геолошко) кружно движење и голем дел од материите не се губат. Растенијата ги земаат хранливите материи од големото и ги внесуваат во малото кружно движење и ги акумулираат во почвата.

Во малото биолошко кружно движење на материите учествуваат сите биогени елементи. Нивниот циклус е објаснет во делот за живите организми на почвата, посебно кај микроорганизмите. Тука е направено кратко резиме на поважните елементи, како C, N, P и S.

Кружното движење на јаглеродот е многу значајно бидејќи истиот е застапен со голем процент во растителните отпадоци (приближно 45 %) и во хумусот (58 %). Во форма на CO_2 , растенијата го земаат од атмосферскиот и почвениот воздух и во процесот на фотосинтеза го претвораат во органска материја. Со изумирање на растенијата, органските отпадоци (соединенија во кои се наоѓа јаглеродот) се минерализираат и се ослободува во вид на CO_2 , кој се враќа во атмосферскиот и почвениот воздух и циклусот се затвора.



Слика 92. Мало биолошко кружно движење на јаглерод и азот

Од почвениот раствор, растенијата го земаат азотот во вид на нитрати, нитрити и амонијачни јони (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+) и се создаваат белковини и други азотни органски соединенија во нивното тело. Со изумирање на растенијата, белковините во отпадоците се амонифицираат до амонијачни соединенија што понатаму се нитрифицираат до NO_2^- и NO_3^- -јони и со тоа циклусот се затвора. Во определени услови NO_3^- и NO_2^- може да

се денитрифицираат до гасовит N_2 кој се враќа во атмосферата и кругот повторно се затвора. Со азотофиксација, азотот може да се претвори во растителни и микробни белковини, кои се внесуваат во опишаното кружно движење.

Сулфурот, растенијата го земаат од почвениот раствор во вид на сулфати (SO_4^{2-}) и го претвораат во белковини. Со изумирање на растенијата, белковините од растителните отпадоци под влијание на микроорганизмите се претвораат во сулфиди и H_2S , во процес на сулфурификација. Овие понатаму се оксидираат во процес на сулфофикација во сулфати и кругот се затвора.

Од почвениот раствор, фосфорот растенијата го земаат во вид на HPO_4^{2-} и $H_2PO_4^-$ -јони и го претворат во органска материја (нуклеопротеиди, фитин, лецитин). Со изумирање на растенијата овие материи од отпадоците со фосфофикација повторно минуваат во растворливи фосфати и кругот се затвора.

Значењето на овие процеси за педогенезата и земјоделското производство се состои во тоа што се создава органскиот дел на почвата, се акумулира хумус и биогени елементи главно во површинскиот дел на почвата, се создава природна плодност на почвата, а со создавањето на хумусно-акумулативниот хоризонт А со неговите модификации (A_{mo} , A_{um} , A_{oh} , A_a) се врши диференцирање на почвата на хоризонти.

7.2.3. Преместување (транслокација) на материите во почвата

Почвата како дел од екосистемот претставува отворен систем, а тоа значи дека помеѓу неа и околната средина се врши постојана размена на материи и енергии. Материите мигрираат (се преместуваат) и во самата почва.

Во зависност од тоа, колку сфери учествуваат во преместувањето на материите, се разликуваат три вида транслокации:

- » *транслокација во солумот (во педосферата),*
- » *биолошко кружно движење (во педосферата и биосферата) и*
- » *геолошко кружно движење (во педосферата и литосферата, хидросферата и атмосферата).*

Тука е опишана само транслокацијата во солумот (педосферата) бидејќи останатите се претходно објаснети.

Транслокацијата (преместувањето) на материите може да се случува на површината од почвата (*површинска*) и во солумот на почвата (*длабочинска*) транслокација.

Површинската транслокација на материите се случува под влијание на водата (водна), ветерот (еолска) ерозија, и гравитацијата, и со неа се преместуваат честички со најразлична големина: јони, молекули, колоидни честички со мала димензија, но и покрупни, камења, делови од стени и др. Сите тие се пренесуваат од едно и се таложат на друго место.

Ерозијата може да биде нормална и како таква не претставува штетен процес бидејќи не се еродира повеќе материјал отколку што се создава нова почва од супстратот. Почвата е под вегетација, процесот се одвива бавно, без влијание на човекот т.е. само под влијание на природните педогенетски фактори. Се опишува и како постојано подмладување на почвата и не предизвикува голема штета, ниту на почвата, ниту на луѓето.

За разлика од нормалната, забрзаната или екцесивна ерозија е многу штетен процес со кој се губи површинскиот дел на почвата, а многу често и целата почва. Со неа се намалува и плодноста на почвата, бидејќи се губат нејзините најактивни делови (хумус, глина и хранливи материи).



Слика 93. Ровинска ерозија



Слика 94. Браздеста ерозија

Со ерозијата може да се формираат ровови (ровини) или долови (ровинска ерозија, слика 93) и не само што се однесува солумот, туку и дел од супстратот, и тоа често многу длабоко. Оваа ерозија се предизвикува од природни, но особено од антропогени фактори. Настапува кога сите услови за најинтензивна ерозија (стрмни наклони, еродибилност на почвата и супстратот, уништување на вегетацијата, дождови со голем интензитет) се оптимално исполнети. Претставува продолжение на интензивната браздеста ерозија, кога површинскиот тек на водата се акумулира во тесни канали што се продлабочуваат (може и до 30 m) и се прошируваат. Со тоа теренот е избразден со ровини и долови. При таквото продлабочување, длабоко се зафаќа и супстратот, особено ако е силно еродибилен. По така формираниот терен не можат да се движат земјоделските машини за да ги обработат евентуалните остатоци од солумот помеѓу рововите. Пејзажот се менува и остава тежок впечаток. Во нашата земја, овој вид на ерозија е карактеристичен за централниот, сувиот дел на Македонија, каде што преовладуваат терциерни (особено палеогени) седименти, поројни дождови и обесшуменост, со слаб пораст на вегетацијата поради сушните услови.

Транслокацијата во солумот на почвата, во зависност од тоа во каква *форма* се преместуваат материите, се дели на:

- » *транслокација на молекулско-јонски честички;*
- » *транслокација на колоидни честички и*
- » *мешање на почвената маса.*

Во зависност пак од *причинителот* за преместување на материите, се дели на:

- » *абиотска (под влијание на водата и гравитацијата) и*
- » *биотска транслокација (под влијание на вегетацијата, фауната и човекот).*

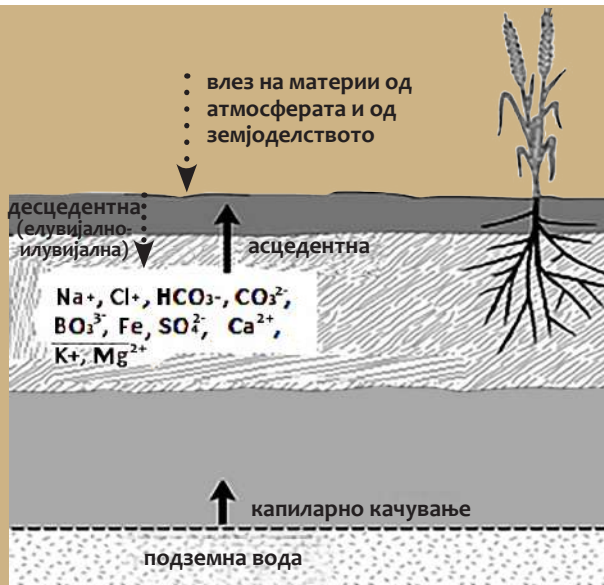
Во секоја од нив се издвојуваат два спротивни процеса: *елувијација* (промивање) и *илувијација* (задржување) на материите.



Слика 95. Транслокација

Транслокацијата на молекулско-јонските честички, односно транслокацијата на растворливите соли се јавува во различни правци низ почвената маса. *Асцедентната* (од долу нагоре) се јавува во услови на топла аридна клима, и присуство на плитки и засолени подземни води. При тоа водата ги раствора солите (најчесто простите соли на Na) и по капиларен пат асцедентно движејќи се кон површината на почвата испарува, а солите се акумулираат во почвата. Овој процес се вика *салинизација*, ја намалува плодноста на почвата и е штетен за културните растенија.

Со асцедентна транслокација во почвата можат да се акумулираат и корисните Ca-соли (на пр. со CaCO_3). Во овој случај растворливиот $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ се качува со капиларната вода од долу нагоре, по пат ослободува CO_2 , минува во нерастворлив CaCO_3 и се таложи во почвата.



Слика 96. Шематски приказ на транслокација во солумот

Со *десцедентната* (елувијално-илувијална) транслокација се преместуваат материите од горе надолу во солумот на почвата. При тоа, елувијацијата претставува промивање на материите од горниот дел на профилот надолу, а илувијацијата, задржување на промиените материи.

Интензитетот на промивањето зависи од климатските услови, механичкиот состав на почвата, порозноста, односно водопропустливоста на почвата и од степенот на растворливоста на простите соли. Промивањето е поголемо во услови на похумидна клима, во почви со полесен механички состав (песокливи, скелетни) и со поголемо присуство на некапиларни пори.

Во зависност од степенот на растворливоста, простите соли на Ca, Mg, Na и K се делат во три групи:

- ✓ леснорастворливи, во кои спаѓаат сите соли на Na (хлориди, нитрати, сулфати, карбонати, бикарбонати) и некои земноалкални прости соли CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgCl_2 , MgSO_4 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$,
- ✓ потешко растворлив гипс $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и
- ✓ уште потешко растворливи CaCO_3 и MgCO_3 .

На процесот на елувијација се спротивставува малото биолошко кружно движење (земање на некои јони од страна на растенијата), атсорбирањето на јоните од страна на колоидите, како и навлегувањето на јоните (особено K^+ и Mg^{2+}) во кристалната решетка на

некои глинени минерали. Иако се знае дека сите прости соли на К се леснорастворливи, токму ова негово врзување во кристалната решетка на глинени минерали и посилната биолошка акумулација, преку органските отпадоци и хумусните материи, го чуваат калиумот од промивање.

Во влажните области, во добро развиените почви може целосно да биде промиен и CaCO_3 , при тоа прво минува во растворлив $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, под влијание на H_2CO_3 или други киселини образувани во микробните процеси. По промивањето на земноалкалните карбонати (CaCO_3 , MgCO_3 , $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), до колку за тоа се создадени услови, започнува промивањето и на атсорбираните базични катјони и постепено настапува *ацидификација* (закиселување) на почвата.

Преместувањето или промивањето на леснорастворливите соли се вика *десалинизација*, а промивањето на алкалните, земноалкалните соли и на атсорбираните алкални и земноалкални катјони се означува како *деалкализација*. Со процесите на илувијација (задржување), промиените од површинскиот дел соли се задржуваат и натрупуваат во долниот дел на почвата. Дел од молекулско-јонските честички може да биде промиен и надвор од почвената маса, во подземните води или подлабоко во супстратот и да се вклучат во големото геолошко кружно движење на материите.

Страничната миграција се случува кога во почвата на извесна длабочина се појавува непропустлив хоризонт, а почвата се наоѓа на наклонет терен. Тогаш материите се движат странично во правец на наклонот на теренот.

Со *транслокацијата на колоидните честички* се преместуваат материите во почвата што се во колоидна форма (глина, хумус, сесквиоксиди, SiO_2). Настапува под влијание на десцедентното движење на водата, односно таа е елувијално-илувијална транслокација. Преместувањето на силикатната глина се вика *лесивирање*, на сесквиоксидите на Fe и Al – *оподзолување*, и на SiO_2 – *латеризација*.

Со промивањето (елувијација), површинскиот дел на почвата осиромашува со сите овие материи (глина, хумус, сесквиоксиди, SiO_2), при што се образува светло обоен Е-хоризонт, (слика 97). Промиените материи се преместуваат во долниот дел на профилот и таму се акумулираат, односно задржуваат (илувијација). Тој дел на профилот добива потемна боја и станува збиен и компактен (В-хоризонт), посебно ако се работи за преместување на глината.



Слика 97. Преместување (транслокација) во почвата

За *лесивирањето*, потребно е претходно во почвата да дојде до мобилизација на глината, односно таа да биде диспергирана (пептизирана) во „зол состојба“ за да може да се транспортира. Во почвата, глинестите честички се сврзани (коагулирани) меѓу себе и со покрупни од нив честички од различен карактер (органски, минерален,

органоминерален) во агрегати „гел состојба“. Глината прво треба да се ослободи од агрегатите и да се диспергира во вид на одделни честички во почвениот раствор за да може да се преместува. За ова е потребно да се намали присуството на флокуланти (коагулатори), Ca, Mg, Fe, што најчесто и се случува во почвите образувани во услови на повлажна клима. Дефлокулацијата се постигнува и со намалување на количеството на адсорбирани базични катјони (Ca^{2+} , Mg^{2+}) во процесот на дебазификација, при што се намалува вредноста на pH на почвениот раствор. Според некои автори, пептизацијата настапува при pH од 5 до 6 или од 4,5 до 6,5, а според други, во интервал од 5 до 7. Во тој интервал нема доволно слободни јони за флокулација, и нема силни флокуланти, какви што се јоните на Al. Исто така, во овој интервал на pH, глинените минерали се стабилни и не се распаѓаат на крајни продукти, но се во „зол состојба“. Понатаму нивното преместување (механички транспорт) зависи и од уловите во почвата што треба да го овозможат тој транспортот. Почвата треба да биде пропустлива во горниот дел на профилот (хоризонтите A + E) од каде што глината се транспортира и со доволно, особено покрупни пори во континуитет, бидејќи низ нив водата најлесно се движи.

Имобилизацијата на глината се јавува во долниот дел на почвата (хор. B). Самото задржување (илувијација) на глината е сложен процес. Во тој дел, глината може повторно да се коагулира, со наголемување на концентрацијата на коагулантите. Покрај овој, во почвата има и други можни начини на имобилизација на глината, кои се чисто физички. Тоа се случува со нејзино таложење од водата со која се движи во поситните пори, при што тие се затнуваат и глината се задржува во вид на обвивка (тенка опна) околу почвените агрегати.

Елувијацијата на другите минерални материји (SiO_2 , сесквиоксиди) се одвива на следниов начин: $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ се преместува надолу во вид на хидратиран зол, кој како таков е помалку осетлив на коагулативното дејство на коагулаторите. Во почвите образувани во области со тропска клима доаѓа до силно преместување на $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, што може да се случи и надвор од профилот. Како и да е, елувијацијата на сесквиоксидите е дотолку посилна до колку е средината покисела (pH под 5), а количеството на заштитни коагулатори (хидрофилни золи на хумусните киселини и на $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, хелати) поголемо.

Сесквиоксидите се коагулираат и задржуваат во илувијалниот хоризонт, како резултат на наголемување на концентрацијата на коагулаторите, промената на pH, која е помалку кисела и овозможува таложење. Сесквиоксидите, особено на Fe и Mn, се таложат во најразлична форма и даваат различни новотворби. Познавањето на овие новотворби има големо значење. Врз основа на нив се добива претстава за педогенетските процеси што се одвиваат во почвата, и се дијагностички знак за распознавање на хоризонтите.

Покрај минералните материји, во определени услови се врши *промивање и на хумусните материји во вид на хидрофилни колоиди или молекулски раствори*.

Во различни почвени типови преовладува еден од опишаните процеси: во лесивирани почви (лувисолите) преовладува лесивирањето, во подзолите промивањето на сесквиоксидите, а во латеритите (латосолите), промивањето на $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Мешање на почвата (педотурбација) подразбира преместување на материите независно од тоа во каква форма се јавуваат. Во зависност од причинителот за ова преместување, педотурбацијата може да биде: *антропогена, фаунална и аргилна*.

Антропогената и фауналната едновременно претставуваат биотска транслокација во која влегува и транслокацијата под влијание на вишите растенија.

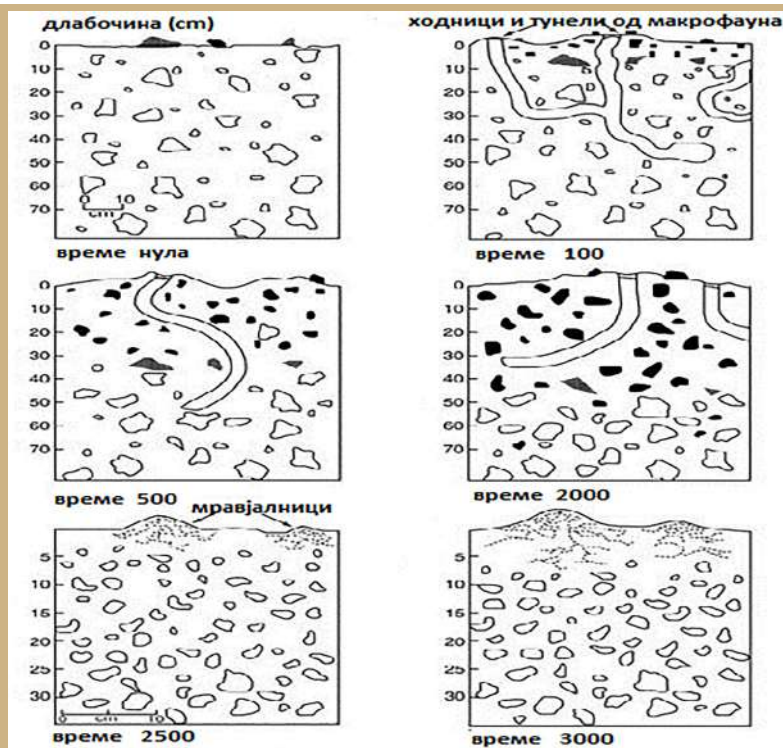
Антропогената педотурбација ја предизвикува човекот со обработка на почвата кога се мешаат два или повеќе хоризонти.

Фауналната педотурбација е под влијание на фауната (вишите животни). Движејќи се низ почвената маса тие ги преместуваат почвените честички, ги мешаат органските отпадоци со минералниот дел на почвата и образуват разни биолошки новотворби (кротовини) во почвата.

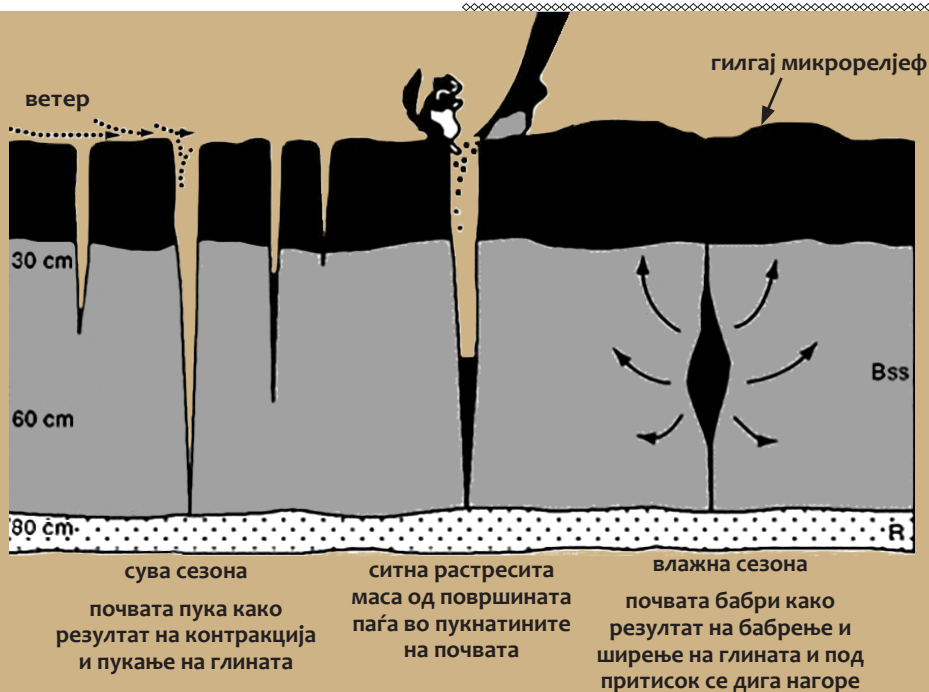
Глината (argilla) е причина за *аргилната педотурбација*. Некои почви, како смолницата, содржат многу смектити, односно глина од типот на монтморилонит. Во текот на сувиот период од годината, монтморилонитот се собира (контрахира), при што ја прави почвата да пука кога е сува, и се образуваат пукнатини во кои тоне ситна земја од површината на почвата. Во текот на влажниот период на годината, под влијание на водата почвата бабри и пукнатините се затвораат. Почвената маса не може повторно да го заземе стариот простор, бидејќи пукнатините се претходно исполнети и таа се дига нагоре и се превртува. Овој процес се повторува секоја година, а може и повеќепати годишно. Па така, за ова се вика дека „почвата самата се голта“, „самата се ора“ или „самата се меша“, слика 99.

Транслокацијата на материите под влијание на вишите растенија има цикличен карактер и претставува мало биолошко кружно движење на материите во природата во кое учествуваат двете сфери: педосфера и биосфера. Ова е претходно објаснето.

Но, кога станува збор за влијанието на вишите растенија во транслокацијата на материите по длабочина на педосферата, треба да се потенцира дека растенијата, посебно дрвенестите, имаат значајна улога и во елувијацијата на материите во почвата. Од една страна, дрвенестите растенија го зголемуваат интензитетот на промивањето на материите од површинските кон подлабоките хоризонти со земање на водата и во неа растворените хранливи материи од подлабоките слоеви на почвата. Од друга страна, со исушувањето на подлабоките хоризонти од кои земаат вода и хранливи материи, дрвенестите растенија влијаат и го зголемуваат задржувањето и таложението на материите во тие хоризонти, промиени од елувијалниот хоризонт. Исто така, може да се задржуваат и таложат и некои материи донесени со капиларното движење на водата од супстрат и подземните води. Тоа значи дека, вишите растенија влијаат не само во образувањето на хумусно-акумулативниот хоризонт, туку во извесен степен, и на елувијалниот, па и на илувијалниот хоризонт на почвата.



Слика 98. Фаунална педотурбација



Слика 99. Аргилна педотурбација

Процесите на транслокација на материите имаат значење како за почвата, така и за земјоделското производство.

Со овие процеси почвениот профил најсилно се диференцира на хоризонти, што за растенијата може да биде негативно. Педотурбацијата делува против ова диференцирање, бидејќи ја меша почвената маса. Како штетни процеси се ерозијата, салинизацијата и закиселувањето на почвата, а корисна е само десалинизацијата (промивањето на солите).

На крајот, познавањето на транслокацијата е битна и за преземање на определени агротехнички и мелиоративни мерки со цел елиминирање на негативните појави и подобрување на својствата и плодноста на почвата.

7.2.4. Антропогени процеси (антропогенизација) во почвата

Покрај трите природни педогенетски процеси што се одвиваат во секоја почва, како во оние под природна вегетација (степски, шумски, ливадски и др.), така и во почвите на кои се одгледуваат културни растенија, се опишува и четврта група на процеси што се одвиваат под влијание на човекот и се означени како антропогени процеси.

Антропогенизацијата може да се врши во земјоделството или под влијание на другите дејности на човекот. Во зависност од тоа, таа се означува како *агрогена* и *техногена*.

Антропогенизацијата, како и природната педогенеза, се состои од голем број елементарни процеси. Со нивното одделно или заедничко дејствување се образуват различни типови на антропогени почви.

Антропогените почви можат да се создадат на самото место „in situ“ со промени во природниот профил, без или со додавање или одземање материји. Антропогенизацијата „in situ“ може да го опфати целиот профил или дел од него. Таков е случајот кај арогените почви.

При опишувањето на човекот како педогенетски фактор се наброени промените што тој ги предизвикува во природните почви како резултат на преземање на различни агротехнички

Па така, дел од мерките со кои човекот може да предизвика антропогенизација се:

- » длабока обработка,
- » мелиоративно ѓубрење со органски и минерални ѓубрива,
- » хемиски мелиорации,
- » хидротехнички мелиорации,
- » отсолување,
- » создавање на стабилна зрнеста структура,
- » уништување на природната вегетација или пошумување и затревување,
- » примена на противерозивни заштитни мерки,
- » додавање глина во песоковите почви и песок во глинестите почви,
- » колмација, нивелирање, терасирање, чистење од камења,
- » загадување со разни материи и друго.

- » со додавање на материи и со создавање на нови хоризонти, но без зголемување на масата на солумот (хортисоли), при што долниот дел на солумот останува неизменет;
- » со додавање на материи, но со истовремено зголемување на масата на солумот (колмирани ризосоли, терасирани почви, кумулични почви);
- » со промени во природниот профил, без додавање на материи и со запазување на природниот редослед на хоризонтите (неколмирани ризосоли) и
- » без додавање на материи, но со промени во природниот редослед на хоризонтите или слоевите со нивно мешање (ригосоли).

Според Дрисан, антропосолите се резултат на долго и континуирано дејствување на антропогенетските процеси, и тоа на:

Од земјоделска гледна точка, од посебно значење има т.н. *окултурување* на почвите, кое според многу автори е означено и како современ стадиум на еволуција на почвата, предизвикан од човекот.

Под културни почви се подразбираат оние кои имаат длабок и растресит ораничен слој, стабилна зрнеста структура, поволен хранителен, воден, воздушен и топлотен режим, поволни хемиски и физички својства и што се без плевели, штетници и болести.

Техногената антропогенизација и создавањето на техногени почви се тема на изучување во друга предметна програма - Деградација и заштита на почвите.

8. ЕВОЛУЦИЈА НА ПОЧВАТА

На почетокот, кога се наброени основните карактеристики на почвата, меѓу останатите, пишува дека почвата е динамичен и еволуционен систем. Тоа е така, бидејќи во природата важи познатиот дијалектички закон, дека сè се менува и нема ништо неизменливо.

Почвата, како дел од природата, од самиот почеток на нејзиното образување постојано се менува и за тоа е објаснето кај времето како педогенетски фактор. Тука, главниот акцент е ставен на тоа да се објаснат причините за постојаните промени во почвите, и видовите на еволуција.

Постојат три причини за постојаните промени во почвата со кои таа се менува и еволуира, сите заедно претставени во табела 10.

Табела 10. Причини за постојаните промени (еволуција) на почвата

Причина	Резултат	Име
1. Непрекинатиот тек на педогенетските процеси	Ова овозможува промени и менување на почвата, таа добива нови својства, го менува својот профил и минува од еден во друг стадиум (еволуира).	Сите промени кои се случуваат се внатрешни, во самата почва и затоа оваа еволуција е вистинска, автономна и се вика <i>ендогена еволуција</i> (слика 100).
2. Промените во еден или повеќе педогенетски фактори	Овие промени кај педогенетските фактори предизвикуваат измена на целата нивна комбинација, со што се менува правецот на педогенеза.	Промените во почвата се предизвикани од надворешни фактори и оваа еволуција се вика <i>егзогена еволуција</i> или (<i>метаморфоза</i>).
	Во новата комбинација од педогенетските фактори, може да продолжи ендегената еволуција, но сега со поинакви стадиуми.	Оваа комбинација од егзогената и ендегената се вика <i>амфигена еволуција</i> .
3. Промени во многумилионската геолошка историја на Земјата	Со овие промени се менува целата педосфера бидејќи е предизвикана од промените во геолошката историја и еволуцијата на живиот свет, во прв ред на вегетацијата.	Оваа еволуција се вика <i>геогенетска</i> .

Ендегената еволуција е автономна еволуција на почвата. Таа не е предизвикана од промените на надворешната средина. Во услови на релативно неизменети био-климатски, релјефски и др. услови, таа е резултат на постојаните внатрешни квантитативни промени во самата почва, кои во подолг период на време доведуваат до нов квалитет, односно минување на еден во друг стадиум, или од еден во друг почвен тип.

Причината за овие постојани квантитативни промени во почвата е непрекинатиот

тек на педогенетските процеси и нивниот најчесто цикличен карактер. Елементарните (индивидуалните) процеси често се јавуваат во парови со спротивен карактер, на пример создавање на органска материја и минерализација, распаѓање на минералите и создавање на нови, адсорбирање и десорбирање на јони и др. Исто така, еден дел од овие процеси имаат повратен (реверзибилен) карактер, а друг дел, неповратен (иреверзибилен) карактер.

Тоа сменување е поврзано со цикличниот развој на растенијата (пораст во вегетациониот период и изумирање во зимскиот период), и тоа постојано се повторува. Постои и деноноќна, годишна (сезонска) и многугодишна ритмичност. Како и да е, може да се случи во таа цикличност, по една година на пример, количеството на акумулирани материи со биолошка акумулација да не е сосем еднакво со промиените материи. Тоа значи дека, почвата на крајот на секој цикличен период не се враќа во првобитната состојба, туку е нешто изменета. И доколку ваквиот период е подолг, дотолку и промените се поголеми. На ова се надополнуваат и промените што се случуваат во почвата, а имаат иреверзибилен карактер (пример, преместување на глината и на др. материи).



Стена (варовник)
R



Органогена црница
Amo-R



Органоминарална
црница Amo-R



Браунизирана црница
A(B)rz-R



Кафеава почва врз варовник A-(B)rz-R

Слика 100. Ендогена еволуција на почви образувани врз варовник
(фотографии: Маркоски М., Миткова Т., Бистра планина, 2012)

Со натрупување на овие постојани квантитативни промени во почвата, таа постојано се менува, добива нови својства и во еден момент настапува „дијалектичкиот скок“, кога квантитативните промени даваат нов квалитет и почвата минува од еден стадиум во друг или од еден почвен тип во друг.

На слика 100 е претставена ендегената еволуција на почви образуваани врз варовници (органогена црница → органоминарална црница → браунизирана црница → кафеава почва врз варовник и доломит). Оваа низа од стадиуми, што се менуваат со определена законитост и редослед при определени услови на средината, се означува како еволуциона серија (низа, секвенца).

Одделните стадиуми на еволуцијата во серијата претставуваат одделни почвени типови и поттипови.

Од презентираниите фотографии може да се види дека минувањето од еден во друг стадиум е последица на квантитативните промени во самата почва, особено во длабочината на профилот, содржината на органска материја, глина и др. и појавата на хоризонти што имаат различни својства.

Првиот стадиум (органогена црница) претставува плитка почва силно хумусна. Со наголемување на длабочината на почвата расте водозадржливоста и се засилува хемиското растворање на варовникот, се минерализира и дел од хумусот и настапува вториот стадиум (органоминарална црница) што претставува подлабока почва со помалку хумус. Процесите продолжуваат понатаму, при што со наголемување на длабочината, во долниот повлажен дел посилено се минерализира хумусот, се ослободува од него сврзаната глина, се врши исто така посилено хемиско распаѓање и глинообразување и настапува третиот стадиум (браунизирана црница) во кој започнува да се образува кафеав хоризонт (В). Сите претходни промени од вториот кон третиот стадиум понатаму добиваат уште повеќе на интензитет и настапува четвртиот стадиум (кафеава почва врз варовник и доломит) со јасно образуван (В)гз-хоризонт.

Времетраењето на одделните стадиуми во една иста серија е различно. Едни стадиуми можат да бидат краткотрајни, а во други стадиуми, еволуцијата може да биде многу забавена и често пати се добива впечаток како таа да запрела. Но, запирање на процесите во почвата нема, тие само го намалуваат интензитетот (климакс-стадиум).

Промените предизвикани во ендегената еволуција постепено доведуваат и до промени на целата биогеоценоза.

Втората еволуција (егзогена) е резултат на промените во надворешната средина, односно на еден или повеќе педогенетски фактори (релјеф, клима, вегетација, ниво на подземни води, влијанието на човекот), со што се менува нивната констелација, а со тоа и правецот на педогенезата. Климата во минатото била со многу подруги карактеристики отколку денешната, и тоа оставило печат во генезата на почвите. За тоа говорат т.н. реликтни почви. Релјефот исто така го менува правецот на педогенеза преку ерозијата, тектонското спуштање и издигнување, нивото на подземните води и др. Со спуштање на нивото на подземните води, со текот на времето, хидроморфните почви можат да минат во автоморфни почви. Заедно со овие промени се менува и вегетацијата. Човекот со неговите активности го менува правецот на педогенезата во природните почви и создава нови, антропогени почви.

Во новата комбинација на педогенетските фактори може да продолжи ендегената еволуција, но со поинакви стадиуми. Оваа комбинација се означува како амфигена еволуција.

И двете еволуции (ендогена и егзогена) се однесуваат на одделни почви во определени услови. Постои и геогенетска еволуција, предизвикана од геолошката историја на Земјата и еволуцијата на живиот свет, во прв ред на вегетацијата, со што се менува целата педосфера. Според ова, до појавата на живиот свет немало почва. Ако ја прифатиме теоријата дека првиот жив свет се појавил во вода, тоа значи дека првите почви што се образувале биле подводните (субхидрични) почви. Понатаму, како еволуира живиот свет во текот на многумилионската историја на природата (папрати, мовови, четинари, листопадни шуми, треви), така се менуваат и почвите. Оваа еволуција нема цикличен карактер.

Постојат и други термини за еволуцијата. Во практиката, најчесто се користат два термина што се поврзани со плодноста на почвата: *проградациона* и *деградациона еволуција*. Со проградационата еволуција се наголемува плодноста на почвата, а со деградационата се намалува. Ова може да се објасни со пример на една еволуциона серија на почви:

силикатно карбонатен регосол → чернозем → камбисол → лесивирана почва

Оваа еволуциона серија има биоклиматски карактер. Со процесите на черноземизација, силикатно-карбонатниот регосол еволуира во чернозем, при што во него доаѓа до акумулација на хумус и биогени елементи, се создава стабилна зрната структура, се промива дел од карбонатите и битно не се менува механичкиот и минералошкиот состав. При натамошната еволуција, во черноземот доаѓа до полна декарбонатизација, а потоа, со хемиско распаѓање и аргилосинтеза, во средниот дел на профилот се појавува камбичен (B)v-хоризонт и минува во камбисол. Во повлажни услови, промивањето на базите станува интензивно, почвата се закиселува (pH под 6), колоидите пептизираат (зол состојба) и се преместуваат од горниот дел (хор. А и Е) во долниот (хор. В) во профилот и почвата минува во лесивирана.

Во овој пример, еволуцијата е проградациона до образување на чернозем, а потоа е деградациона.

Кај земјоделските почви што се силно изменети под влијанието на човекот се јавува еден современ стадиум на еволуција т.н. *окултурување* или создавање на културни почви.

ТРЕТО ПОГЛАВЈЕ: ФИЗИКА НА ПОЧВАТА

Во ова поглавје, читателот се запозна со физичките и физичко-механичките својства на почвата. Секое својство одделно е објаснато, при што се добиваат знаења за нивното влијание во почвата и значењето што го имаат за процесите во почвата и условите за развој на растенијата. Запознавајќи се со овие својства, едновременно се добиваат информации и за тоа какви мерки треба да се преземат за нивно подобрување.

Исто така во ова поглавје, читателот се запознава со водниот, воздушниот и топлотниот режим на почвата, за нивното значење, како и за мерките што треба да се спроведат во земјоделското производство за нивно одржување и подобрување.

СОДРЖИНА

9. ФИЗИЧКИ СВОЈСТВА НА ЦВРСТАТА ФАЗА НА ПОЧВАТА	
9.1. Механички состав (текстура) на почвата	139
9.1.1. Значење на механичкиот состав за другите почвени својства и за земјоделското производство	145
9.2. Структура на почвата	146
9.2.1. Значењето на стабилната зрнеста структура за другите својства на почвата и за културното растение	152
9.2.2. Мерки за подобрување и одржување на структурата на почвата	153
9.3. Густина на почвата	154
9.4. Специфична површина на почвата	156
9.5. Порозност на почвата	157
9.6. Конзистенција и физичко-механички својства на почвата	159
10. ВОДА ВО ПОЧВАТА	166
10.1. Задржување (ретенција) на водата во почвата	167
10.1.1. Константи на почвената влага (хидролошки константи)	171
10.1.2. Форми на почвената влага и нивната достапност за растенијата	175
10.2. Движење на водата во почвата	180
10.2.1. Видови на движење на водата во почвата	183
10.3. Воден режим на почвата - приходи и расходи на почвената влага	188
10.4. Значење на водата за почвата, културните растенија и примената на разни мерки во земјоделското производство	192
11. ВОЗДУХ ВО ПОЧВАТА	197
11.1. Состав на почвениот воздух	198
11.2. Воздушен режим на почвата и аерација	200
11.3. Воздушен капацитет на почвата	202
11.4. Значењето на аерацијата за почвените својства и процеси и за културните растенија	203
12. ТОПЛИНА НА ПОЧВАТА	206
12.1. Топлотен режим на почвата	206
12.1.1. Приходи на топлина и нејзино впивање во почвата	206
12.1.2. Специфична топлина, тоplotен капацитет и топлоспроводност на почвата	208
12.2. Загуби на топлината од почвата	210
12.3. Промени, значење и регулирање на почвената температура	211
12.3.1. Промени (осцилации) на почвената температура	211
12.3.2. Значењето на температурата за почвените процеси и својства и за културните растенија	212
12.3.3. Регулирање на почвената температура во земјоделското производство	214

9. ФИЗИЧКИ СВОЈСТВА НА ЦВРСТАТА ФАЗА НА ПОЧВАТА

9.1. Механички состав (текстура) на почвата

Механичкиот состав или текстура на почвата зависи од супстратот од кој се образува почвата и од процесите што се одвиваат во неа во текот на педогенезата и еволуцијата.

Почвата од супстратот добива честички со најразлична димензија: од најситни, колоидни до најкрупни, каменливи и затоа се вика дека е таа полидисперзен систем. Секоја индивидуална честичка во цврстата фаза на почвата се означува како примарна честичка или механички (гранулометриски) елемент, за разлика од секундарните елементи кои се викаат структурни агрегати.

Механичките елементи претставуваат елементарни (примарни) честици на почвата со различна големина кои под влијание на слаби сили (под притисок на прстите или слаб млаз на вода) не се делат односно не се разрушуваат.

При определување на механичкиот состав на почвата, невозможно е да се измери димензијата на секоја честичка одделно и затоа истите се групирани (фракционирани) во групи, односно фракции, при што со механичката анализа се определува количеството на различни фракции во почвата.

Под поимот фракција се подразбира група механички елементи со определена димензија, а под механичка анализа се подразбира определување на содржината на различните фракции во почвата.

Во лабораторија, кога се прави механичка анализа на почвата претходно истата се просејува низ сито со отвори од 2 mm, и се отстрануваат органските материи. По завршување на анализата се добиваат одделните фракции на механички елементи изразени во % (пример, 30 % песок, 35 % прав и 35 % глина). На тој начин, се определува механичкиот состав на почвата.

Под механички состав или текстура на почвата се подразбира содржината на разни фракции механички елементи изразена во тежински, односно масени проценти.

Во разни земји во светот постојат разни класификации на механичките елементи. Во Русија и некои други земји се применува класификацијата според Качински, а во САД се применува класификацијата прифатена од нивното Министерство за земјоделство (табела 12). Најдетална е класификацијата според Атерберг (Atterberg) прикажана на истата табела.

Во нашата земја е прифатена класификацијата на Меѓународното здружение на почвите (IUSS – The International Union of Soil Sciences) според која механичките елементи се поделени во две групи со неколку фракции (табела 11).

Табела 11. Класификација на механичките елементи во почвата

ГРУПА	
I Скелет > 2 mm	II Ситнозем < 2 mm
Име на фракциите	
1. чакал 2 - 20 mm	1. крупен песок 0,2 - 2 mm
2. камења > 20 mm	2. ситен песок 0,02 - 0,2 mm
	3. прав 0,002 - 0,02 mm
	4. глина < 0,002 mm

Фракциите со дијаметар под 2 mm се означуваат како ситна земја (ситнозем), а оние над 2 mm се означуваат како скелет. Скелетот се состои од чакал (2 – 20 mm) и камења (над 20 mm). Главните фракции на ситноземот се: песок, прав и глина.



Слика 101. Шематски приказ на односот во големината меѓу честичките на песок, прав и глина

Во овие класификации се разликуваат две основни групи фракции: „Физички“ песок или песоклив дел (фракции поголеми од 0,02 односно 0,01 mm) и „Физичка“ глина или глинест дел на почвата (фракции помали од 0,02 односно 0,01 mm).

Табела 12. Класификација на САД, според Н. А. Качински и Atterberg

Американска класификација		Класификација според Качински		Класификација според Atterberg	
Име на фракцијата	Дијаметар на фракцијата во mm	Име на фракцијата	Дијаметар на фракцијата во mm	Име на фракцијата	Дијаметар на фракцијата во mm
Мошне крупен песок	2,0 - 1,0	Камења	> 3	Камења	> 60
Крупен песок	1,0 - 0,5	Чакал	3,0 - 1,0	Груб чакал	60 - 20
Среден песок	0,5 - 0,25	Крупен песок	1,0 - 0,5	Среден чакал	20 - 6
Фин песок	0,25 - 0,10	Среден песок	0,5 - 0,25	Фин чакал	6 - 2
Мошне фин песок	0,10 - 0,05	Ситен песок	0,25 - 0,05	Крупен песок	2,0 - 0,6
Прав	0,05 - 0,002	Крупен прав	0,05 - 0,01	Среден песок	0,6 - 0,2
Глина	< 0,002	Среден прав	0,01 - 0,005	Фин песок	0,2 - 0,06
		Ситен прав	0,005 - 0,001	Крупен прав	0,06 - 0,02
		Груба глина	0,001 - 0,0005	Среден прав	0,02 - 0,006
		Фина глина	0,0005 - 0,0001	Фин прав	0,006 - 0,002
		Колоидна глина	< 0,0001	Крупна глина	0,002 - 0,0006
				Средна глина	0,0006 - 0,0002
				Фина глина	< 0,0002

Секоја фракција од групата чакал и ситнозем има свои карактеристики.

Скелетот (камењата и чакалот) се добива со физичко распаѓање. Се состои од парчиња нераспадната стена со заоблена форма (ако се пренесувани на поголема далечина) или со остри рабови ако почвата е образувана на самото место („in situ“), или се пренесувани на кратко растојание. По минералошкиот состав може да биде карбонатен, силикатен, кварцен и мешовит. Оваа фракција е повеќе застапена во планинските почви, а ја има и во земјоделските почви образувани врз погруби алувијални, делувијални или езерски седименти. Малото присуство на чакал и камења го подобрува растот и развојот на земјоделските култури на глинестите почви. Но, ако нивното присуство е поголемо од 20 %, тогаш има негативно влијание за одгледување на земјоделските култури. Таквите површини се чистат од крупните камења и чакал за да не дојде до оштетување на механизацијата при обработка на почвата. Почвите богати со скелет слабо ја задржуваат водата, посилено се загреваат во лето, посилено се промиваат и се сиромашни со хранливи елементи.



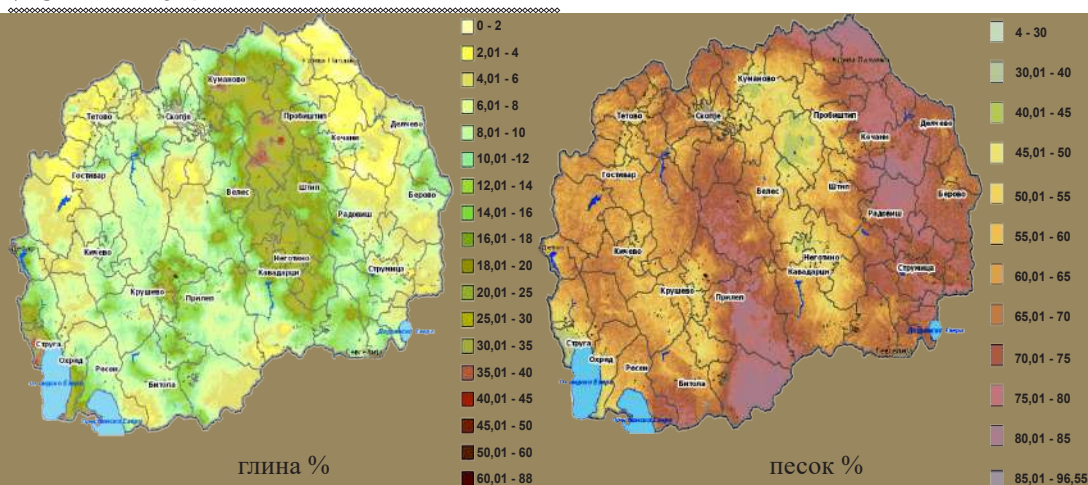
Слика 102. Скелет

Фракцијата *песок* се добива со физичко распаѓање. Таа е многу водопропустлива, не задржува вода, во сува состојба е несврзана и зрната не можат да се спојат, а по капиларен пат никако или многу слабо ја дига водата, не е пластична и не е леплива. Се јавува во сите почви во поголем или помал процент (од 5 до 10 %, па и над 95 %), а најповолната содржина во почвата изнесува 40 до 70 %. Во глинестите почви ги намалува негативните својства на глината. По минералошки состав, песокот може да биде кварцен, карбонатен, силикатен и мешовит. Кварцниот песок се состои од SiO_2 , неплоден е, игра само механичка улога и го сочинува костурот на почвата. Силикатниот се состои од силикатни и алумосиликатни минерали, бавно се распаѓа и може да дава малку глина и разни соли, меѓу кои и хранливи материи. Затоа се означува како „потенцијално“ плоден. Почвите богати со песок се суви, топли, силно водопропустливи и слабо водозадржливи, и сиромашни со хранливи материи.

Фракцијата *прав*, според своите својства, прави преод помеѓу песокот и глината. Се добива претежно со физичко распаѓање. Подобро ја држи, но послабо ја пропушта водата од песокот. Правот се одликува со високо капиларно качување на водата, не бабри или многу слабо бабри, слабо е леплив и слабо пластичен. Во сува состојба е тврд (сврзан) и има изглед на брашно. Највисок процент на прав има во почвите образувани врз лес и врз правливите алувијални наноси. По минералошки состав најчесто содржи кварц и опал, помалку лискуни, а може и калцит и доломит.

Глината се образува со хемиско распаѓање. Слабо ја пропушта водата, но добро ја задржува, а по капиларен пат бавно ја дига водата. Во влажна состојба бабри, пластична е и леплива, а во сува состојба се контрахира, пука и силно се стврднува. Во споредба со другите фракции најмногу задржува вода и хранливи материи. Ова се должи на малата димензија на честиците и на постојаниот наелектризиран полнеж.

Различни почви се разликуваат во однос на содржината и процентот на фракциите песок, прав и глина. Во тој контекст, се разликуваат повеќе текстурни класи на почвите.



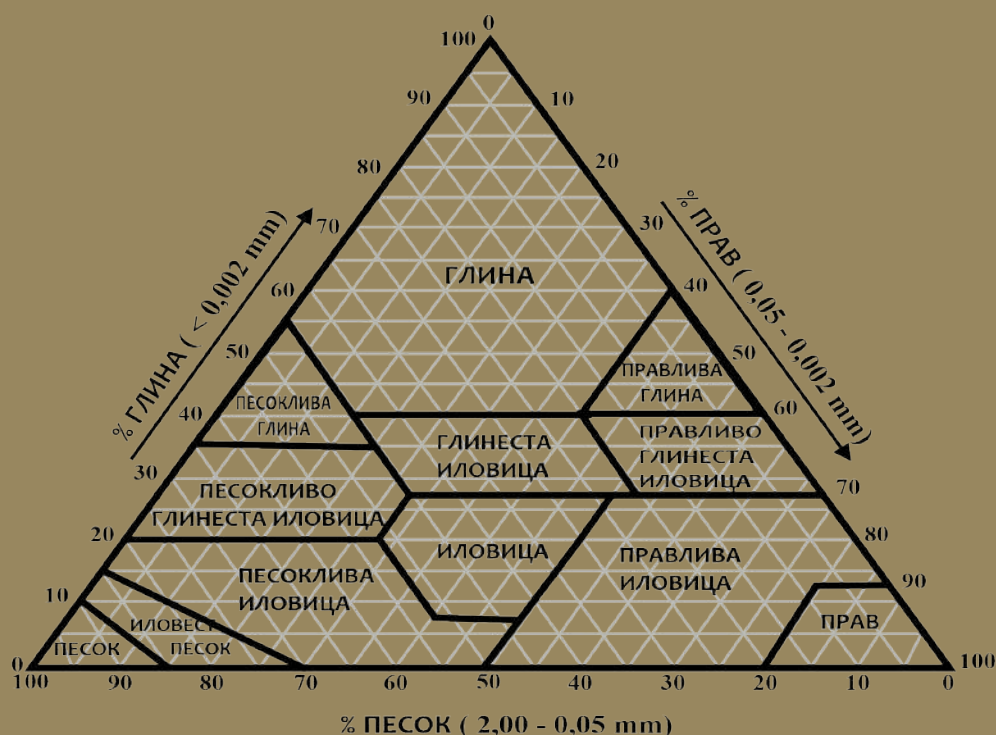
Слика 103. Содржина на глина % и песок % во почвите на Р Македонија
(извор: MASIS, Педолошка карта на Р Македонија)

Постојат многу класификации за текстурната класа на почвата. Тука, се дадени класификациите на Вигнер во која има 8 текстурни класи, на Качински со 9 (табела 12), на Шефер и Шахтшабел со 13 (табела 14) и Американскиот триаголник, кој има 12 текстурни класи (слика 104).

Кај нас најмногу се користи Американскиот триаголник за текстурните класи и класификацијата според Шефер и Шахтшабел.

Табела 13. Класификации на почвите во текстурни класи според Вигнер и Качински

Класификација на Вигнер		Класификација на Качински	
Име на текстурна класа	Содржина на физичка глина < 0,02 mm во %	Име на текстурна класа	Содржина на физичка глина < 0,02 mm во %
Песок	0 - 10	Несврзана песоклива почва	0 - 5
Песоклива почва	10 - 20	Сврзана песоклива почва	5 - 10
Лесно илеста почва	20 - 30	Песоклива почва	10 - 20
Средно илеста почва	30 - 40	Лесно илеста почва	20 - 30
Тешко илеста почва	40 - 50	Средно илеста почва	30 - 45
Лесно глинеста почва	50 - 60	Тешко илеста почва	45 - 60
Средно глинеста почва	60 - 75	Лесно глинеста почва	60 - 75
Тешко глинеста почва	> 75	Средно глинеста почва	75 - 85
		Тешко глинеста почва	> 85



Слика 104. Триаголник на текстурните класи во САД
(Извор: Soil Survey Division Staff, 1993)

Сите класи најчесто се групираат во три основни групи, така што се разликуваат *песокливи, илести и глинести почви*.

Песокливите почви добро се аерирани имаат добра водопропустливост, но слаба водозадржливост, лесно се загреваат и затоа се означуваат како „суви и топли“ почви. Се одликуваат со ниска пластичност, лепливост и сврзаност. Лесно се обработуваат, имаат мала содржина на глина и хумус, ниска атсорптивна способност, т.е. задржуваат многу малку хранливи материи во себе. Чистите песоци можат да се користат во шумарството, а песокливите почви со повеќе глина и во земјоделството. Плодноста им се наголемува со зголемување на содржината на глина и хумус, и со примена на вештачки ѓубрива што треба да се додаваат почесто и во мали дози за да се избегне опасноста од промивање и загадување на животната средина.

Глинестите почви имаат сосема спротивни својства во споредба со песокливите. Тие се одликуваат со лоши физички и релативно добри хемиски својства. Имаат висока водозадржливост, а слаба водопропустливост и аерираност. Потешко се загреваат и затоа често се означуваат како „влажни и ладни“ почви. Се одликуваат со висока пластичност, лепливост и набабреност во влажна состојба и тврдост, збиеност и испуканост во сува состојба. Почвите со голема содржина на глина (особено од групата на смектити, монтморилонит) се означуваат како „тешки“ почви. Имаат релативно краток интервал на квалитетна обработка на почвата и при тоа даваат силен отпор. Како резултат на неповолниот воден, воздушен и топлотен режим, имаат и намалена биолошка активност. Исто така, овие почви се проблематични, како при наводнувањето, така и при одводнувањето. Поради високата содржина на глина и подобрата хумузност имаат висок капацитет на атсорпција, и се одликуваат со повисока пуферност. Можат да се ѓубрат поретко, но со повисоки дози на фосфорни и калиумови ѓубрива, без опасност од нивно промивање.



Слика 105. Песоклива почва



Слика 106. Глинеста почва



Слика 107. Илеста почва

Илестите почви чинат преод помеѓу песокливите и глинестите почви. Имаат добри физички и хемиски својства. Во нив има приближно еднакво количество песок, прав и глина. Добро ја пропуштаат и задржуваат водата и добро се аерирани. Кога имаат поволна влажност даваат добар квалитет на обработка и затоа се означуваат како „средно тешки“ почви. Имаат добар капацитет на адсорпција, содржат и добро задржуваат хранливи материи и можат да се ѓубрат со високи дози на ѓубрива без опасност од нивно промивање.

Табела 14. Класификација на почвата во текстурни класи според Шефер и Шахтшабел

Текстурна класа	Содржина на фракциите на ситноземот во %					
	Глина < 0,002 mm	Прав 0,002 - 0,02 mm	Глина + Прав < 0,02 mm	Вкупен песок 0,02 - 2 mm	Ситен песок 0,02 - 0,2 mm	Крупен песок 0,2 - 2 mm
Иловест крупен песок	< 15	< 45 > 45	< 15	> 85	> 40	> 45
Иловест ситен песок			< 15	> 85		
Крупно песоклива иловица			15 - 35	65 - 85		
Ситно песоклива иловица			15 - 35	65 - 85		> 45
Иловица			> 35	< 65		
Правлива иловица	15 - 25	< 20 < 45 > 45	< 45	> 55		
Песокливо глинеста иловица			< 45	> 55		
Глинеста иловица			> 35	< 65		
Правлива глинеста иловица	25 - 45	< 20 < 45 > 45	> 60	< 40		
Песоклива глина			< 45	> 55		
Иловеста глина			> 45	< 55		
Правлива глина			> 70	< 30		
Тешка глина	> 45					

9.1.1. Значење на механичкиот состав за другите почвени својства и за земјоделското производство

Според досега кажаното, текстурата на почвата е од големо значење за генезата и еволуцијата на почвата, за физичките, физичко-механичките и атсорптивните својства на почвата, и има непосредно значење за земјоделското производство.

Во природата, механичкиот состав е една од најстабилните карактеристики на почвата. Од механичкиот состав зависи водниот, воздушниот и топлотниот режим на почвата.

Водно-воздушниот режим од една страна зависи и од минералошкиот состав на глината. Почва со 40 % на глина од типот на монтморилонит има многу полоши физички својства од почва која содржи 70 % на каолинит. Од друга страна, две глинести почви, со ист процент на глина и на други фракции може да имаат различен воден, воздушен и топлотен режим ако имаат различна структура. Бесструктурните глинести почви имаат лоши, а глинестите почви со стабилна зрнеста структура имаат добри физички својства. Физичките својства на почвите при иста содржина на глина се подобри, доколку во почвениот атсорптивен комплекс има повеќе атсорбирани Ca^{2+} -јони, отколку H^{+} и Na^{+} -јони. Исто така, при еднаков процент на глина, ако во едната почва механичките елементи имаат плочеста и дисковидна форма, лепливоста, пластичноста и сврзаноста се посилено изразени, во споредба со другата што има сферични механички елементи.

Некои автори сметаат дека механичкиот состав претставува едно од морфолошките својства на почвата. На терен, со копање на почвениот профил и при неговото морфолошко опишување, квалитативно може да се определи механичкиот состав на почвата со пипање и дробење на сувата почва и со валање и гмечење на влажната почва под прстите. На тој начин, може да се определат најмалку 5 текстурни класи: песокливи, песокливо-илести, илести, илесто-глинести и глинести.

Изборот на културни растенија за сеидба и садење многу зависи од механичкиот

состав на почвата. Па така, на почви со полесен механички состав подобро е да се одгледуваат коренести и клубенести култури, тутун, компир и рано градинарски култури.

Примената на разни мелиоративни и хидротехнички мерки се исто така во тесна корелација со механичкиот состав. Почвите со полесен механички состав е потребно почесто да се наводнуваат во помали количини, за разлика од „потешките“ почви. Ова е поврзано и со поставувањето на системите за наводнување и одводнување (растојанието на каналите, дренажите и сл.), како и со изборот на начинот на наводнување (вештачки дожд, капака по капка, површинско наводнување и сл.).

Интервалот за обработка кај почвите со полесен механички состав е подолг, а кај глинестите е многу краток. Поголемата содржина на глина во почвата предизвикува поголем отпор при обработката, а со тоа се наголемуваат и трошоците за оваа операција. Со обработката пак, особено со длабоката обработка, може да се измени механичкиот состав кога се мешаат два слоја или хоризонти со различен механички состав. Механичкиот состав може да се измени и со чистење на скелетот од почвата, со раменење на почвата за наводнување и сл.

Хемиските мелиорации, т.е. количеството на вар (CaCO_3) за калцизација на киселите почви и на гипс (CaSO_4) за гипсирање на солениите почви е дотолку поголемо доколку почвата содржи повеќе глина.

Изборот и дозите на минералните ѓубрива зависат од механичкиот состав на почвата. Во „полесните“ почви, хранливите материи повеќе се промиваат и затоа е потребно почесто ѓубрење со помали дози. Еутрификацијата на подземните води е поголема кај овие почви. Кај глинестите почви нема опасност од промивање на хранливите материи и затоа можат да се ѓубрат поретко и во поголеми дози.

Механичкиот состав е од значење и за еродибилноста на почвата. При еднакви други услови, почвите побогати со прав и неструктурните, посилно се еродираат.

За земјоделското производство од големо значење е и текстурната диференцираност на почвата (профилот). Силната текстурна диференцираност (разлики во механичкиот состав помеѓу хоризонтите) е штетна. Растенијата бараат што похомогена средина за нивниот раст и развој. Затоа земјоделецот тежнее да создаде хомоген и длабок ораничен слој.

Конечно, ако е економски оправдано, човекот може да го менува механичкиот состав на почвата во насока на подобрување на нејзините својства со додавање песок во глинестите почви, односно глина во песоковите почви. Ваквото искуство се покажало како многу позитивно во Германија, со покривање на песоковите почви со слој на лес од 20 cm ($2\,000\text{ m}^3/\text{ha}$ лес).

9.2. Структура на почвата

Од физичките својства на почвата, структурата не претставува директен фактор од кој зависи растот и развојот на растенијата, но има големо влијание врз сите фактори значајни за развојот на растенијата. Таа има големо влијание врз водниот, воздушниот и топлотниот режим на почвата, врз микробиолошката активност и достапноста на хранливи елементи за растенијата. Ова посебно се однесува за почвите со тежок механички состав (глинести почви) чија плодност во голема мера зависи од структурата.

Во почвата, примарните (индивидуални) честички најчесто се сврзани (слепени) меѓусебно во помали или поголеми единки – т.н. структурни агрегати. Агрегатите образувани во почвата по природен пат се означуваат како педови, а оние образувани со обработка на почвата, се наречени грутки. Во зависност од нивната големина се поделени на микроагрегати ($< 0,25\text{ mm}$) и макроагрегати ($> 0,25\text{ mm}$).

Под структура се подразбира димензијата, формата и распоредот на агрегатите (и порите) во просторот (почвата).

Структурата, односно образувањето на структурните агрегати може да биде природна, создадена по природен пат во текот на педогенезата и вештачка, создадена под влијание на човекот.

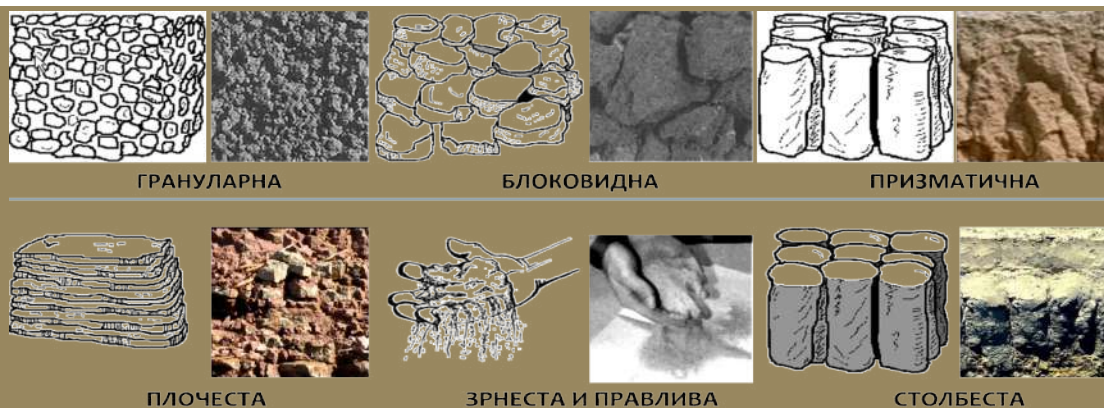
Структурата не претставува статично својство на почвата. Таа е динамично својство, бидејќи во почвата постојано се одвиваат два спротивни процеса (агрегација и дезагрегација). При тоа, *образувањето на агрегати (особено макроагрегати) се означува како агрегација, а нивното разурнување како дезагрегација*. образувањето пак на стабилни зрнести агрегати со димензии од 0,25 до 10 mm се означува како гранулација или оструктурирање, а нивното разурнување, како обеструктурирање на почвата.

Слично како кај механичкиот состав на почвата кога се определуваат разни фракции механички елементи во почвата тука, определувањето на содржината на групи (фракции) агрегати со различна димензија се означува како агрегатна анализа на почвата, при што агрегатите претходно не се диспергираат во примарни честиици.

Под агрегатен состав на почвата се подразбира содржината на групи агрегати различни по димензија, изразена во % од почвената маса.

Почвите може да имаат различна структура: зрнеста, грашковидна, плочеста, столбеста, блокова, призматична и др. (слика 108).

Почвата може и да нема структура (бесструктурна состојба). Во таква состојба се силно песоковите почви каде што нема слепување на примарните честички и образување агрегати („едночестична состојба“). Почвите со ваква „структура“ имаат добра инфилтрација и аерација, но многу слаба водозадржливост. Бесструктурни се и некои тешко глинести почви во влажна состојба, во која сите честички се слепени во монолитна маса (масивна или кохерентна состојба), што не се распаѓа на агрегати. Во ваквите почви има отежната аерација и водопропустливост.



Слика 108. Типови на структура на почвата

Треба да се прави разлика околу поимот структура на почвата кога се разгледува како физичко и морфолошко својство на почвата, од поимот структура во агрономска смисла на зборот. Од морфолошка гледна точка, која било структура може да биде добро изразена и карактеристична, но од земјоделска гледна точка, поимот добра структура подразбира само ситнозрнеста и зрнеста структура. Степенот на почвената агрегација е показател за квалитетот на почвата.

Од најголемо значење е стабилноста на агрегатите. Се разликува *механичка стабилност* и *стабилност во вода* (водоотпорност). Ова е посебно важно за обработката и наводнувањето на почвата.

Од земјоделска гледна точка, како структурни се означуваат само оние почви што имаат стабилна зрнеста структура во ораничниот слој, со големина на агрегатите од

0,25 до 10 *mm*, каде што доминираат оние од 2 до 3 *mm*, кои се водоотпорни и механички стабилни и така распоредени во просторот што даваат висока порозност, со висок процент на некапиларни пори.

Одделните форми на структура во почвата се показател за нејзините својства и процеси. Така, зрнестата структура е индикатор за плодна почва, а призматичната структура е индикатор за присуство на многу глина во почвата, што значи дека станува збор за тешка почва и треба многу да се внимава околу нејзината обработка.

Во процесите на формирање на структурата на почвата има три фази:

- » образување на микроагрегати,
- » образување на макроагрегати и
- » стабилизирање на агрегатите.

За образување на микро и макроагрегатите многу значајна улога имаат почвените колоиди, кои во процесот на коагулација ги слекуваат честичките на глина, прав и поситниот песок во микроагрегати. Оваа фаза некои автори ја означуваат како (колоидно-хемиска фаза). Коагулирањето може да се врши со дехидратација (сушење) и мрзнење, но таа коагулација не се одликува со таква неповратност (иреверзибилност) каква што се добива ако коагулирањето се врши под влијание на двовалентните Ca^{2+} , Mg^{2+} и тривалентните Al^{3+} и Fe^{3+} -јони. Неповратно коагулираните агрегати се стабилни во вода (водоотпорни).



Слика 109. Образување на микро и макроагрегати во почвата

Втората и третата фаза (образување на зрнести макроагрегати и нивно стабилизирање) вклучува два процеса што се одвиваат истовремено во почвата:

1. формирање на агрегати со механички сили и
2. стабилизација на агрегатите со цементирање (лепење).

Првиот процес се јавува под влијание на разни механички сили што ја раздробуваат кохерентната почвена маса во макроагрегати и вршат притисок на примарните честички и микроагрегатите да се приближат и привлечат што е можно повеќе и да формираат макроагрегати. Факторите под чие влијание се врши ова се поделени на: климатогени

(сушење-влажење, мрзнење-топење), *биогени* (коренов систем, фауна) и *антропогени* (обработка на почвата).

Наизменичното влажење и сушење ја дроби почвената маса и големите џомби во макроагрегати. При сушење се контрахираат колоидите и се јавуваат голем број на ситни пукнатини во сите насоки и се формираат агрегати. Ефектот е многу посилен при мрзнење и топење на почвата. Со мрзнење на водата во порите се образуваат кристали, кои растат, го наголемуваат својот волумен, и вршат силен притисок врз околната маса, ја дробат во ситни агрегати, кои остануваат и по топењето на мразот.

Со сите овие набројани фактори, образуваниите агрегати и самата структура на почвата не е со таков квалитет како што се добива кога делуваат биолошките фактори и факторите на вториот процес. Затоа некои автори, образуваниите агрегати под влијание на претходните фактори ги означуваат како псеудоагрегати или лажни агрегати, кои можат многу лесно да се разрушат по првиот дожд.

Меѓу биолошките фактори главна улога му припаѓа на кореновиот систем на растенијата, кој навлегувајќи во почвената маса, механички ја дроби во макроагрегати, посилено ја исушува во својата близина, со што предизвикува ситни пукнатини, врши притисок врз агрегатите, со што во нив ги доближува и пакува примарните честички и микроагрегатите и ги обвива агрегатите со густа мрежа од тенки влакна. Вишата фауна движејќи се низ почвената маса и исфрлајќи почва ја дроби исто така во зрнести макроагрегати. Низ телото на црвите минува значително количество почва што се исфрла во вид на ситни макроагрегати (копролити).

Биолошките фактори најмногу доаѓаат до израз при образувањето на структурата во хоризонтот А, а климатогените фактори доминираат во хоризонтот В на почвата.

Обработката на почвата ако се врши во физиолошкиот интервал за обработка, придонесува за дробење на почвата во зрнести макроагрегати. Во спротивно, ако се обработува почвата кога е многу сува, или влажна, доаѓа до разрушување на структурата.

Факторите на вториот процес (стабилизација на макроагрегатите) се поделени во три групи: *биогени*, *физичко-хемиски* и *хемиски*.

Биогените се најважните и меѓу нив треба да се потенцира влијанието на растителните корења пред сè на многугодишната тревна вегетација, на микроорганизмите и на фауната (во прв ред на дождовните црви). Растителните корења се постојани снабдувачи со органски отпадоци (целулоза, хемицелулоза, белковини), кои со разложување под влијание на микроорганизмите даваат материи што вршат слепување (цементирање) на агрегатите (органски полимери, хумински материи, полиурониди, полисахариди и др.). Освен тоа, и самиот коренов систем лачи лепливи, слузести материи, а густоот тревен покривач ја штити почвата од штетниот удар на дождовните капки.

Микроорганизмите се исто така многу значаен фактор за стабилизација на макроагрегатите: ги сврзуваат честичките и микроагрегатите директно со своите колонии (особено мицелиите на габите), лачат слузести лепливи материи и ги разложуваат свежите органски отпадоци давајќи материи што цементираат. Тука посебно се истакнуваат полиуронидите и полисахаридите, кои се линеарни колоиди и кои градат како конец тенка мрежа и на тој начин ги слепуваат почвените честички.

Улогата на фауната посебно на црвите е значајна и во вториот процес бидејќи значителното количество почва што минува низ нивното тело и што се исфрла во вид на ситни зрнца (копролити) се стабилно слепени со слуз од телото на црвите.

Од сего ова може да се каже дека како главен фактор во стабилизацијата на макроагрегатите се истакнува постојаното снабдување со свежи органски отпадоци и интензивната микробиолошка активност при која се образуваат материи што ги лепат агрегатите.



Слика 110. Стабилизација на агрегатите во почвата

Меѓу физичко-хемиските фактори треба да се истакне неповратната коагулација на органските и минералните колоиди под дејство на катјоните (Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ и Al^{3+}), со што се добива стабилен цемент (лепило). Тука треба да се додаде и коагулирањето меѓу позитивно наелектризираните колоиди на сесквиоксидите на Fe и Al и негативно наелектризираните колоиди на хумусот, и SiO_2 . Ова се случува повеќе во посилено изразена кисела и умерно кисела средина во почвата отколку во слабо кисела и алкална средина бидејќи се намалува позитивниот полнеж на сесквиоксидите со наголемување на pH. И конечно да не се заборави сврзувањето на хумусните и полимерните органски материи со глинените минерали (атсорбирање преку функционалните групи и др.) со што се добиваат стабилни коагели. Особено стабилен цемент се добива со коагулирање на хидратисаните сесквиоксиди на Fe и Al (во црвениците и латеритите) во реони со топла и тропска клима. Тие се најчесто во аморфна форма, ги обвиваат почвените чесетици и ги цементираат. Во споредба со почвите од поумерените области со слична содржина на органски материи, тропските почви имаат многу поголема стабилност на агрегатите и нивната агрегација многу помалку зависи од содржината на органските материи во почвата.



Слика 111. Стабилност на агрегатите после одредено време

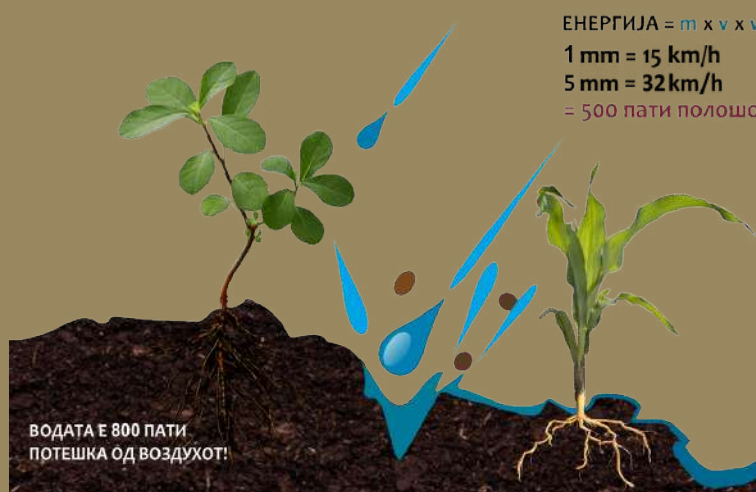
Како хемиски фактор може да претставува минувањето на некои материи од растворлива во нерастворлива форма (CaCO_3 , силикати на Mg и Fe), при што се цементираат честичките и микроорганизмите.

Спротивниот процес на агрегацијата е разурнување или дезагрегација на

агрегатите. Факторите на разурнување на структурата се поделени во три групи: *механички, биолошки и физичко-хемиски*.

Меѓу механичките, најзначајно е дејство на водата во вид на дождовни капки и со наводнување.

Дождовните капки со својот силен удар механички ги разурнуваат и диспергираат макроагрегатите и примарните честички. Овие ги затнуваат порите, се создава тенка кора 1–2 cm (површинско запечатување на почвата), со ниска порозност, со малку некапиларни пори и висока привидна густина. Покорицата силно го намалува навлегувањето на вода и воздух во почвата и го оневозможува поникнувањето на растенијата. Во некои почви, растворањето на солите под влијание на дождовната вода ја стимулира дисперзијата на глината чии честички се промиваат и ги затнуваат порите. Исто така, се намалува и животниот активен простор на коренот на растенијата, микроорганизмите и на фауната. Ваков процес на разрушување на структурата е познат и како микроерозија на почвата.



Слика 112. Ударно дејство на дождовните капки

Разурнувањето е до толку поинтензивно, до колку дождовните капки се поголеми, паѓаат со поголема брзина, дождот е поинтензивен, а почвата посува. При многу интензивни дождови, водата нагло навлегува во меѓаагрегатниот простор на агрегатите, го набива воздухот во ситните пори и кога неговиот притисок ќе стане поголем од силите со кои се сврзани макроагрегатите, настапува нивно разурнување („експлодирање“). Слично дејствува и водата со која се наводнува сувата почва, особено кога се применуваат методи со кои се натопува целата површина. Затоа се препорачува постепено влажење (вештачки дожд) или побавно наводнување во бразди, со што се овозможува постепено истиснување на воздухот. Механички се разурнуваат агрегатите и со газење (машини, животни), особено на влажна почва и со обработка во услови на неповолна влажност, кога почвата се распрашува или се претвора во цомби. Со обработка, исто така, постојано нова почвена маса се изложува на удар на дождовните капки.

Физичко-хемиските фактори се од помало значење и за нив е потребно долготрајно да делуваат за да покажат негативен ефект. Суштината на нивното дејствување е во замената на адсорбираните Ca^{2+} -јони со едновалентните Na^{+} и NH_4^{+} -јони кои вршат пептизирање на колоидите и дезагрегација. Ова се случува ако се наводнува со вода со лош квалитет или со долготрајна употреба на вештачки ѓубрива што ги имаат овие катјони во својот состав.

Суштината на биолошките фактори, кои се од најголемо значење и за

дезагрегацијата е во намалувањето на органскиот цемент со минерализација. Ако нема постојано снабдување на почвата со свежи органски отпадоци, микроорганизмите како извор на енергија ги користат органските материи што вршат цементирање, ги минерализираат и настапува дизагрегација.

9.2.1. Значењето на стабилната зрнеста структура за другите својства на почвата и за културното растение

Добрата структура со доминација на стабилните зрнести агрегати непосредно влијаат врз многу физички и хемиски својства на почвата кои ја одредуваат нејзината плодност и продуктивност.

Стабилната структура влијае врз создавање на поголема вкупна порозност, а со тоа и на добар воден, воздушен и тоplotен режим на почвата. Тоа понатаму влијае врз поинтензивна активност на почвената микрофлора и фауна, побрза минерализација на хумусот и на подобар режим на исхрана на растенијата.

Почвите со стабилна зрнеста структура, и до колку се длабоки и богати со зрел неутрален хумус, имаат поголема продуктивна способност и на нив одгледуваните растенија даваат поголеми приноси.

Влијанието на стабилната структура врз продуктивноста на почвата се објаснува на следниве начини:

- ✓ почвите со стабилна зрнеста структура имаат пониска привидна густина, односно тие се растресити и по обработката растреситоста ја задржуваат подолго време и не образуваат покорица. Тоа овозможува растението полесно да никне, а подоцна кореновиот систем лесно се пробива низ почвената маса и не троши непотребно енергија. Таквите почви се лесни и за обработка, со што се штеди и во потрошувачката на гориво и во изборот на механизацијата;
- ✓ вкупната порозност во почвите со стабилна структура е голема, поволен е и односот на некапиларните и капиларните пори, поради што во почвата има доволно вода и воздух. Дел од водата што доаѓа во почвата се цеди низ макропорите (некапиларните пори), а дел се задржува во микропорите (капиларните пори) и со тоа почвата, односно растенијата имаат доволно вода за раст и развој и истовремено не страдаат од недостаток на кислород;
- ✓ тоplotниот режим во почвите со стабилна структура е поволен и во нив нема екстреми при загревање и ладење, бидејќи тоа негативно влијае врз микробиолошките процеси и на други почвени услови значајни за одгледување на растенијата. По дожд овие почви брзо се оцедуваат, не остануваат заситени со вода и затоа не се ладни. Напролет бргу се загреваат;
- ✓ поволниот воден, воздушен и тоplotен режим на почвата, како резултат на стабилната зрнеста структура придонесуваат за интензивна биолошка активност, создавање на органска материја (хумус), а потоа и нејзина минерализација и мобилизација на хранливите елементи. Затоа овие почви имаат и многу поволен хранлив режим;
- ✓ овие почви помалку страдаат од водна и еолска ерозија, растресити се и добро ја впираат и пропуштаат водата, со што многу мал дел од водата истечува по површината и со тоа многу мал дел од материите се однесуваат со ерозија;
- ✓ почвите со стабилна зрнеста структура покажуваат подобар ефект при наводнувањето, бидејќи добро ја впираат и задржуваат водата, не образуваат кора, помалку испаруваат и затоа поретко се наводнуваат. Исто така, опасноста од засолување во нив е многу мала;
- ✓ во почвите со стабилна зрнеста структура, употребата на минералните ѓубрива

доведува до полн позитивен ефект и до повисок коефициент на искористување на ѓубривата. Во почвите има доволно вода за растворање на ѓубривата и доволно воздух за одвивање на животните функции на растенијата;

✓ при промена на влажноста, почвите со стабилна зрнеста структура не ја менуваат својата физичка состојба, односно не се раскалуваат и не се претвораат во грутки. Исто така, физичката зрелост за обработка трае подолго време и се јавува поширок интервал на влажноста.

Но, практиката покажува дека присуството на таквата структура не е секојпат апсолутно неопходен услов за висока продуктивност. И почвите што немаат таква структура, но имаат стабилни микроагрегати, при добра земјоделска практика и поволни временски услови, можат да даваат високи приноси.

Обратно, почвите со неповолна структура, со нестабилни призматични и грутчести агрегати или бесструктурните почви со тежок механички состав имаат сосема спротивни својства во однос на претходните и со тоа и многу помала продуктивна способност.

9.2.2. Мерки за подобрување и одржување на структурата на почвата

Структурата не е постојано својство на почвата. Поради тоа, одржувањето на висок степен на агрегација е една од најважните цели во управувањето со почвата. Во земјоделските почви, таа може многу лесно да се разруши ако човекот не ја користи правилно.

Во земјоделската практика се преземаат низа мерки за да се одржи или подобри стабилната зрнеста структура на почвата.

Ако се знае важноста на одделните фактори во создавањето и стабилизацијата на агрегатите, тогаш сите тие мерки може да се поделат во 4 групи:

- » влијание врз органската материја,
- » влијание врз состојбата на почвените колоиди,
- » обработка и
- » додавање на синтетички стабилизатори на структурата.

Влијанието врз органската материја во почвата главно се одвива преку одгледување на растенијата и со мерките на хумизација. Ефектот е до толку поголем, до колку се добива поголемо количество органски отпадоци (високи приноси), до колку е кореновиот систем погуст, поразгранет и повлакнест, и до колку надземните органи подобро ја штитат почвата од ударот на дождовните капки. Најголем ефект за структурата на почвата дава одгледувањето на многугодишните треви, како и плодореди во кои се вклучени многугодишните треви, при што треба да се знае дека ова е возможно само во услови на наводнување. Зеленото ѓубрење (сидерација) исто така придонесува за агрегацијата, како и внесувањето на шталско ѓубре, компост и создавање на оптимални услови за микробиолошка активност во почвата, важни за образување материи што цементираат. Во истата насока се и одржувањето на површината на почвата со покривни култури, како и мулчирањето на почвата.

Влијанието на состојбата на почвените колоиди се постигнува со гипсирање и калцизација. Со гипсирање се заменуваат адсорбираните Na^+ -јони со Ca^{2+} -јони, при што колоидите неповратно се коагулираат, се создаваат стабилни микроагрегати, а во комбинација и со другите мерки (многугодишни треви) и стабилни макроагрегати. Со калцизација, односно со замена на H^+ и Al^{3+} -јоните со јони на Ca^{2+} во киселите почви, не се изменува состојбата на колоидите бидејќи тие се неповратно коагулирани и со претходните јони. Но, самото неутрализирање на реакцијата на почвениот раствор создава подобар амбиент за растење на растенијата и наголемување на приносите и подобра микробиолошка активност во почвата. Тоа значи дека CaCO_3 не укажува

директно дејство, туку го подобрува оструктурирањето индиректно, преку наголемување на приносите.

Кога станува збор за обработката на почвата, сите начини на т.н. редуцирана, односно намалена обработка на почвата, како и обработката во состојба на физичка зрелост, позитивно влијае врз агрегацијата на почвата. Тука спаѓаат и конзервационата обработка и обработката со формирање бразди и гребени со можност за оставање на растителните отпадоци.

Во светот се произведуваат различни органски полимери – синтетички стабилизатори на структурата, кои на пазарот се присутни под различни имиња, како што се: крилиум, флотал, HPAN, PAA, полиакриламид (РАМ) и др. Тие се многу ефикасни и најчесто се користат во мали количини и го заменуваат опишаното дејство на органските цементни материи. На пример, со правилно додавање на полиакриламидот (РАМ) и тоа во многу мали дози, може многу ефикасно да ја отстрани појавата на покорица во почвата. Некои испитувања покажале дека, посакуваниот ефект се постигнува со додавање од 1 до 15 mg/L во вода за наводнување или со прскање од 1 до 4 kg/ha. Исто така, позитивни ефекти се забележани и со употреба на препарати што содржат алги. Тие исто така се користат во мали количини бидејќи многу брзо се размножуваат во почвата. Нивното влијание е многу позитивно во стабилизацијата на агрегатите во површината на почвата. Но, кај нас ваквите препарати имаат ограничена примена во земјоделството поради високата цена на пазарот.

На пазарот се продаваат и различни хумусни материјали поради нивниот голем ефект врз стабилизација на структурата, а се внесуваат во релативно мали количини (< 500 kg/ha). Но, многу детални истражувања спроведени на повеќе универзитети не успеале да го докажат нивниот толку голем позитивен ефект во однос на стабилноста на агрегатите и наголемување на приносот, како што тоа се тврди во нивното упатство.

9.3. Густина на почвата

Се разликуваат две густини на почвата: права (фактичка) и привидна (волумна) густина.

Правата густина е густината само на цврстата фаза на почвата, при што се исклучени порите. Се означува со симболот (ρ).

Правата густина претставува густина на 1 cm³ почва (без порите) изразена во грамови.

Таа е постојано својство и зависи правопрпорционално од содржината на феромагнетиски минерали во почвата, а обратнопрпорционално од содржината на органска материја. Во почви со поголемо присуство на органска материја, нејзината вредност изнесува околу 1,4 g/cm³, а за минералниот дел на почвата од 2,2 до 2,9 g/cm³. Најчесто, средната вредност на правата густина во почвата изнесува 2,65 g/cm³. На вредностите на правата густина, структурата на почвата нема никакво влијание. Во лабораторија се определува со помош на пикнометар.

Привидната густина претставува густина на 1 cm³ сува почва во природна состојба (вклучувајќи ги и порите) изразена во грамови.

Се означува со симболот (ρ_p). За да се определи привидната густина на почвата, проби се земаат на терен во ненарушена природна состојба со помош на копечкиевци цилиндри.

ФАКТИЧКА ГУСТИНА

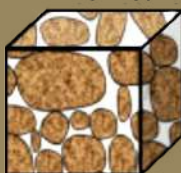
САМО ЦВРСТА ФАЗА



100% ЦВРСТА ФАЗА
ВОЛУМЕН = 1 cm^3
ТЕЖИНА (МАСА) = 2,88 g

ПРИВИДНА ГУСТИНА

ЦВРСТА ФАЗА И ПОРИ (ЗАЕДНО)



50% ЦВРСТА ФАЗА и 50% ПОРИ
ВОЛУМЕН = 1 cm^3
ТЕЖИНА (МАСА) = 1,44 g

ДЕЛ ЦВРСТА ФАЗА И ДЕЛ ПОРИ



Слика 113. Шематски приказ за фактичка и привидна густина

За разлика од правата густина, привидната не е константна и се менува со обработката, со набивањето на почвата и сл. Таа зависи правопрпорционално од правата густина, а обратнопрпорционално од порозноста на почвата. Во нашите почви, привидната густина се движи најчесто од 1,3 до 1,6 g/cm^3 . Во силно збиениот В-хоризонт, вредностите за привидната густина се наголемуваат. Па така, кога се тие поголеми од 1,6 g/cm^3 , тоа значи дека во почвата се наголемува компактноста, која го запира или отежнува пробивањето на коренот на растенијата низ почвената маса. Во суштина, густината на подораничните слоеви е поголема поради тежината на почвата и набиената структура. До наголемување на вредностите на привидната густина, а со тоа и на компактноста на почвата се случува во услови на нестабилна структура. Под влијание на врнежите доаѓа до разрушување на агрегатите и нивно раскалување, особено во површинскиот дел на почвата. Исто така под влијание на тешката механизација доаѓа до набивање дури и во подлабоките слоеви. Оваа состојба предизвикува намалување на приносите, а може и да предизвика стагнација на водата во ораничниот слој. Во ваков случај е потребно да се изврши подривање и длабока обработка на почвата за да се намали компактноста и да се наголеми бројот на порите, посебно на тие поголеми од 50 μm .

Бидејќи вредностите на привидната густина укажуваат на порозноста на почвата, која е значајна за раст и развој на растенијата, едновременно нејзината вредност се користи и како показател за квалитетот на почвата. Колку е помала привидната густина, толку е поголем волуменот на порите во почвата, при што условите се поволни за растенијата и обратно. Поголемите вредности за привидна густина укажуваат за нарушување на условите во почвата.

Познавањето на густината (фактичка и привидна) на почвата го има следново значење:

- правата густина е индикатор на минералошкиот состав на почвата и нејзината хумузност, при што високите вредности означуваат присуство на потешки (феромагнетиски) минерали и слаба хумузност. Поголема содржина на органска материја во почвата ја намалува вредноста на правата густина, бидејќи органската материја е многу полесна во споредба со минералниот дел на почвата;
- двете заедно овозможуваат да се пресмета вкупната порозност на почвата;
- вредностите на привидната густина се индикатор за компактноста на почвата, при што високите вредности означуваат голема компактност, а намалена порозност;
- познавањето на привидната густина се користи за пресметување на масените % на влага во волумни %, а овие се потребни при пресметување на достапната вода за растенијата и колку вода треба да се додаде во почвата со наводнување

- во m^3/ha ;
- за пресметување на масата (тежината) на почвата. Така на пример, површина од 1 ha, со длабочина од 20 cm и привидна густина од $1,5 \text{ g/cm}^3$, тежи 3 000 t, односно 3 000 000 kg ($1,5 \times 100 \times 0,2$). Волуменот на почвата со длабочина од 20 cm изнесува $2\,000 \text{ m}^3$ ($10\,000 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m} = 2\,000 \text{ m}^3$);
- за пресметување на содржина на хумус изразена во t/ha, вкупен азот во kg/ha, за потребните количини на ѓубриво или средства за гипсирање и калцизација на почвите. Пример, во лабораторија се добива податок дека во анализирана проба има 4 mg P_2O_5 во 100 g почва, т.е. 40 mg во 1 kg. Во овој случај, 1 ha површина, со длабочина од 20 cm содржи ($3\,000\,000 \times 40 = 120\,000\,000 \text{ mg}$) или 120 000 g или 120 kg P_2O_5 . Ако за постигнување на определен принос на 1 ha се потребни 300 kg P_2O_5 , тогаш треба да се додадат $300 - 120 = 180 \text{ kg } \text{P}_2\text{O}_5$. Слично се пресметуваат и потребни количини на CaCO_3 за калцизација на кисели почви или CaSO_4 за гипсирање на солени почви. Пример, ако во лабораторија се констатира дека е потребно да се додаде 0,5 g CaCO_3 за калцизација на 100 g почва, т.е. 5 g за 1 kg, тогаш според горниот пример треба да се додадат ($3\,000\,000 \times 5 = 15\,000\,000 \text{ g}$), односно 15 000 kg CaCO_3 на хектар.

9.4. Специфична површина на почвата

Под специфична површина на почвата се подразбира вкупната површина на почвените честички на единица тежина (маса). Се изразува во m^2g^{-1} .

Постојат три специфични површини: надворешна, внатрешна и вкупна специфична површина.

Надворешната специфична површина претставува збир од сите површини на честичките во 1 грам почва, од нивната надворешна страна спрема макропорите и капиларните пори. Внатрешната специфична површина е еднаква на збирот на површините на меѓуагрегатните пори во 1 грам почва, а вкупната е збир од двете специфични површини.

Кога станува збор за специфичната површина на почвата се мисли на вкупната специфична површина. Таа зависи од механичкиот состав на почвата, посебно од содржината на глина. Со наголемување на содржината на глина во почвата се наголемува специфичната површина, односно се наголемува слободната површинска енергија, а со тоа и адсорптивната способност на почвата.

Во разни почви вредностите на специфичната површина се разликуваат како резултат на разликите во содржина на хумус, глина и посебно од минералошкиот состав на глината. Во слабо хумусни и песокливи почви, специфичната површина е помала од $1\text{m}^2\text{g}^{-1}$, а во почви богати со хумус и со минерали на глина од смектитската и вермикулитната група, изнесува над $200 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$.

Специфичната површина е многу значајно физичко својство на почвата. Повеќе физичко-механички својства на почвата како пластичност, лепливост, сврзаност, бабрење, потоа способноста за адсорпција на молекули и јони, непосредно зависат од дејството на површинските сили, или посредно, со измена на својствата на водата во непосредна близина на глинените честички, под влијание на тие сили. Сите претходно наброени својства во почвата се посилено изразени до колку е поголема нивната специфична површина.

9.5. Порозност на почвата

Помеѓу честичките на цврстата фаза на почвата, односно меѓу механичките елементи и структурните агрегати се наоѓаат празнини или пори. Способноста на почвата да има празен простор (пори) има големо значење бидејќи тој простор во суштина не е празен. Во него се наоѓа воздух, вода, растителни корења, педофауна и микроорганизми, и за сите нив тој претставува животен простор во кој се одвиваат многу процеси. Затоа порозноста на почвата е многу значајно физичко својство што влијае врз водниот, воздушниот и топлотниот режим на почвата и поради тоа има и големо еколошко значење.

Во почвата се наоѓаат пори што се разликуваат по големината и формата. Па така, во почвата има крупни пукнатини, ходници од црви и друга педофауна, средни пори што се мерат во mm и ситни пори, микропори, чиј дијаметар се мери во микрометри (μm). Од големината и формата на порите во најголем степен зависат водните, воздушните, топлотните и биолошките својства на почвата.

Постојат разни поделби на порите според нивната големина и според тоа каде се наоѓаат во почвата. Во зависност од димензијата (дијаметарот), порите можат да бидат крупни (над $50 \mu\text{m}$, со брзо цедење на водата и од 10 до $50 \mu\text{m}$ со побавно цедење на водата), средни ($0,2$ до $10 \mu\text{m}$) и ситни (под $0,2 \mu\text{m}$). Порите помеѓу примарните честички се означуваат како примарни пори, а помеѓу структурните агрегати како секундарни пори.

Во практиката најчесто порите се делат на *капиларни* или *водни пори* (во нив се задржува водата) и *некапиларни*, *аерациони* или *воздушни пори* (во нив се задржува воздухот).

Некапиларните пори се јавуваат во вид на големи пукнатини, канали и каналчиња образувани од педофауната и растителните корења и особено во вид на празнини меѓу покрупните примарни честички. Некои автори, пукнатините образувани од активноста на живиот свет во почвата ги означуваат како биопори. Овие пори обично се исполнети со воздух и од нив зависи аерацијата и водопропустливоста на почвата. Може да бидат исполнети со вода за кратко време, најчесто по долги и силни дождови и по наводнување. Водата од нив се цеди надолу под влијание на гравитацијата.

Во капиларните пори водата се задржува со капиларни сили. По нејзиното испарување и во нив навлегува воздух. Капиларните пори се јавуваат во самите агрегати меѓу примарните честички или меѓу микроструктурните агрегати.

Во почвата се разликува *вкупна*, *капиларна* и *некапиларна порозност*.

Вкупниот волумен на сите овие пори, изразен во проценти од волуменот на почвата, се означува како вкупна порозност, а онаа само на некапиларните пори (некапиларна порозност), односно капиларна порозност (само на капиларните пори).

За водниот, воздушниот и топлотниот режим на почвата е значајно да се познаваат сите три вида порозност. Две почви со иста вкупна порозност, но со различен процент на капиларни и некапиларни пори имаат различен воден, воздушен и топлотен режим. За растенијата пак, од големо значење е стабилноста на порозниот систем, кој битно не се изменува под влијание на промените на почвената влага.

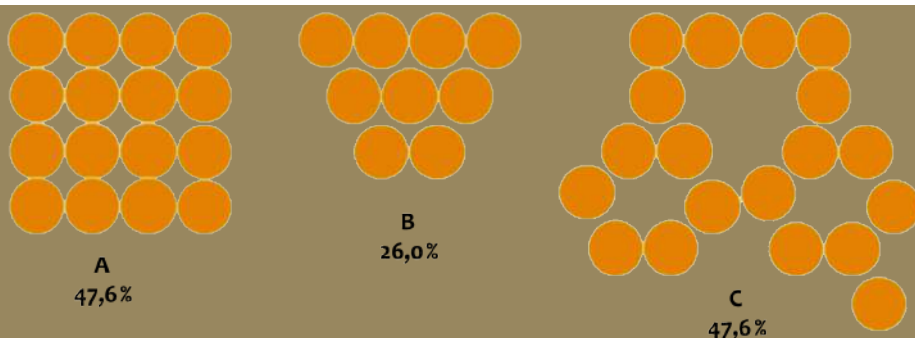
Различни почви имаат различна порозност. Во зависност од процентот на нивната вкупна порозност се делат на: мошне порозни (над 60%), порозни (45 до 60%), малку порозни (30 до 45%) и мошне малку порозни почви (под 30%).

Вкупната порозност како и процентуалниот однос на капиларните и некапиларните пори зависат од повеќе фактори и тоа од: механичкиот и минералоскиот состав, структурата, содржината на органска материја, компактноста, влијанието на живиот свет и од обработката на почвата.

Вкупната порозност во песоковите почви изнесува приближно 30% , во илестите од 40 до 45% , а во глинестите над 50% до колку не се збиени. Иако песоковите

почви имаат пониска вкупна порозност, тие се подобро водопропустливи и аерирани бидејќи во нив преовладуваат некапиларните пори. Глинестите почви, ако не се збиени, имаат поголема вкупна порозност, но меѓу порите преовладуваат капиларните пори. Затоа овие почви се поводозадржливи, но послабо водопропустливи и аерирани. Со создавање на стабилна зрнеста структура кај глинестите почви расте вкупната, а особено некапиларната порозност и се подобрува водно-воздушниот режим.

Со обработката на почвата се оддалечуваат агрегатите, расте вкупната, а особено некапиларната порозност. Во обработените почви, ораничниот слој има значително поголема порозност отколку долните збиени хоризонти.



Слика 114. Различни начини на распореденост и спакуваност на примарните честички

Со наголемување на содржината на органската материја, по правило, расте вкупната, а особено некапиларната порозност, бидејќи се создава подобра структура и поголема растреситост на почвата. Затоа, хумусниот хоризонт има повисока вкупна, а особено некапиларна порозност од долните хоризонти, посиромашни со хумус.

Од големо значење е компактната на почвата, т.е. начинот како се распоредени и спакувани примарните честички и структурните агрегати (слика 114). Системот на пакување во вид на коцка (A) е подобар во однос на хексагоналниот (B) бидејќи се создава поголем меѓуагрегатен простор.

Во долните, збиени хоризонти на почвата, под влијание на тежината на почвата и земјоделските машини, како и под влијание на преместувањето на глината од горните во долните хоризонти, вкупната порозност може да се намали и до 20 - 30 %, при што остануваат главно капиларните пори, а привидната густина се зголемува над $1,7 \text{ g/cm}^3$.

За поголема вкупна и особено некапиларната порозност на почвата, влијание имаат педофауната и растителните корења што создаваат канали, ја прават почвата порастресита и ја подобруваат структурата.

Од сето кажано може да се заклучи дека за растенијата не е добро ниту доминација на некапиларните над капиларните пори, ниту обратно, доминација на капиларните над некапиларните пори. Во првиот случај, во почвата има неповолен воден режим и малку достапна вода за растенијата, потоа брза минерализација на хумусот и побрзо промивање на хранливите елементи, па во таквите почви се нарушени условите за развој на поголем број култури и активноста на микроорганизмите. Во вториот случај, во почвата се намалува аерацијата што понатаму влијае врз дишењето на кореновиот систем на растенијата и на другите претставници на живиот свет и се менува правецот на многу хемиски, биолошки и микробиолошки процеси во почвата. Во почва со нарушена аерација, значи дека има поголема компактност, која го отежнува пробивањето на кореновиот систем на растенијата. Исто така, водата што се наоѓа во ситните пори, растенијата не можат да ја користат поради силите со кои таа се држи. Со тоа се намалува и мобилизацијата на хранливите елементи за растенијата.

Најдобра порозност, најдобар воден, воздушен и топлотен режим, оптимални

услови за раст и развој на растенијата и за активноста на микрофлората и фауната, како и најповолни услови за нормален и правилен тек на педогенетските процеси имаат почвите каде што процентуалната застапеност на некапиларните и капиларните пори е приближно иста.

Порозноста претставува и значајно морфолошко својство, при што на терен се опишува карактерот на порозноста за секој хоризонт. Врз основа на големината на порите, на терен почвите се опишуваат како: ситно порозни (порите се под 1 mm), порозни (1 до 3 mm), сунѓерливи (3 до 5 mm), шупливи (5 до 10 mm) и др.

Познавањето на вкупната, капиларната и некапиларната порозност на почвата има повеќекратно значење, за водниот, воздушниот и топлотниот режим на почвата, за микробиолошките процеси, за плодноста, обработката на почвата и за примената на хидротехничките мелиорации (одводнување и наводнување).

Во земјоделските почви постојат начини како може да се менува порозниот систем. Тоа најчесто се постигнува преку создавање на стабилна зрната структура, обработка и дренажа.

Сите мерки што се опишани за создавање на зрната стабилна структура во почвата се однесуваат и за стабилен порозен систем на почвата. Тешките збиени и неструктурни почви што имаат намалена вкупна порозност и скоро да немаат некапиларни пори со мерките за создавање на стабилна зрната структура добиваат подобар однос на некапиларните и капиларните пори и стабилен порозен систем.

Уништувањето на покорицата, разбивањето на непропустливиот хоризонт во почвата, како и обработката во физичка зрелост се активности во насока на подобрување на порозноста во почвата и односот помеѓу некапиларните и капиларните пори. Ова, во комбинација со дренажа (одведување на вишокот вода) овозможува навлегување на кислородот и подобрување на условите во почвата. Секако дека треба многу да се внимава и во изборот на начинот на наводнување, посебно кај оние почви со потежок механички состав за да не дојде до влошување на условите во почвата.

9.6. Конзистенција и физичко-механички својства на почвата

Во зависност од содржината на глина и влага, почвата може да има различна конзистенција и физичко-механички својства.

Познавањето на конзистенцијата, т.е. на физичко-механичките својства, заедно со структурата на почвата се од големо значење, пред сè за порастот на кореновиот систем и за обработката на почвата.

Конзистенцијата ги опфаќа оние својства на почвата што зависат од различниот степен и вид на кохезија и атхезија и се одразуваат како отпор на деформирање и кинење (кршење) на почвената маса.

Во зависност од содржината на влага во почвата се разликуваат 5 форми на конзистенција:

- » Вискозна (кашеста): почвата тече под влијание на Земјината тежа,
- » Леплива: почвата се лепи кон различни предмети,
- » Пластична: почвата може да се моделира, односно на почвената маса можат да и се дадат разни форми,
- » Мека (дроблива): почвата се дроби и
- » Тврда: почвената маса е силно сврзана, тврда и тешка, и не се дроби под прстите.

При различна конзистенција на почвата се јавуваат различни физичко-механички својства. *Во мократа почва: пластичност и лепливост, во влажната почва: дробливост и во сувата почва: сврзаност и тврдост.* Има уште две својства (бабрење и контракција) што се во тесна врска со влажноста на почвата и содржината и видот на колоидите.

Секоја од овие конзистенции е поврзана со определени количества вода во почвата (константи на конзистенција) и кога тие се менуваат се јавуваат нови физичко-механички својства.

Под константи на конзистенцијата се подразбираат определени количества вода, кои претставуваат гранични вредности, при кои се менува конзистенцијата и се јавуваат нови физичко-механички својства.

Константите на конзистенцијата може да се објаснат со дејството на 3 сили во почвената маса: со *атхезија*, т.е. со привлекување (атсорпција) меѓу цврстите почвени честички од една и молекулите вода од друга страна, со *кохезија* т.е. со привлечните сили меѓу самите цврсти честички и со *привлечните сили* (површинскиот напон) меѓу молекулите вода, што се јавуваат како обвивки меѓу соседните честички (слика 115).

ПАРАЛЕЛНА ПОЛОЖБА НА ГЛИНЕСТИТЕ ЧЕСТИЧКИ



СИЛНА
КОХЕЗИЈА



УМЕРЕНА
КОХЕЗИЈА



СЛАБА
КОХЕЗИЈА

НАГОЛЕМУВАЊЕ НА СОДРЖИНАТА
ВОДА ВО ГЛИНЕСТИТЕ ЧЕСТИЧКИ



ПРАКТИЧНО
БЕЗ КОХЕЗИЈА

Слика 115. Зависност на кохезијата од содржината на вода и допирната површина меѓу честичките

Кохезијата е најмала во песоковите почви, а голема во глинените почви. Таа зависи и од содржината на влага во почвата и од видот на атсорбираните јони. Со намалување на влагата во почвата, расте кохезијата и обратно.

Атхезијата се појавува и при лепење на почвата за орудијата за обработка. Таа расте со наголемување на содржината на глина во почвата, а се намалува со подобрување на стабилноста на структурата на почвата.

Конзистенција на влажната и мокра почва: пластичност, лепливост и дробливост.

Под пластичност се подразбира својство на почвата да може да се моделира, што значи под влијание на надворешни сили да ја менува својата форма без раздробување и да ја зачува оваа нова форма, и откако ќе престанат да дејствуваат тие сили. Ова својство на почвата зависи од количеството на глина, од минералошкиот состав на глината, од видот на атсорбираните јони и од количеството на органска материја. Песоковите почви не покажуваат својство на пластичност, бидејќи имаат многу мала содржина на колоиди за разлика од глинените почви што покажуваат голема пластичност.

Врз основа на содржината на влага, Atterberg дефинирал три константи на пластичност: горна граница на пластичност, долна граница на пластичност и индекс на пластичност.

Горната граница на пластичност е моментот кога почвената маса почнува да тече како резултат на голема содржина на влага, а долната граница на пластичност ја претставува онаа содржина на влага во почвата при која почвата може да се извлекува под прстите во врвца. Разликата во содржината на влага меѓу горната и долната граница на пластичност, претставува индекс на пластичност. Тој се пресметува според следнава формула:

$$Ip = Pg - Pd$$

каде што, Ip е индекс на пластичност, Pg е горна граница на пластичност и Pd долна граница на пластичност.

Врз основа на индексот на пластичност, почвите добиваат различни ознаки (табела 15).

Табела 15. Степен на пластичност и нивна ознака според Либерот (Liberoth)

Ознака	Индекс на пластичност	Почви (текстурна класа)
Непластични	0	Прав, песок
Многу слабо пластични	1 - 5	Иловест прав Иловест песок
Слабо пластични	5 - 10	Правлива иловица Песоклива иловица
Умерено пластични	10 - 20	Иловица
Силно пластични	20 - 40	Правлива глина Иловеста глина
Многу силно пластични	> 40	Глинеста

Индексот на пластичност укажува на осетливоста на почвата при промените на содржината на вода. Границата на пластичност зависи од содржината на глина и органска материја, како и од видот на атсорбираните јони. Почви што содржат под 10 % глина не покажуваат пластичност. Со наголемување на содржината на глина, како и на атсорбираните Ca^{2+} и Mg^{2+} -јони, се наголемува содржината на влага кај границата на пластичност. При иста влажност, почвите со атсорбирани Ca^{2+} и Mg^{2+} -јони се помалку пластични отколку почвите со атсорбирани Na^{+} -јони. Атсорбираните Na^{+} -јони ја наголемуваат хидратацијата и дисперзноста, а со тоа и пластичноста.

Врз границата на пластичност влијае и минералошкиот состав на глината. Па така, почвите со многу глина од групата на смектити (монтморилонит) се силно пластични, халојзитот е целосно непластичен, а илитот и каолинитот се на средина помеѓу нив.

Органската материја ја наголемува содржината на влага кај долната граница на пластичност. Кај илестите и глинестите почви е од значење да се наголемуваат вредностите на долната граница на пластичност со внесување на органски ѓубрива или со калцизација, со што обработката кај овие почви може да се изведува и при поголема содржина на влага.

Како и да е, во конзистенција на пластичност, почвата не треба да се обработува, бидејќи се набива и обесструктурира.

Лепливоста е својство на почвата да се лепи кон другите предмети (орудија за обработка на почвата). Големината на лепливост се определува со силата што е потребна да се одлепи почвата од орудието за обработка. Оваа сила се изразува во g/cm^2 .

Лепливоста зависи од истите фактори како и пластичноста. Поголема содржина на глина во почвата, поголем процент на атсорбирани Na^{+} -јони, како и поголема содржина на влага во почвата ја наголемуваат лепливоста. И тука постојат граници на лепливост под кои се подразбира она количество вода во почвата при кое почвата повеќе не се лепи за другите предмети (орудија).

Во зависност од степенот на лепливост се разликуваат: нелепиви, слабо лепливи, лепливи и мошне лепливи почви. И во оваа конзистенција, почвата не треба да се обработува бидејќи се лепи по рабовите на орудијата, а со тоа се наголемува отпорот при обработката, се троши многу гориво и се добива лош квалитет. При таквата обработка, почвата не се дроби, таа се превртува во вид на каиши, кои по сушењето се стврдуваат.

Под дробливост се подразбира својството на почвата да може да се дроби, т.е. да се добива трошкеста структура под влијанието на механички сили. Интервалот на влажноста на почвата, во која таа покажува мека (дроблива) конзистенција е оптимален и најдобар за обработка.

Конзистенција на сувата почва: сврзаност и тврдост.

Под сврзаност на почвата се подразбира нејзиното својство или способност да им се спротивставува на силите што се стремат механички да ги разделат нејзините честички една од друга. Се изразува во kg/cm^2 . Врз степенот на сврзаност на почвата влијае механичкиот состав, содржината на влага, содржината на органска материја, како и минералошкиот состав на глината и атсорбираните јони. Поголемата содржина на глина во сувите почви ја наголемува сврзаноста, а поголемата содржина на песок, при иста содржина на влага во почвата, ја намалува сврзаноста. Содржината на хумус ја зголемува сврзаноста во песоковите почви, а ја намалува сврзаноста во тешките глинести почви. Хидрофилните колоиди ја зголемуваат сврзаноста, а хидрофобните ја намалуваат.

Сврзаноста на почвата зависи и од допирната површина меѓу честичките на единица волумен. Со поголема сврзаност се одликуваат оние што содржат колоидни честици со плочеста форма.

Јоните на Mg^{2+} во однос на јоните на Ca^{2+} ја зголемуваат сврзаноста за два пати, а во однос на јоните на Na^+ , дури и десетпати. Поволната структура во глинестите и иловести почви ја намалува сврзаноста, а нестабилната структура кај истите почви ја наголемува сврзаноста. Во практика, често се користат термините „тешка“ почва за силно сврзана и „лесна“ почва за слабо сврзана.

Почвите што имаат голема сврзаност, ако се обработуваат во сува состојба, образуваат големи грутки (момби) и даваат голем отпор. Се троши голема енергија, а се добива лош квалитет на обработката. Тоа значи дека почвите треба да се обработуваат при влажност кога манифестираат слаба сврзаност.

Под тврдост се подразбира својството на почвата со кое му се спротивставува на навлегувањето на тела со одредена форма во неа. Исто како сврзаноста, и тврдоста на почвата се изразува во kg/cm^2 , а се мери со специјални апарати - тврдомери. Силно тврдите почви даваат силен отпор при пробивањето на кореновиот систем во почвата, кој може да се оштети, па така растенијата за ова трошат многу енергија, наместо таа да се користи за други процеси.

Бабрење и контракција.

Под бабрење се подразбира својството (способност) на почвата да го наголемува својот волумен при впивање вода, а под контракција (собирање) се подразбира својството на почвата да го намалува својот волумен при губење вода. Овие две својства се карактеристични за глината и затоа само оние почви што содржат значително количество глина од групата на смектити (монтморилонит), ги имаат тие две својства. Исто така, големиот процент на органска материја во почвата, како и атсорбираните Na^+ -јони, влијаат врз бабрење и контракција во почвата.

Поголемата содржина на хидрофилни колоиди во однос на хидрофобните го наголемуваат бабрењето на почвата, и обратно. Почвите со зрнеста и стабилна структура, со колоиди заситени со јони на Ca^{2+} , бабрат многу помалку во однос на почви со ист механички и хемиски состав, но со нестабилна структура.

Поголема содржина на електролити во почвениот раствор и поголема содржина на CaCO_3 го намалуваат бабрењето во почвата. Во подлабоките делови на почвата, бабрењето е послабо изразено поради поголемиот притисок (тежина) од горната почвена маса.

Бабрењето се мери во волумни % според следнава формула:

$$V_{\text{bab}} \% = \frac{V_1 - V_2}{V_2} \times 100$$

каде што, V_{bab} е % на бабрење, V_1 волумен на влажна почва во % и V_2 волумен на сува почва во %.

Со бабрењето силно се намалува процентот на макропорите (некапиларните пори), а со тоа се намалува водопропустливоста и се создаваат анаеробни услови во почвата. При такви услови, во почвата се одвиваат процеси на редукција во кои се создаваат редица токсични соединенија за растенијата, микрофлората и фауната. Анаеробните услови негативно влијаат и врз плодноста на почвата бидејќи некои хранливи елементи од достапна минуваат во недостапна форма. Со бабрење може да дојде и до разрушување на структурата на почвата.

При контракцијата на почвата се намалува волуменот на почвата како резултат на губење на обвивната вода, при што доаѓа до заемно привлекување и приближување на честиците една до друга. Волуменот на почвата се намалува во сите правци и се создаваат хоризонтални и вертикални пукнатини, различни по должина и широчина. Појавата на пукнатини многу негативно влијае врз развојот на растенијата, како и врз исушување на подлабоките делови на почвата.

Познавањето на конзистенцијата, како и на физичко-механичките својства на почвата, заедно со структурата се од големо значење за растенијата (пораст на кореновиот систем) и за обработката на почвата. Конзистенцијата е и важно мофолошко својство што се опишува на терен во сува, влажна и мокра состојба.

Културните растенија од моментот на никнење трошат значителен дел од својата енергија непроизводно, за совладување на механичкиот отпор, што го дава почвата при навлегувањето на корењата и избивањето на растението на површината. Овој отпор е поголем кај сврзаните и тврди почви. Почвата треба да има таква конзистенција и структура што на кореновите влакна ќе им овозможи слаб отпор и истовремено лесно доаѓање во допир со секоја почвена честичка. Поголемиот отпор е особено штетен за кртолестите растенија (компир, морков, репа и др.).

Табела 16. Влијание на влажноста врз конзистенцијата на илестите и глинестите почви

Влажност на почвата	Сува почва	Влажна почва	Мокра почва		Наполно заситена со вода почва
			Прилично мокра	Мошне мокра	
Форми на конзистенција	Тврда	Мека (дроблива)	Пластична, леплива		Вискозна
Релативен степен на конзистенција	Многу висок	Низок	Висок		Многу низок
Сили со кои се врши конзистенција	Кохезија	Површински напон, атхезија			
Отпор на притисок	Висок	Прилично висок	Низок	Многу низок	Практично отсутен
Леснотија на обработка	Тешко	Лесно	Тешко орудијата пропаѓаат и се лепат	Полесно, но орудијата често пропаѓаат	Обично орање невозможно
Резултати од обработка	Почвата образува грутки и се распрашува	Оптимален ефект врз структурата. Почвата добива трошкеста структура	Почвата тече		

Развојот на растенијата, посебно на нивниот коренов систем, е поврзан и со другите физичко-механички својства, како бабрење и контракција. Во почвите што бабрат,

корењата трпат силен притисок и можат да се кинат. Кинењето на корењата се јавува и при контракција, кога почвата пука и пукнатините можат да предизвикаат кинење.

Зрелоста на почвата за обработка е значаен термин за физичката состојба на обработливата почва. Таа упатува на тоа колку лесно почвата може да се обработува, колку е таа добро подготвена за сеидба, колку лесно семето на растението може да из'рти и колку лесно корењата можат да растат и да се развиваат во почвата.

Во суштина, зрелоста на почвата е комбинација од повеќе физички својства, вклучувајќи ги: текстурата (механичкиот состав), структурата, пропустливоста и конзистенцијата.

Под физичка зрелост за обработка се подразбира таквата конзистенција на почвата, при која се добива најдобар квалитет на обработка, т.е. добивање на што е можно постабилни зрнести агрегати и кога почвата дава најмал отпор.

Почвата е физички зрела за обработка само во границите на влажноста на меката (дробливата) конзистенција.

Оваа состојба одговара на интервалот на оптимална влажност за обработка на почвата, кој кај глинестите почви варира од 50 до 70 % од големината на нивниот воден капацитет. При оваа влажност, почвата не се лепи за предметите на обработка, отпорот на обработка и трошењето на гориво се најмали, а се добива висок квалитет на обработка. Обработката во физичка зрелост на почвата не ја разрушува структурата на почвата, туку напротив ја подобрува и овозможува добра аерација и поволен температурен режим во ораничниот хоризонт. При овие услови се интензивира микробиолошката активност во почвата и се образуваат хранливи достапни форми на елементи значајни за исхраната на растенијата. Сево ова ја наголемува плодноста на почвата и позитивно влијае врз добивање на високи и квалитетни приноси.

Примената на тешка механизација кога почвата не е во физичка зрелост за обработка придонесува за разрушување на структурата и образување на компактен потповршински слој. Ова е многу честа појава особено после долгогодишна употреба на ваква механизација, со често повторување на операциите. Како резултат на тоа може да се влошат физичките својства во ораничниот и во еден тенок слој под него и да се образува т.н. („плужен ѓон“). Ова набивање зависи од тежината на механизацијата на единица допирна површина, конзистенцијата на почвата, од бројот на „одови“ по парцелите, видот на гумите (едноредни, дворедни, гасеничари, пнеуматици), притисокот на гумите, типот на почвата, влажноста и сл. Во зависност од типот на почвата и видот на механизацијата, набивањето може да се манифестира и до 1 m длабочина. Најинтензивно е во ораничниот слој до 30 cm, а може и подлабоко на 35 до 40 cm.

Штетно е секое често обработување, особено честото култивирање и браносување. Обработката може да предизвика влошување на структурата, особено на нејзината стабилност и на другите физички својства. Таа има индиректно и директно влијание.

Индиректното влијание се јавува преку намалувањето на органските отпадоци и нивната минерализација, а директното се јавува на различни начини: набивање со хоризонтален и вертикален притисок при орањето, кога почвата не е во физичка зрелост, газење со моторни возила и машини што се движат по површината и друго.

При обработката на почвата во тврда конзистенција, таа се крши во големи грутки (џомби), кои претставуваат голем проблем во понатамошното припремање на почвата. При орање на влажна почва (особено во пластична конзистенција), плугот врши хоризонтален притисок, при што почвата ја губи структурата и се набива. Најситните честички што се „подмачкани“ со обвивки од вода се „препакуваат“, ги полнат порите (во прв ред некапиларните) и ја зголемуваат компактната. Почвата се набива, се намалува нејзиниот волумен и привидната густина. Со тоа се влошува водно-воздушниот режим, бидејќи се намалува вкупната порозност и се влошува односот меѓу капиларните (водените) и некапиларните (воздушните) пори. Во набиевите почви

се намалува инфилтрацијата (впивање) на водата, се образуваат водолежни површини и се намалува ефектот од наводнувањето. Последиците од набивањето на почвата се: влошување на топлотниот, хранителниот и биолошкиот режим, што придонесуваат и за влошување на микробиолошката активност на почвата.

Мерките за подобрување на физичко-механичките својства на почвата во суштина се однесуваат на подобрување на составот и својствата на почвата од кои тие зависат, како и во елиминирање на штетните процеси што влијаат тие да се влошат. Во таа насока може да се препорачаат следниве мерки:

- » подобрување на механичкиот состав и структурата на почвата,
- » наголемување на органската материја во почвата,
- » промена на составот на адсорбираните јони,
- » примена на правилни плодореци,
- » обработка во интервал на влажност на почвата што одговара на физичката зрелост на почвата,
- » продлабочување на ораничниот слој, како и длабоко разровкување на сврзаниот и тврд подораничен хоризонт.

10. ВОДА ВО ПОЧВАТА

Водата е компонента на трофазниот полидисперзен систем на почвата и ја претставува течната фаза на почвата. Таа може да се појави и во гасовитата фаза на почвата во вид на водена пара, како и во цврстата фаза, во форма на хемиски сврзана вода.

Општо е познато дека без вода нема живот. Ниту растенијата, ниту целиот останат жив свет не може да живее без вода. Водата е многу динамична компонента и има голема улога во почвата. Таа е фактор за образување на почвата и за нејзината еволуција. Од неа во голема мера зависат почвените својства.

Една од поважните карактеристики на почвата е да ги обезбедува растенијата со вода, а тоа пред сè зависи од количеството на вода во почвата. Во почвата, водата може да дојде на повеќе начини, но нејзиното задржување и движење низ почвата се две многу суштински својства и се дел од физика на почвата. Водата е значајна за исхраната на растенијата, а од тоа во голема мера зависат висината и квалитетот на приносите. Познавањето на водата во почвата е важно и за примената на агротехнички и мелиоративни мерки.

Почвата е само една од сферите низ кои се движи водата во нејзиниот хидролошки циклус во природата (слика 116). Водата што испарува од хидросферата (реки, езера, мориња, океани и водолежни површини) заедно со водата што испарува од педосферата (евапорација) и биосферата (транспирација) доаѓа до атмосферата (облаци), се кондензира и во вид на врнежи се враќа назад во истите сфери. При тоа, еден дел од водата тече по површината на почвата кон реките, езерата и морињата, друг дел со перколација (цедење) доаѓа до подземните води и оттука до изворите, реките и пак во езерата, морињата и со тоа нејзиниот хидролошки циклус се затвора. Ова покажува дека почвата има *приходи* и *расходи* на вода. *Секојдневната разлика помеѓу приходите и расходите се задржува во почвата.*



Слика 116. Хидролошки циклус на водата во природата

За нас е најинтересен тој дел, односно да се објасни како почвата ја задржува водата, која форма на вода е достапна за растенијата, како се движи водата низ почвата и кои се мерките за подобро управување на почвата со водата.

Примањето на вода (приходи), нејзиното задржување (ретенција), спроведувањето низ својата маса (движење на водата) и испуштањето (загуба на вода), претставува

воден режим на почвата.

Во понатамошниот текст се опишани сите три процеси на водениот режим на почвата: приходи, движење и губење на водата од почвата.

10.1. Задржување (ретенција) на водата во почвата

Како почвата ја задржува водата ?

Способноста на почвата да задржува вода се означува како водозадржливост (воден капацитет). Задржувањето на вода се означува како ретенција.

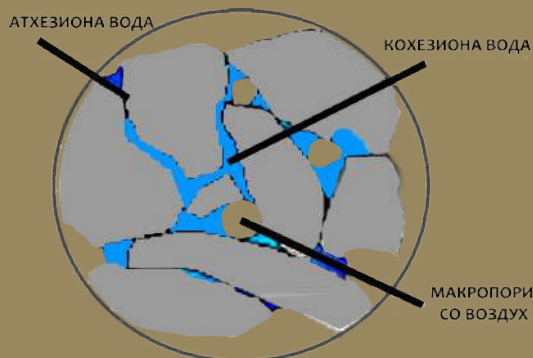
Во ретенцијата (задржувањето) на водата во почвата учествуваат две сили: атхезија и кохезија. Атхезијата е силата на привлекување на молекулите на вода од страна на почвените честички, а кохезија е силата на привлекување на молекулите вода помеѓу себеси.



Слика 117. Сили на атхезија и кохезија

Најсилно се привлечени првите слоеви молекули вода непосредно до цврстите честички и тука атхезијата е најсилна. Со оддалечување од нив, секој следен слој се држи со се помала привлечна сила, при што атхезијата намалува и ја нема, а се појавува кохезијата помеѓу молекулите вода (кохезиона вода).

За постоењето на овие привлечни сили може да се увериме со нивно мерење со помош на тензиометар. Тоа е еден инструмент (слика 119) што се состои од една цевка, исполнета со вода и затворена. На нејзиниот долен крај, што се става во почвата, се наоѓа порозна (порцеланска, керамичка) маса што може да пропушта молекули вода. На нејзиниот горен крај, е прикачен вакууметар. Водата во тензиометарот е „слободна“ т.е. не е под притисок. Ако таков тензиометар се стави во почва заситена со вода, со исполнети некапиларни пори со „слободна“ непривлечена од почвените честички вода, вакууметарот ќе покаже нула (0), бидејќи нема разлика во притисокот меѓу водата во почвата и таа во тензиометарот. Но, ако се почека да се испеди водата од некапиларните пори и во таквата почва се стави тензиометарот, стрелката на вакууметарот по извесно време ќе се помрдне и ќе покаже нешто помалку од 1 атмосфера. Тоа значи дека почвата смука вода од тензиометарот, бидејќи почвената влага е под негативен притисок. До колку е почвата посува, до толку таа посилено ќе смука вода од тензиометарот, што значи дека до толку е поголем негативниот притисок или напонот (тензијата) на водата во почвата



Слика 118. Шематски приказ на атхезиона и кохезиона вода

Оваа тензија е резултат на привлечните сили на ретенцијата и е до толку поголема, до колку тие сили се поголеми. На тој начин, се овозможува мерење на тензијата, односно на привлечните сили со кои се задржуваат различни количества вода во почвата.

Само „слободната“ вода може да врши работа. До колку е содржината на влага во почвата помала, до толку е таа посилно привлечена од почвените честици и до толку таа содржи помалку слободна енергија. Во овој случај, таквата вода содржи негативна енергија бидејќи треба да се употреби сила за да се истисне или да се премести во почвата.

Силата со која се држи водата во почвата, односно силата што е потребна таа да се истисне од почвата се означува како капиларен потенцијал. Со намалување на содржината на влага во почвата, се зголемува вредноста на капиларниот потенцијал.

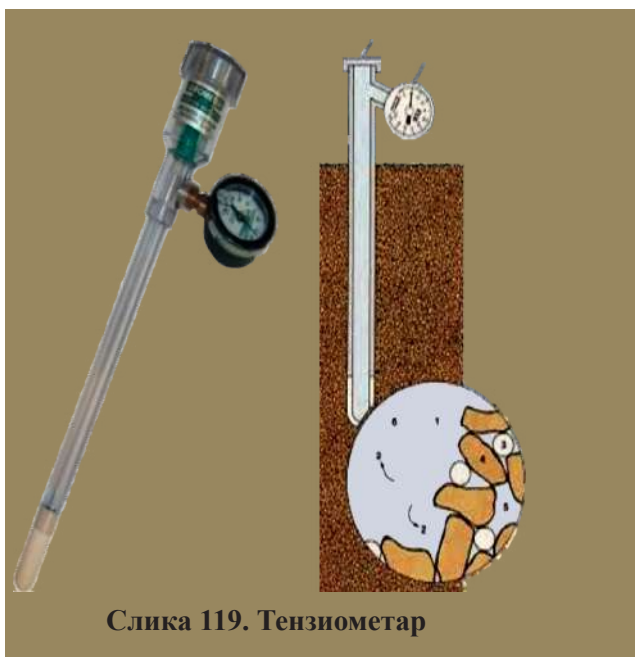
Schofield предложил квантифицирани rF -вредности за оцена на влажноста на почвата, со помош на капиларниот потенцијал, при што силата на водата во почвата ја изразил преку висината на воден столб во cm ($1 \text{ бар} = 1063 \text{ cm вода/cm}^2$). Врз овие rF -вредности влијае промената на механичкиот состав и според истиот автор, посебно при притисок од $0,33$ бара, rF -вредностите се наголемуваат правопрпорционално со поголемо учеството на поситните фракции во почвата. Стабилноста на структурните агрегати има исто така значајна улога и според Вучиќ (Vučić) таа го намалува влијанието врз rF -вредностите. За влијанието на структурата на почвата, односно за комплексната интеракција помеѓу неа и механичкиот состав врз ретенцијата на почвата, констатираат и други истражувачи.

Покрај механичкиот состав и структурата на почвата, врз ретенцијата на влага во почвата имаат влијание и други фактори, како што се: содржината на органска материја и минералошкиот состав на глинените минерали.

Познавањето на суштината на ретенцијата и на ретенционата крива се значајни за достапноста на влага за растенијата и за движењето на водата во почвата.

Тука е презентирана анализа на ретенционите криви на влагата во почвата (хидрогена црница) во едно од нашите истражувања. Ова е направено со постојано мерење на тензијата на почвената влага, при што за секоја тензија е измерено количеството на влага изразено во волумни проценти. На крај, резултати се внесени на координативен систем за секој хоризонт, а добиените ретенциони криви го одразуваат односот меѓу привлечните сили (тензијата) и количеството на влага во почвата (график 1).

Од графиконот може да се забележи дека кривите се високо поставени, со мала разлика меѓу нив, што значи сите имаат висока ретенција како резултат на поголема содржина на глина и прав во почвата. Највисока ретенција покажуваат хоризонтите во кои има поголема содржина на глина, што значи дека механичкиот и минералошкиот состав на глината имаат најголемо влијание врз ретенцијата.



Слика 119. Тензиометар

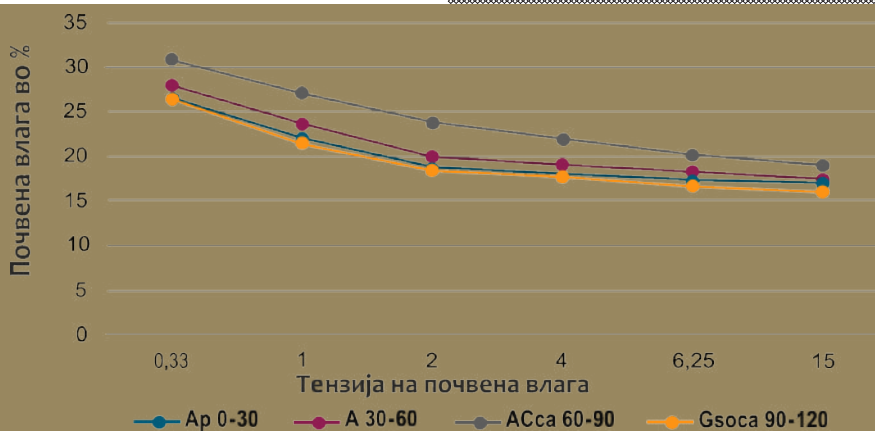


График 1. Криви на ретенцијата на почвената влага

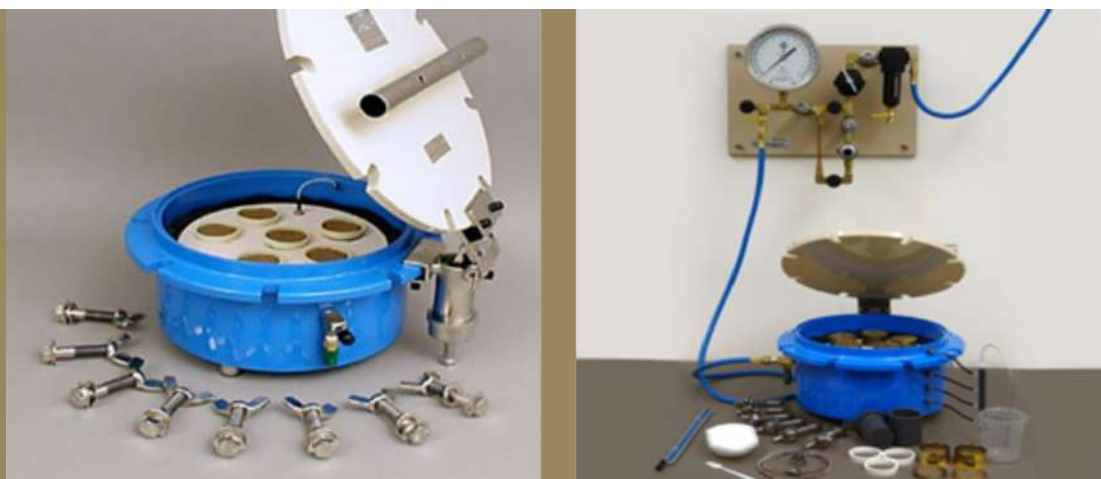
Резултатите од ова утврдување на ретенционите криви на почвена влага имаат голема практична примена и можат да се користат за калибрирање на различни инструменти за мерење на влага во почвата и при определување на режимот на залевање.

Големината на pF -вредностите се движат во граници од 0 до 7 бара, при што $pF = 0$, значи дека почвата е целосно заситена со вода, а силата на држење на водата изнесува 0,001 бар. Со намалување на водата во почвата (цедење и сл.) се наголемува pF -вредноста, сè до постигнување на максимум ($pF = 7$). Според тоа $pF = 7$, претставува целосно сува почва, а силата на држење на водата од страна на почвените честици изнесува и до 10 000 бара.

Мерењето на почвената влага има големо значење не само за снабдувањето на растенијата со вода, туку и за нејзиното движење во почвата, за ерозијата, како и за определувањето на времето и количеството на вода за наводнување и др.

За таа цел постојат бројни методи што се поделени во неколку групи: гравиметриски, тензиометриски, методи базирани врз електричната спроводливост, методи базирани врз распрснување на неутроните и др.

Тука треба да се потенцира дека, тензијата на привлекување на почвената влага во граници на pF од 0 до 2,9 бара може да се мери со тензиометар, а во граници на pF од 3 до 4,2 се користат гипсени електроди, или за поголеми притисоци, како во нашите истражувања (4, 6,25, 11 и 15 бара) се мери со помош на Pressure plate extractor (слика 120).



Слика 120. Апарат-мембрани под притисок (Pressure plate extractor)

Со гравиметриските методи, со мерење на тежината, директно се мери содржината на вода во почвата. Добиената гравиметриска содржина на водата понатаму може да се претвори во други мерни количества.

При гравиметриското определување почвата се мери пред сушење, потоа се суши во термостат на 105 °C и повторно се мери. Разликата помеѓу двете тежини е тежината на водата во почвата.

$$\text{содржината на вода} = \frac{\text{тежина на влажна почва} - \text{тежина на сува почва}}{\text{тежина на сува почва}}$$

Пример: Потребно е да се измери содржината на вода при ПВК (полски воден капацитет). Пробата е земена два дена по интензивен дожд. Во влажна состојба, пробата има тежина 150 g, а по сушење, таа тежи 127 g. Со ставање на вредностите во претходната формула, се добива:

$$\text{содржината на вода} = \frac{150 \text{ g} - 127 \text{ g}}{127 \text{ g}} = 0,18 \text{ g}$$

Ако оваа тежина на вода се помножи со 100, се добиваат тежински % на водата во почвата, односно $0,18 \times 100 = 18 \%$.

Често пати, содржината на вода во почвата се изразува во волумни %, за што се потребни и вредностите за густина на почвата ($1,5 \text{ g/cm}^3$) и густина на водата. Густина на водата е 1 g/cm^3 . Па така во нашиов пример изнесува:

$$\text{содржината на вода во волумни \%} = \text{гравиметриска содржина на вода} \times \frac{\text{густина на почвата}}{\text{густина на водата}}$$

$$\text{содржината на вода во волумни \%} = 0,18 \times \frac{1,5 \text{ g/cm}^3}{1 \text{ g/cm}^3} = 0,27$$

или едноставно кажано, волумните % се добиваат кога тежинските % се множат со привидната густина ($18 \% \times 1,5 = 27 \%$).

Тензиометриските методи се опишани (слика 119), а точни мерења можат да се добијат во граници од 0 до 0,85 атмосфери.

Методите базирани врз електрична спроводливост се состојат од гипсени порозни блокови (Бојукозов блок), кои се ставаат во почвата и се поврзуваат со апарат за мерење на спроводливост на струја. Даваат добри резултати во граници на тензија од 1 до 15 атмосфери. Порозните блокови впиваат вода во зависност од нејзината содржина во почвата и од неа зависи спроводливоста. Колку е повлажна почвата, толку е повлажен гипсениот блок. Водата раствора дел од гипсот, што значи дека блокот содржи раствор од вода и гипс. Овој раствор е поврзан со електрична струја. Чистата вода е многу слаб спроводник на струја, што значи струјата ја спроведуваат јоните растворени во растворот. Колку е посув блокот, толку е поголема отпорноста на електричната струја. Овие блокови мора да се калибрираат за секоја почва и треба да се менуваат, бидејќи доаѓа до растворање на гипсот. Но, нивната позитивна страна е што се евтини и можат да се користат за мерење на мали промени на влагата во почвата за време на една или повеќе вегетациски сезони. Може да се поврзат со забележувач на податоци или преку електронски прекинувач со системот за наводнување и на тој начин може автоматски да

се вклучуваат и исклучуваат при одредена влага во почвата.

Методите базирани на распрснување на неутрони се пософистицирани. Се состојат од сонда што распрснува неутрони и се спушта во почвата преку претходно инсталирана туба. Таа содржи извор за брзо распрснување на неутрони и детектор за бавни неутрони. Кога брзите неутрони ќе се судрат со атомите на водород (повеќето од нив се дел од молекулите вода), неутроните забавуваат и се распрснуваат. Бројот на бавните неутрони регистрирани на детекторот одговараат на содржината на вода во почвата. Овие методи се користат за научните истражувања.

Количеството влага во почвата се изразува главно на неколку начини и тоа:

- ✓ во тежински (масени) проценти кон апсолутно сува почва,
- ✓ во волумни проценти,
- ✓ во mm слој вода за определена длабочина на почвата, пример во mm/dm (на овој начин најчесто се изразува водата од врнежите или количеството на вода за наводнување) и
- ✓ во m^3 волумен вода за определена длабочина и површина на почвата (m^3/ha), најчест начин на изразување при наводнувањето.

10.1.1. Константи на почвената влага (хидролошки константи)

За успешен развој на растенијата потребно е да се постигне рамнотежа помеѓу потрошеното количество вода со евапотранспирацијата и количеството на вода што доаѓа до зоната на кореновиот систем. Евапотранспирацијата е континуиран процес, за разлика од приходите на вода, кои се повремени. Но, за среќа, приходите на вода што доаѓаат во почвата на различни начини (врнежи, наводнување и сл.), таа има способност да ги складира т.е. да создава резерви и истите да ги стави на располагање на растенијата во однос што одговара на потрошената вода со транспирација. Ова се смета за суштински процес во динамиката на односот почва-вода-коренов систем (растение).

Овие количества вода (хидролошки константи) ги држи почвата со различни привлечни сили, што значи дека тие се различно достапни за растенијата.

Под хидролошки константи се подразбираат количества вода што почвата ги содржи при определени тензии, т.е. со определени ретенциони сили.

Најважни хидролошки константи на почвата се: максимален воден капацитет, полски воден капацитет, лентокапиларна влажност, леснодостапна вода за растенијата, влажност на венење, максимален хигроскопичитет и апсолутно сува почва.



Слика 121. Хидролошки константи на почвена влага

Под максимален воден капацитет се подразбира она вкупно количество вода кога во почвата сите пори (некапиларни и капиларни) се исполнети со вода. Ова одговара на вкупната порозност на почвата. При оваа хидролошка константа, привлечните сили, односно тензијата е нула 0 (слика 122). Оваа состојба во почвата постојано се јавува во водоносниот слој на подземните води, а повремено може да се јави во почвата при интензивни дождови, поплави или со неправилно наводнување. За растенијата оваа состојба е многу штетна бидејќи во почвата нема воздух за дишење на кореновиот систем, а може да се јават и редуцирани штетни соединенија. Оваа состојба во почвата не е добра ниту за микрофлората и педофауната.

Под полски воден капацитет (ПВК) се подразбира, она максимално количество на вода, што почвата може да го задржи во полски услови, наспроти гравитацијата или најголемото количество на вода што почвата може да ја задржува само со привлечните сили на своите честички. Тензијата е 1/3 атмосфери или 0,33 бара, или во граници на рF од 1,8 до 2,7. Се определува на терен, на тој начин што почвата се заситува со вода до максимален воден капацитет, се покрива со пластика или најлон да не испарува и се остава 2 до 3 дена да се исцеди водата од некапиларните пори во зависност од механичкиот состав. Ако е почвата со полесен механички состав се остава 1 до 3 дена, а за многу глинести почви и до 10 дена. Водата што останува во капиларните пори се изразува во волумни % и претставува полски воден капацитет. Вредностите на ПВК се најмалы кај песоковите почви (околу 10 %), а најголеми кај глинестите почви (околу 45 %). Кај иловиците, ПВК најчесто изнесува околу 35 %. Покрај механичкиот состав на почвата, ПВК зависи и од содржината на органска материја, од карактерот на порозноста, структурата и од длабочината на подземните води. Содржината на органска материја ги наголемува вредностите на ПВК, па така со додавање на органска материја во песоковите почви се наголемува нивниот ПВК. Дистрибуцијата пак на порите зависи од процентот на различните механички фракции и од начинот на тоа како истите се спакувани и распоредени во почвата.

Ако почвите имаат висок полски воден капацитет не значи дека растенијата во нив се подобро обезбедени со вода. Многу е важно да се знае кој дел од таа вода е достапен за растенијата.

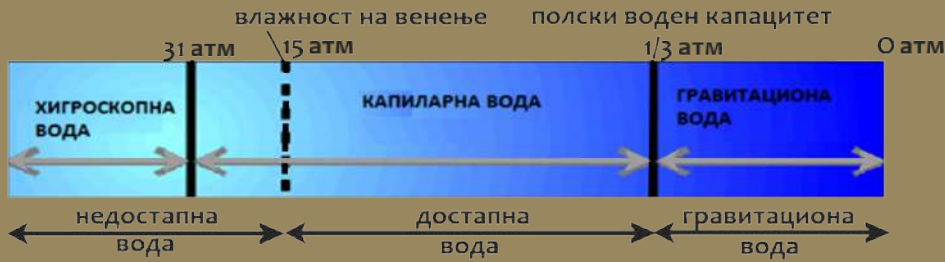
Полскиот воден капацитет најдиректно ја одредува плодноста на почвата, бидејќи претставува најголемо количество вода што почвата може да го задржи подолго време по врнежи или наводнување. Има многу големо практично значење бидејќи претставува горна граница на наводнување. Количината на вода над овој капацитет е штетна бидејќи го истиснува воздухот од почвата, што претставува исто така важен фактор за плодноста на почвата. Некои автори оваа вода ја означуваат како излишна или дренажна вода.

ПВК од еколошка гледна точка, претставува оптимална влажност на почвата при која растенијата трошат најмалку енергија за земање вода од почвата. Исто така, ПВК е важна хидролошка константа што ја определува и количината на физиолошки активната вода во почвата.

Во педолошката литература се споменуваат уште два термина што многу често се користат, и тоа: *апсолутен воден капацитет* и *ретенционен капацитет за вода*.

Под апсолутен воден капацитет се подразбира она количество вода што почвата го содржи по цедењето за време од 24 часа. Оваа вредност е нешто поголема од вредноста на ПВК, бидејќи во себе вклучува еден дел од гравитационата вода. Сета вода од почвата не може да се исцеди за 24 часа.

Под ретенционен капацитет се подразбира она количество вода што почвата може да го задржи со сопствени сили. И оваа вредност е слична со ПВК, но има нешто поголема вредност. Се определува во лабораториски услови. Разликите помеѓу нив доаѓаат од различните методи што се користат за нивно определување, како последица на потпрената капиларна вода.



Слика 122. Шематски приказ на хидролошките константи

Табела 17. Однос на рF-вредности спрема притисок во (бари, Мра) и висина на столб на вода

рF	Бари (b)	Мегапаскали (MPa)	Притисок на столб вода cm	Ознака на хидролошката константа
1	0,01	0,001	10	
2	0,1	0,01	100	
2,5	0,33	0,03	330	ПВК
3	1,0	0,10	1 000	
4	10,0	1,0	10 000	
4,2	15,0	1,5	15 000	ВВ
4,5	31,0	3,1	31 000	ХВ
7	10 000	1 000	10 000 000	сува почва

Лентокапиларната влажност или влажноста при прекилот на капиларната врска претставува влажност која се наоѓа помеѓу влажноста на венење и полскиот воден капацитет. Настанува кога со испарување во микропорите останува само капиларната вода во вид на бројаници, т.е. кога одделните натрупувања на капиларната вода се поврзани само со тесни обвивки, преку кои оваа вода многу побавно се движи.

Под влажност на венење (ВВ) се подразбира она вкупно најголемо количество вода во почвата, при кое растенијата неповратно венат. Се определува во лабораторија на тој начин што се истиснува водата од заситена почва со притисок од 15 атмосфери со апарат – мембрани под притисок (pressure membrane) и се мери останатата влага во почвата. Влажноста на венење може да се определи и со растенија т.н растенија индикатори (вегетациски метод). Растението се одгледува во саксија и постојано се наводнува сè додека не израсне до определена фаза. Се запира со додавање вода, се покрива површината за да се избегне испарувањето и се чека растението да потроши дел од присутната вода во саксијата и да овене. Количеството на вода што останало во почвата претставува недостапна влага, односно влажност на венење. Тензијата е 15 атмосфери, 15,0 бара или $rF = 4,2$ и претставува долна граница на достапна влага. Како растенија индикатори најчесто се користат јачмен и сончоглед бидејќи е констатирано дека влажноста на венење зависи од видот на растенијата и од нивната фаза на развој. Но, за повеќето култури оваа константа е приближно еднаква и зависи најмногу од својствата на почвата.

Вегетацискиот метод што се користи за определување на (ВВ) трае долго (повеќе од еден месец) и затоа е заменет со брз лабораториски метод (без одгледување на растенија). Овој метод го утврдиле Rihards & Weaver и оттогаш конвенционално е договорено со притисок од 15 бара да се одредува влажноста на венење, што е од посебно значење за наводнување на земјоделските култури. Содржината на вода во почвата при ВВ кај

глинестите почви изнесува околу 30 %, кај иловестите околу 15 % и кај песоковите почви околу 3 %.

Количеството на вода во почвата над влажноста на венење се означува како леснодостапна вода за растенијата (ДВР), физиолошки активна или корисна вода, бидејќи оваа вода се држи со сили што се помали од силите на смукање на кореновиот систем на растенијата. Во најголем дел оваа вода е капиларна вода, и само многу мал дел е од атсорбираната вода. Се наоѓа во граници на pF од 1,8 до 4,2. Растенијата можат да ја користат и водата која се наоѓа под 1,8, но таа релативно брзо се исцедува од почвата, така што нејзиното искористување практично е многу мало.

Најголемото можно количество достапна вода за растенијата се добива ако од полскиот воден капацитет се одземе влажноста на венење. Ова се означува и како физиолошки корисен воден капацитет. Тоа е капиларната вода во почвата.

$$ДВР = ПВК - ВВ$$

каде што: ДВР е достапна вода за растенијата, ПВК е полски воден капацитет и ВВ е влажност на венење.

Количината на вода под влажноста на венење е недостапна за растенијата и се означува како „мртва“ или физиолошки инертна вода.

На основа текстурната класа на почвата, хидролошките константи ги имаат следниве вредности прикажани во табела 18.

Табела 18. Вредности на хидролошките константи во почвата според текстурната класа

Текстурна класа	Полски воден капацитет ПВК	Влажност на венење ВВ	Достапна вода за растенијата ДВР
содржина на влага во волумни %			
Глинеста	45	30	15
Илеста	35	15	20
Песоклива	10	3	7

Од табелата може да се види дека најголема содржина на достапна влага имаат илестите почви и за нив може да се каже дека имаат најголем физиолошки корисен воден капацитет. Глинестите почви имаат најголем полски воден капацитет, но голем дел од него припаѓа на физиолошки инертна вода, т.е. вода недостапна за растенијата.

Количеството на достапна вода во почвата може да се определи во секој момент кога од моменталната влажност на почвата се одземе влажноста на венење.

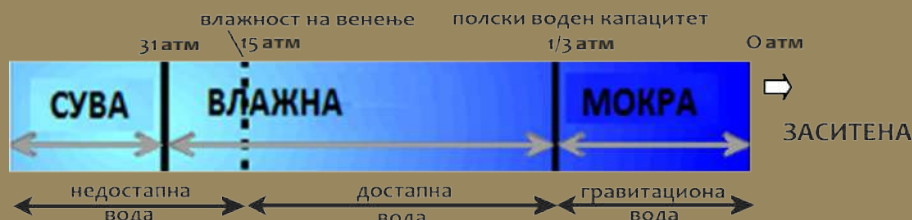
Сета течна вода во почвата според нејзината достапност за растенијата може да се раздели на: *недостапна (хигроскопична и дел од капиларната над 15 атмосфери), достапна (дел од капиларната со тензија од 0,3 до 15 атмосфери) и изливна (гравитациона) со тензија под 0,3 атмосфери (слика 123).*

Под хигроскопичност се подразбира способност на почвата да атсорбира влага. Под максимален хигроскопичитет (хигроскопичен коефициент) се подразбира она вкупно најголемо количество вода, што сувата почва, може да го атсорбира од атмосфера заситена со пара (98 % релативна влажност на воздухот). Се држи со 31 атмосфера, 31,0 бара или pF од 4,7 (некои сметаат дека се наоѓа при pF од 4,5).

Под апсолутно сува почва се подразбира почвата што е исушена на 105 °C. Таа содржи само хемиски сврзана вода, а тензијата е 10 000 атмосфери, односно 10 000 бара. Во природата нема апсолутно сува почва.

Во практиката се зборува и за воздушно сува почва. Тоа е почва исушена на обична

собна температура и обична релативна влажност на воздухот. Влагата што ја содржи оваа почва се означува како обична хигроскопна влага, за разлика од максималната (при 98 % релативна влажност на воздухот). Се смета дека оваа влага се држи со тензија од 1 000 атмосфери.



Слика 123. Шематски приказ на сува, влажна, мокра и заситена почва

Поврзано со хидролошките константи, во практика се говори за суви, влажни, мокри и заситени со вода почви (слика 123). Како сува почва се означува почвата што содржи помалку вода од хигроскопичниот коефициент. Влажната почва содржи вода во границите меѓу хигроскопичниот коефициент и полскиот воден капацитет. Мократа почва содржи повеќе вода од полскиот воден капацитет. Почвата е заситена со вода кога сите нејзини пори до максималниот износ се полни со вода.

10.1.2. Форми на почвената влага и нивната достапност за растенијата

За растенијата е многу важна формата на вода во почвата и нејзината достапност. Се разликуваат следниве форми на вода во почвата: *хемиски сврзана, парообразна, адсорпциона, капиларна, гравитациона, подземна, поплавни води и вода во вид на мраз.*

Хемиски сврзаната вода или конституциона вода влегува во составот на минералите и тоа во вид на H^+ и OH^- -јони (хидратисани минерали). Може да се оддели од минералите со нивно жарење на t^0 од 400 до 800 $^{\circ}C$, при што со нејзиното ослободување, минералите се распаѓаат.

Најголема содржина на хемиски сврзана вода има во глинените минерали. Според нејзината процентуална содржина во овие минерали, може да се суди за степенот на глиновитост на почвата. Содржината на оваа форма на вода во некои супстрати изнесува: 0,75 % во кварцен песок, 3,32 % моренски иловици и 9,40 % во глинестиот дел при распаѓањето во црвеницата.

Хемиски сврзаната вода може да биде и кристализациона (на пр. $CaSO_4 \cdot 2H_2O$), кога во вид на цели молекули влегува во структурата на минералите. Оваа вода се губи при загревање од 100 до 200 $^{\circ}C$. Со нејзино одделување не доаѓа до распаѓање на минералите, но придонесува за промената на нивните физички својства. Гипсот $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ има висока пластичност, а со губење на водата преминува во анхидрид и има друга физичка градба од претходниот. Кристализационата вода е присутна многу во солените почви (солончаци) и нивните физички својства многу зависат од оваа вода.

За растенијата, хемиски сврзаната вода е недостапна, неподвижна и нема практично значење.

Парообразната вода се јавува во вид на водена пара со испарување на другите форми на влага во почвата (обвивна, капиларна и плитки подземни води) или поретко може да дојде од атмосферскиот воздух. Почвениот воздух е заситен со водена пара околу 98 %, освен кога е почвата сува и кога оваа вредност е многу помала. Таа е подвижна во почвата и нејзиното движење зависи од температурата и притисокот на водената пара. Таа се движи од потоплите кон поладните места и од места со поголем кон места со помал притисок на парата. Како таква е недостапна за растенијата. Нејзината содржина

расте со намалување на температурата на почвениот воздух, во текот на ноќта и при облачност кога се врши нејзина кондензација (термичка кондензација). Во тој случај таа преминува во „почвена роса“ и како таква може да биде достапна за растенијата или пак со молекуларна кондензација да премине во хигроскопична влага.

Атсорпционата вода е онаа вода што се привлекува на површината од почвените честици со т.н. површинска енергија. Претставува атсорбирани молекули вода од атмосферскиот и почвениот воздух од страна на најситните честички во почвата, како резултат на нивните површински привлечни сили и на хидратацијата на атсорбираните јони. За најситните почвени честички, водата се атсорбира со Лондон-Ван дер Валсовите сили кои делуваат на кратко растојание под влијание на електростатичкиот напон на цврстите почвени честици со молекулите на вода т.е. со нејзините диполови. Сврзувањето меѓу атсорбираните молекули вода се врши преку водородни (H)-мостови. Атсорпцијата на водените молекули се означува како хидратација.

Во атсорпционата вода спаѓаат: хигроскопната, максимално хигроскопната и обвивната вода.

Атсорпционата вода во почвата се наголемува со наголемување на притисокот на водената пара во воздухот. Тука треба да се додаде дека воздушно сувата почва сè уште содржи вода и тоа дотолку повеќе, до колку е поголема релативната влажност на воздухот. *Формата на атсорпција на почвата во воздушно сува состојба се означува како хигроскопна вода, а формата над максималниот хигроскопичитет е обвивна вода.*

Хигроскопната вода се дели на хигроскопна и максимално хигроскопна вода.

Хигроскопната вода е онаа вода што се атсорбира од атмосферата од страна на сувата почва со нејзината површинска привлечна сила, при релативна влажност на воздухот од 100 %, или ако се остави почвата после сушење во таква атмосфера до „воздушно сува состојба“. Нејзината вредност зависи од релативната влажност и температурата на воздухот, содржината на глина и органска материја во почвата. До колку е релативната влажност на воздухот поголема, а температурата пониска и до колку почвата содржи повеќе глина и органска материја, до толку се поголеми вредностите на хигроскопната влага. Таа се сврзува како дипол за почвените честици. Првите слоеви се држат со сила од околу 6 000 бара. Хигроскопната вода не е достапна за растенијата и поради тоа влегува во т.н. мртва резервна вода во почвата. Нејзината вредност служи за изразување на податоците добиени во лабораторија при испитување на различни својства на почвата, во однос на апсолутно сува почва и на тој начин тие стануваат споредливи.

Максималната хигроскопна вода се атсорбира од атмосферата со површинска енергија при релативна влажност од 95 до 100 %. Таа е исто како и хигроскопната, сврзана со диполовите во многу цврста врска. Обвивката од максималната хигроскопна влага претставува само внатрешна, најблиска до честичката зона. Во суштина, таа е само дел од целата обвивка што се јавува околу честичките. Според повеќе автори (Rodevald, Mitscherlich, Lebedev, Andrianov), максималната хигроскопна влага ги обвиткува честичките само во еден слој, според Flaremborg во 10 слоја, а според Filatov и Zunker во 100 слоја. Се определува со држење во ексикатор две до три недели. Ако вредноста на максималната хигроскопна влага се помножи со определен коефициент, може приближно да се пресмета влажноста на венење.

Обвивната вода е водата што се образува после максималната хигроскопна вода, кога почвените честици не можат понатаму да ја атсорбираат водената пара од атмосферата. Под влијание на останатиот дел на слободната површинска енергија, почвените честици во контакт со водата во течна состојба привлекуваат одреден дел од неа, над слојот на молекули од хигроскопната влага. Вода што е над максималната хигроскопна вода (надградена) се означува како обвивна вода. Таа е за 50 % послабо сврзана за почвените честици во споредба со хигроскопната влага, има помала густина и поголема подвижност. Силата на држење и густината се намалуваат одејќи од површината на зоната на максималната хигроскопна

влага кон периферните слоеви на обвивната вода. Движењето на оваа вода во споредба со капиларната и гравитационата вода е мало и затоа оваа вода се означува уште и како лентокапиларна вода (*lento* на италијански јазик значи бавно, споро).

На местото на преод помеѓу хигроскопната и обвивната вода, силата на држењето одговара на притисок од околу 3 МПа, а на периферијата на обвивната вода, силата на држењето одговара на притисок од 0,3 до 0,4 МПа. Количеството на обвивна вода во почвата зависи од физичките својства на почвата.

Според Lebedev оваа вода се движи во почвата во зависност од нејзината тежина под влијание на атсорбираните сили, од места со поголема обвивка кон места со потенка обвивка. Според податоците на Derjagin и Melnikov, брзината на движење на оваа вода може да изнесува десетина cm на час.

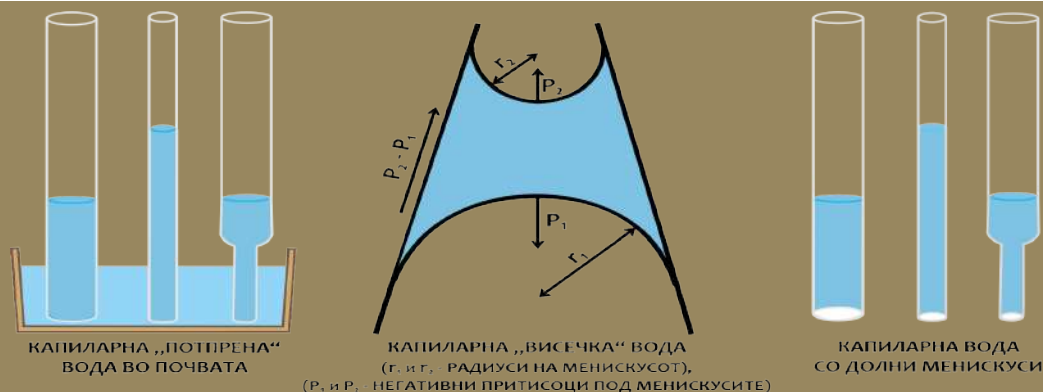
Од една страна, некои автори сметаат дека нема разлика меѓу хигроскопната и обвивната вода, при што хигроскопната вода ја ставаат во посебна категорија. Од друга страна, според Vageler, се разликуваат три зони на обвивна вода и тоа:

- » зона на хигроскопна, која се држи со сили поголеми од 50 бара,
- » лентокапиларна зона од 6,25 до 50 бара и
- » зона на слободна обвивна вода од 0,50 до 6,25 бара. Оваа вода е подвижна и достапна за растенијата.

Обвивната вода учествува во растворањето на солите и во нивната транслокација по длабочината на профилот, но поради нејзиното бавно движење нема некое поголемо значење во овие процеси, како ни во исхраната на растенијата. Растенијата можат да ја користат само онаа вода што се држи со сила од 15 до 0,5 атмосфери.

Ако количеството на вода во почвата се зголеми над обвивната вода, не се наголемуваат обвивките околу честичите, туку таа послабо сврзана вода ги пополнува порите во почвата.

Капиларната вода е таа што ги исполнува капиларните пори на почвата. Се образува од гравитационата и подземната вода, а понекогаш и со кондензација на водената пара, во моментот кога влажноста во почвата е над максималната обвивна вода. Капиларната вода се добива ако од полскиот воден капацитет се одземе хигроскопичниот коефициент (слика 122). Се држи во граници од 31 до 1/3 (0,1 до 0,3 атмосфери). Името го добила по тоа што сврзаната вода во ситните почвени пори се однесува како во капиларните цевки. Таа се сврзува и движи во почвата под влијание на капиларните (менискусните) сили што најчесто се јавуваат во порите со дијаметар од 10 - 2 μm (микрометри), а капиларниот феномен може да се јави и во порите со дијаметар до 8 mm. Во порите поголеми од 8 mm не може да дојде до образување менискус. Порите со дијаметар помал од 3 μm во поголемиот дел се исполнети со атсорбирана вода, и со тоа, движењето на капиларната вода во нив е многу отежнато или целосно запира. Формите на капиларната вода во почвата се претставени на слика 124.



Слика 124. Различни форми на капиларната вода во почвата

Оваа вода се држи со капиларните сили и со површинските привлечни сили. Тие се јавуваат во капиларните пори како последица на разликите во силите на привлекување на молекулите вода помеѓу себе и силите на привлекување меѓу сидовите на капиларите и водата, т.е. како разлика во кохезијата и адхезијата. Резултатот на делувањето на овие сили е на страна на адхезијата, па така и се задржува капиларната вода и се спротивставува на силите на гравитацијата. Со ова се објаснува и способноста на капиларната вода да се движи во сите правци во почвата. Тоа се случува под влијание на менискусните сили. Правецот и брзината на движење на капиларната вода е од повлажни места (помал капиларен потенцијал) кон посуви места (поголем капиларен потенцијал).

Водата во капиларите формира конкавен менискус како последица на посилено изразените адхезиони од кохезиони сили.

Долгов разликува три состојби на капиларна вода во почвата: *капиларно неподвижна*, *подвижна* и *лесно подвижна*. *Капиларно неподвижната вода* се јавува во вид на одделни, многу ситни непрекинати капки, ограничени со менискуси, кога е почвата многу сува. Таа е неподвижна и затоа е достапна за растенијата. Кореновите влакна тешко можат да се пробијат во тенките пори, во кои таа се наоѓа. Таа е составен дел на влажноста на венење. *Капиларно подвижната вода* лесно се движи на приближно мали растојанија и е достапна за растенијата. Нејзиниот максимален износ одговара на полскиот воден капацитет, кога се подземните води длабоки. *Капиларно лесно подвижната вода* е лесно достапна за растенијата, се јавува во почвената маса веднаш над нивото на подземните води.

Појавата на минување на водата од лесно во потешко подвижна вода во почвата ги иницирало, авторите Widstoe и McLaughlin да воведат и дефинираат нова водна константа на почвата – *лентокапиларна влажност*. Лентокапиларната влажност може да се одреди од r_F -кривата, во лабораториски услови при притисок од 6,25 бара.

Лебедев разликува *непотпрена* и *потпрена капиларна вода*. Непотпрената капиларна вода не е поврзана со подземните води и „виси“ во почвата. Таа се образува од атмосферските врнежи, потоа со кондензација на водните пари или со наводнување. Се јавува во почвите со длабоки подземни води и во аридните области. Потпрената капиларна вода се јавува во зоната над нивото на подземните води, врз кои се потпира.

За растенијата, капиларната вода е најважна форма на влага затоа што лесно се прима и постојано се наоѓа во почвата. Достапен е оној дел од неа што се држи во границите од $1/3$ (0,1 до 0,3) до 15 атмосфери. Во почвата се применуваат разни мерки (создавање на стабилна структура, окопување, уништување на покорицата) за да се зачува оваа форма на вода во почвата.

Хигроскопната, обвивната и капиларната вода се означуваат и како сврзани или ретенциони води.

Кога хигроскопната и капиларната вода ќе го достигнат својот максимум, почвата повеќе нема привлечни сили со кои ќе ја задржи водата и таа почнува да се цеди, од горе надолу низ некапиларните пори под дејство на гравитацијата. Оваа вода се означува како *гравитациона вода*. Во хумидните реони по интензивни врнежи, гравитационата вода доаѓа до подземните води и така го полни подземниот аквифер, подигнувајќи го нивото на подземните води. Со нејзиното движење може да дојде и до промивање на растворливите материи, вклучително и на хранливите елементи и на глинестите честички. Во сувите аридни реони, гравитационата вода се спушта до извесна длабочина (сува зона), а потоа со престанување на врнежите, асцедентно (од долу-нагоре) повторно се враќа кон површината на почвата и така ги обезбедува растенијата со вода за подолг период. Таа е достапна за растенијата, но нема голема улога бидејќи само кратко време се задржува во почвата (после интензивни дождови, поплави или со наводнување). Од друга страна, задржувањето на гравитационата вода подолго време во некапиларните пори има негативно влијание врз растенијата бидејќи во тие пори се задржува воздухот,

што е од животна значење за дишење на коренот.

Меѓу гравитационата и подземната вода нема принципиелна разлика.

Подземната вода претставува максимален износ на гравитационата вода што стагнира, односно лежи врз некој непропустлив слој (хоризонт) и не може да се движи надолу. Нејзината тензија е 0. Во зоната на подземната вода сите пори се исполнети со вода. За некои растенија, подземните води можат да служат како директен извор за обезбедување со вода (субиригација).

Подземната вода се образува со инфилтрација на атмосферските врнежи до непропустливиот слој, со подземен тек од околните поиздигнати терени, со претходно наводнување или со подземна странична инфилтрација на речните води во речните долини. Се јавува во вид на бунарска вода.

Кај подземните води се разликува: водонепропустлив слој, водоносен слој, во кој сите пори се исполнети со вода и кој достигнува извесна замислена висина, што се вика ниво на подземните води. Над ова ниво се јавува зоната на капиларно потпрената вода. Нивото на подземните води во текот на годината може да биде различно, што зависи од односот на приходите и расходите на вода, односно од количината на врнежи и од брзината на приливот. Ако е нивото на подземните води на помала длабочина, тие имаат улога во педогенезата и својствата на почвата. Во случај кога подземната вода може да се качува по капиларен пат, во сувиот дел на годината претставува одличен извор за обезбедување на растенијата со вода. Постои и т.н. критично ниво на подземните води. Тоа е кога капиларно потпрената вода ќе престане да се качува благодареејќи на капиларните сили, туку и самата се наоѓа во зоната на ризосферата како слободна, и може да ги загрози посевите. Посебно за растенијата се штетни подземните води што во себе содржат поголеми количини на растворливи соли и можат да предизвикаат засолување, како и водите сиромашни со кислород поради присуство на процесите на редукција. Ова е карактеристично за подземните води што стагнираат, не се движат, не осцилираат и предизвикуваат појава на штетни процеси во почвата како оглејување, псевдооглејување и др. Обратно, подземните води што се движат и осцилираат се богати со кислород и не предизвикуваат штетни процеси.

Ако водонепропустливиот слој има извесен пад, подземните води се движат по падот. Таквите води обично се побогати со кислород, отколку оние што сосем стагнираат.

Се разликуваат горни и долни подземни води. Горните подземни води имаат привремен карактер и се јавуваат кога водонепропустливиот слој се наоѓа во самиот профил и претставува еден од хоризонтите (пример кај псевдоглеј) и нивното ниво секогаш е плитко. Долните подземни води лежат врз длабок водонепропустлив геолошки слој (во геолошкиот супстрат) и нивното ниво може да биде плитко и длабоко. Во нашите речни долини, подземните води обично се долни.

За растенијата, како оптимална длабочина на подземните води се смета: 1 m кај иловест песок, 1,5 m кај песклива иловица и 2 m кај тешка иловица. Ако подземната вода е многу плитка, може да предизвика заблатување на почвата (појава на анаеробни услови и процеси на редукција), а ако има и растворливи соли, може да предизвика засолување.

Длабочината и периодот на осцилирање на подземните води се важни при преземање на одредени хидромелиоративни мерки. Исто така, познавањето на карактерот и движењето на подземните води се од големо значење и за начинот на дренажа. Против плитките подземни води може да се постави затворена дренажа. Таа се состои од цевки, ставени во водоносниот слој, над непропустливиот слој. Против горните подземни води, обично се подобрува водопропустливоста на непропустливиот слој (со длабоко орање, разровкување и сл.).

Водата во вид на мраз во наши услови се јавува поретко, обично во зима кога има многу ниски температури и може да дојде до замрзнување на водата во површинскиот

дел, но за кратко време (неколку дена).

Разните форми на вода во почвата различно мрзнат. На температура најблиска до нула замрзнува гравитационата вода. Негативните температури при кои замрзнува капиларната вода се наголемуваат со намалувањето на дијаметарот на капиларните пори до -10°C . Водата во почвата која одговара на максималната хигроскопна влага не замрзнува ниту на -78°C . Оваа закономерност има значење во процесот на образување структура на почвата. Природно, негативните температури не влијаат врз структурата на сувите почви. Замрзнувањето на оптимално влажните почви доведува до образување структура како резултат на притискање на почвените грутки од замрзнатата вода во нив. Со замрзнување на водата се создава зрнеста структура на почвата, што во суштина е „псеудо“ структура, бидејќи таа се губи кога престануваат условите што ја создале. Со замрзнување на почвата се наголемува нејзиниот волумен, а со тоа може да дојде и до кинење на корењата на растенијата. Па така, во услови на голомразица, доаѓа до кинење на корењата на озимите житни култури, па дури и до исфрлање на цели растенија на површината од почвата. Овој феномен се означува како „сријез“.

Водата во вид на мраз е неподвижна и достапна за растенијата, но со постепено топење преминува во други форми на почвена влага што се достапни за растенијата.

Покрај овие видови вода што се наоѓаат во самата почва, се јавува уште еден вид вода што може да лежи врз почвата и што е од големо значење за растенијата. Тоа се површинските води (особено поплавните води), што се јавуваат во најниските речни тераси (полои) и во депресиите (водолежни површини).

Поплавните води можат да се јават како последица на:

- » поплавување од речните корита (излевање),
- » со течење од повисоките падини и сливање во рамните терени и
- » со покачување на нивото на подземните води по асцендентен пат.

Поплавните води предизвикуваат негативни процеси во хидроморфните почви, а последиците зависат од времетраењето на поплавувањето и квалитетот на вода. Многу се штетни водите во кои има органски загадувачи, како и водите богати со соли, а сиромашни со кислород.

Поплавните води се предмет на хидротехничките мелиорации, односно заштитата на почвите од поплави и одводнување.

10.2. Движење на водата во почвата

Задржувањето и движењето на водата во почвата, примањето од страна на растенијата, како и нејзиното губење во атмосферата, се феномени поврзани со енергијата. При ова, се вклучени различни типови енергија, како потенцијалната и кинетичката енергија. За да биде појасно, со примери се објаснети енергетските концепти на водата во природата и во почвата.

При движење на водата во реката, кинетичката енергија е важен фактор во нејзиното брзо и турбулентно движење. Но, во почвата, водата се движи многу побавно, што значи дека нејзината кинетичка енергија е занемарлива во однос на потенцијалната енергија. Потенцијалната енергија е важна за положбата (местото) и движењето на водата во почвата.

Сите тела во природата, вклучително и водата имаат потенцијална енергија, која зависи од нејзината позиција. На пример, енергијата „загубена“ од водата во реката се користи за вртење на тркалото во воденица при мелење жито. Или, може и друг пример. Водата акумулирана во едно вештачко езеро има позитивна енергија, бидејќи при спуштање во централата што е на пониска позиција, таа врши работа и се претвора во електрична енергија. Потенцијалната енергија во единица маса (на пример во 1 кг вода)

се означува како потенцијал. Значи, водата во езерото, во споредба со централата, има позитивен потенцијал, но употребената вода во централата, во споредба со езерото има негативен потенцијал, бидејќи треба да се употреби работа, таа да се дигне повторно од централата во езерото. Овој потенцијал е дотолку поголем, до колку висинската разлика помеѓу езерото и централата е поголема.

Тука, овие примери се прсликани во почвата. *Во почва заситена со вода кога сите пори се исполнети со вода нема привлечни сили, водата се цеди низ некапиларните пори под дејство на гравитацијата од места со поголем гравитационен потенцијал (од повисоки позиции) кон места со помал гравитационен потенцијал (пониски позиции).* При тоа, водата под дејство на гравитацијата секогаш тече надолу и ако има дренажни цевки ќе влегува во нив.

Гравитацискиот потенцијал Ψ_g може да биде прикажан математички, како:

$$\Psi_g = g \times h$$

каде што g е забрзување (резултат на гравитацијата) и h е висината на водата над стандардното ниво на водата во почвата (референтно ниво). Ова ниво секогаш се зема како ниво на слободната вода што се наоѓа во почвата или во нејзините пониски нивоа, со што се обезбедува гравитациониот потенцијал на водата да има позитивни вредности над референтната точка (0).

Колкава ќе биде потенцијалната енергија зависи од висината на точката во која се мери гравитациониот потенцијал во однос на стандардното ниво на течноста (релативна висина).

Гравитацијата има важна улога за отстранување на вишокот вода во горните делови на почвата (ризосферата), што се јавува по интензивни дождови или прекумерно наводнување. Тоа е слободна вода што се означува и како оцедна вода и се движи низ некапиларните пори.

Некои автори го спомнуваат и хидростатичкиот притисок поради тежината на водата во заситена почва. Хидростатичкиот притисок се нарекува хидростатички потенцијал Ψ_h , карактеристичен за водата во заситените зони под водната маса. Секој што нуркал до дното на некој базен, или во друга водна површина го има почувствувано овој притисок во своите ушни тапанчиња.

По оцедувањето на водата од некапиларните пори, водата од почвата може да испарува и почвата станува се посува, слоевите од вода околу честичите стануваат се потенки и тензијата (силата) т.е. негативниот притисок се наголемува. Ова значи дека во почва незаситена со вода, главната движечка сила е матричната (одговорна за атсорпцијата и капиларноста). Оваа сила значително ја намалува енергетската состојба на водата во слоевите непосредно до почвените честичи. Водата што се привлекува со матричните сили има негативен потенцијал, бидејќи треба да се употреби работа за да се премести од едно на друго место, односно да се истисне од едно на друго место. Ова се случува кога е почвата сува, при што водата се наоѓа во ситните пори и во тенките слоеви (обвивки) вода и силно се привлекува со матричните сили на цврстата фаза на почвата. Водата во сува почва има мала слобода за движење и е со многу ниско енергетско ниво во споредба со влажна почва. Во влажна почва, поголемиот дел од молекулите вода не се блиску до почвените честичи, при што не се силно привлечени од матричните сили. Во ваква состојба тие имаат значителна слобода за движење и повисоко енергетско ниво. Ова значи дека *водата во почва незаситена со вода се движи од места со поголем потенцијал (т.е. од места со помали негативни вредности на потенцијалот, од места со пониска тензија), кон места со помал потенцијал (т.е. кон места со повисока тензија, односно со поголеми негативни вредности).* Тоа практично значи, *движење на водата од повлажни кон посуви места, при што брзината на нејзиното движење е до толку поголема до*

колку разликата во потенцијалот, т.е. во движечката сила, е поголема. До колку почвата е посува, до толку расте повеќе тензијата и негативниот потенцијал и се намалува слободната енергија (позитивниот потенцијал) и водата се побавно и побавно се движи.

Матричниот потенцијал (Ψ_m) нема ефект само за ретенцијата на водата, туку и за нејзиното движење во почвата.

Покрај матричниот и гравитациониот потенцијал, во почвата дејствува и осмотскиот потенцијал (Ψ_o). Тој се јавува во почвениот раствор во кој има растворено разни неоргански соли и органски соединенија. Нивното присуство во почвениот раствор ја намалува слободната енергија на водата, бидејќи јоните и молекулите на растворот ги привлекуваат молекулите вода.

За разлика од матричниот, осмотскиот потенцијал има многу мал ефект за движењето на водата во почвата, но има многу голема улога во примањето на вода од страна на растенијата. Овој потенцијал доаѓа до израз кога водата се движи низ полупропустлива мембрана, каква што е мембраната на растителните корења. И тука важат истите опишани принципи. Ако во почвата има растворено соли, околу јоните на овие соли водата силно се привлекува, расте нејзиниот негативен потенцијал, т.е. се намалува потенцијалната енергија. *Низ мембраната, водата се движи од места со поголем потенцијал (пониска концентрација) кон места со помал потенцијал (поголема концентрација)*. При обезбедувањето на растенијата со вода се комбинираат матричниот и осмотскиот потенцијал. Водата навлегува во растението поради разликите во осмотскиот потенцијал помеѓу сокот на растението и почвениот раствор. Осмотскиот притисок е дотолку поголем, до колку е концентрацијата поголема. Тој е поголем во растението и затоа водата се движи односно навлегува од почвата во растението. Таа до толку полесно навлегува, до колку е поголема разликата во осмотските притисоци.

Може да се каже дека коренот на растението прима вода, ако:

$$\Psi_{\text{почва}} > \Psi_{\text{растение}}$$

Кога почвата ќе се исуши, потенцијалот на водата во почвата се доближува до потенцијалот на водата во растението. Во тој случај се намалува разликата во потенцијалите и движењето на водата се намалува. Со понатамошно исушување на почвата, двата потенцијала стануваат еднакви ($\Psi_{\text{почва}} = \Psi_{\text{растение}}$) и нема движечка сила за примање вода. Ова е состојба што одговара на влажност на венење.

Во некои почви каде што концентрацијата на солите во почвениот раствор е голема, осмотскиот притисок е поголем во почвениот раствор од колку во растението и во тој случај, растенијата не можат да примаат вода (физиолошка суша). Исто така, ако се употребуваат премногу минерални ѓубрива, потенцијалот на водата во почвата може да биде под потенцијалот на водата во растението ($\Psi_{\text{почва}} < \Psi_{\text{растение}}$) и водата не може да се прима од страна на растенијата.

Вкупниот потенцијал на водата може да се изрази со следнава формула:

$$\Psi_{vp} = \Psi_m + \Psi_g + \Psi_o$$

при што, вкупниот потенцијал на водата во почвата (Ψ_{vp}) е збир од матричниот (Ψ_m), гравитациониот (Ψ_g) и осмотскиот потенцијал (Ψ_o). Потенцијалот на водата во почвата обично е негативен број, бидејќи неговиот најголем дел (матричниот потенцијал) е со негативна вредност.

Потенцијалот на водата според SI-системот се изразува во Jkg^{-1} , Nm^{-2} или во Паскали (Pa). Еден од начините на изразување е преку хидролошките константи.

Од сево кажано, може да се заклучи дека во заситената почва со вода, водата се движи под влијание на разликите во гравитациониот потенцијал, односно од повисоките

кон пониските точки, а во незаситената почва со вода, таа се движи под влијание на матричните сили од места со помала тензија (влажни) кон места со поголема тензија (суви), и до толку побргу до колку е разликата во матричниот потенцијал поголема. На овој начин водата се движи во сите насоки.

До колку е почвата посува, до толку водата во неа се движи побавно.

Брзината на движењето на водата (V) е производ на движечките сили (f) и водопропустливоста на почвата (хидрауличниот кондуктивитет - k). Според тоа:

$$V = f \times k$$

Водопропустливоста (k) зависи од размерот на порите и од потенцијалот на водата (тензијата). Во заситена со вода почва, водопропустливоста е до толку поголема, до колку се порите поголеми и процентот на поголемите пори поголем, бидејќи во таквата почва не дејствуваат матричните сили. Тие се сите неутрализирани со привлекување на водата до максимално количество и нема повеќе слободни сили. Меѓутоа, во почвите што не содржат вода во некапиларните пори, водопропустливоста зависи од потенцијалот (тензијата). Водопропустливоста е до толку помала, до колку е потенцијалот (тензијата) повисок, т.е. влажноста помала.

10.2.1. Видови на движење на водата во почвата

Водата во почвата е во постојано движење. Таа се движи во сите правци:

- » десцедентно, од горе надолу,
- » асцедентно, од доле нагоре и
- » латерално, странично.

Некои видови вода се неподвижни (хигроскопичната до максимален износ, дел од капиларната вода, хемиски сврзаната и мразната вода). Гравитационата вода се движи само десцедентно, а во вид на подземна вода и латерално. Другите видови на вода што се подвижни (парообразната и дел од капиларната) се движат во сите правци.

Движењата на водата во почвата може да се прикажат на следниов начин:

Движење на течна вода	Движење на парата
Движење во заситена со вода почва - Движење на подземни води - Перколација (цедење)	- Со дифузија - Заедно со воздушните маси
Движење во незаситена со вода почва - Од подземни води по капиларен пат нагоре - Инфилтрација, надолу - Од повлажни кон посуви места во сите правци	

Значи, се разликуваат два основни вида движење: движење на водата во течна состојба и движење на водата во парообразна состојба.

Движењето на водата во течна состојба се дели на: движење на водата во заситена и движење на водата во незаситена почва, а движењето на парообразната вода се дели на: движење на парата со дифузија и движење на парата заедно со воздушните маси.

Движењето на водата во почвата е од големо значење за:

- » обезбедувањето на растенијата со вода;
- » преместувањето на растворливите материји и глината;
- » за наводнувањето и
- » за дренажата (одводнувањето) на почвата.

Движење на водата во заситена со вода почва

Тука се разликува движење на подземната вода и движење на гравитационата вода.

Теоријата за движењето на водата во заситена почва за првпат е објаснета од францускиот истражувач Darcy (1856), познат како законот на Дарси (Darcy), претставен преку формулата:

$$Q = K \times \frac{H}{L}$$

каде што Q е волумен на вода што протекува во cm^3/s ($\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{s} = \text{cm}/\text{s}$), H е разликата во гравитациониот потенцијал од почетната до излезната точка на текот во cm на водениот столб, L е растојанието меѓу двете точки во cm , H/L - хидрауличен потенцијал и K - хидраулична спроводливост на порозниот систем на почвата (водопропустливост) во cm/s .

Идеалните услови за примената на законот на Darcy се кога потенцијалот (Ψ) и отпорот на текот се константни во времето, при што тоа претставува состојба на движење на водата во заситена почва, која не бабри. Во природата, најчесто почвите не обезбедуваат вакви услови бидејќи се наоѓаат во динамичен циклус на влажење и сушење, па така параметрите од претходната формула се менуваат во простор и време и се објаснети при движење на водата во незаситена почва.

Ако во почвата се појави непропустлив хоризонт, водата ќе лежи над него и се формира *подземна вода* што ја заситува почвата нагоре, сè до своето ниво. Во тој слој сите пори се исполнети со вода и таа има позитивен притисок. Под нивото, подземната вода може странично да се движи и тоа од повисоко кон пониско ниво. Со ова движење, подземните води истечуваат кон изворите или кон дренажниот систем доколку е поставен во почвата. Затоа движењето на подземната вода, некои автори го означуваат како дренажа.

Брзината на движењето е до толку поголема до колку разликите во гравитациониот потенцијал (т.е. во нивото) се поголеми и процентот на некапиларните пори е повисок. Тоа значи дека, брзината на движење на подземната вода не зависи од вкупната порозност, туку од размерот на порите, како и од наклонот на непропустливиот слој. На пример, глинестите почви имаат поголема вкупна порозност од песокивите, но помал процент на некапиларни пори. Затоа подземната вода побавно се движи низ нив.

Перколацијата или цедење е движење на водата низ заситена почва, од горе надолу. Уште се означува и како филтрација. Ова движење на водата во почвата се случува за време на долготрајни и силни дождови, како и при посилно наводнување, кога сите почвени пори се исполнуваат со вода и таа почнува да се движи надолу под дејство на гравитацијата. Брзината на ова движење зависи од бројот, големината и поврзаноста на порите, а тие пак од механичкиот состав на почвата, структурата, присуството на пукнатини и канали од педофауната и др.

Почви со полесен механички состав, стабилна структура и стабилен порозен систем, имаат подобра перколација. Перколацијата на пример во песокивите почви изнесува меѓу 10^{-2} до $10^{-3} \text{ cm}/\text{s}$, а кај послабо пропустливите почви изнесува $10^{-4} \text{ cm}/\text{s}$ и до $10^{-7} \text{ cm}/\text{s}$ кај глинестите почви. Со наголемување на влажноста во почвите со нестабилна структура се разрушуваат агрегатите и со тоа се затнуваат порите. Порозниот систем се менува и со бабрење на колоидите. Со бабрење се намалува процентот на некапиларните пори, а голем дел од капиларните пори силно се стеснува. Ова бабрење е во тесна врска со хидрофилноста на колоидите и со видот на атсорбираните јони. Почвите со атсорбирани Ca^{2+} , Mg^{2+} и K^{+} -јони имаат подобра перколација во споредба со оние кои имаат атсорбирани Na^{+} -јони бидејќи диспергираните колоиди ги полнат некапиларните пори.

Присуството на пукнатини, канали од изумрени корења, канали направени од животни и сл., силно ја наголемуваат перколацијата.

Перколацијата е од големо значење за промивањето на растворливите материи и на глината. Промивањето на овие материи е до толку поголемо, до колку е перколацијата побрза. Перколацијата е значајна и за аерацијата на почвата бидејќи ако е добра овозможува евакуирање на водата од некапиларните пори и навлегување на кислород. Почвите со слаба аерација се карактеризираат со слаба внатрешна дренажност. Добрата перколација е неопходна и за мелиорации на солени почви бидејќи овозможува полесно промивање на солите. Од перколацијата зависи и проектирањето на дренажниот систем во почвата, при што ако е таа намалена, дренажните канали се поставуваат на помало растојание.

Перколацијата едновременно претставува и загуба на почвената влага.

Движење на водата во незаситена со вода почва

Движењата на водата во незаситена почва се резултат на разликите во матричниот потенцијал, при што водата се движи од помал потенцијал (влажни места) кон места со поголем потенцијал (суви места). Ова привидно отстапување од општото правило дека материјата се движи од поголем кон помал потенцијал е условено од тоа што матричниот потенцијал има негативна вредност.

Експериментално е докажано дека колку е почвата повлажна, толку е поголем градиентот на потенцијалот (тензијата) и побрзо е доставувањето на водата. Со други зборови кажано, колку е поголема содржината на влага во почвата, толку е поголем градиентот на матричниот потенцијал помеѓу влажната и сувата почва, и така е побрзо движењето на водата во незаситената почва. Од овој пример станува јасно дека количината на вода што се движи е во функција на градиентот на матричниот потенцијал.

Најголем градиент се јавува во делот на влажењето кога водата навлегува во претходно исушена почва. Во тој дел, градиентот (тензијата) изнесува повеќе бари на растојание од 1 cm, што претставува движечка сила илјада пати поголема отколку гравитационата. Затоа оваа вода може да се движи во сите правци, па и во спротивен на гравитацијата, од долу нагоре.

И ова движење на водата може да се претстави со формула на Darcy, која е малку променета. Промената се однесува на (K) хидрауличниот кондуктивитет – водопропустливоста, кој во оваа ситуација не е константна и е во функција на содржината на вода (Q).

$$q = K(Q) \times \frac{H}{L}$$

каде што q е волумен на вода што протекува во cm/s⁻¹ (cm³/cm²/s = cm/s), H е разлика во гравитациониот потенцијал од почетната до излезната точка на текот во cm на водениот столб, L е растојанието меѓу двете точки во cm.

Водата во незаситена почва се движи со *инфилтрација или впивање, одгоре - надолу, од подземните води по капиларен пат, оддолу - нагоре и од повлажните кон посувите места во сите правци*. Ова е најчест случај кај природните почви.

Под *инфилтрација* или впивање се подразбира впивање или навлегување на водата во почвата. Се изразува во количество вода што навлегува во почвата, за единица време (на пример, во cm на час, што покажува колку дебел слој вода изразен во cm може да се впије за 1 час).

Стапката со која водата може да се впије од почвата се означува како инфилтрираност (i).

$$i = \frac{Q}{A \times t}$$

каде што Q е количество вода во m^3 што се инфилтрира (впива), A е површината на почвата во m^2 зафатена со инфилтрација и t е времето (s). Бидејќи m^3 се во броителот, а m^2 во именителот, изразувањето на инфилтрираноста може да биде m/s или најчесто во cm/h .

Инфилтрацијата зависи од многу фактори: од влажноста на почвата пред дожд или наводнување, од состојбата на почвената површина, од спроводливоста на почвата (механички состав и структура), од температурата на водата, од присуството на непропустлив слој близу почвената површина и др. Впивањето на водата е намалено во глинестите почви, во почвите со нестабилна структура и во почвите со непропустлив слој на извесна длабочина.

При наводнување или за време на посилни дождови, обично во површинскиот слој се создава плитка зона скоро заситена со вода, со многу мала тензија. Бидејќи во посувата почва под таа зона, тензијата е поголема, водата се движи надолу. Кон овие матрични сили треба да се додаде и гравитационската сила кога водата се движи надолу. Тензијата расте одгоре надолу, сè до т.н. „влажен фронт“ т.е. до линијата до која водата доаѓа со впивање во незаситената почва.

При определување на инфилтрацијата е констатирано дека таа е најсилна во почетокот, кога се влажи почвата и потоа се намалува и стабилизира. Брзината на инфилтрацијата се определува на неколку начини:

- ✓ со цилиндри што се набиваат во почвата со долниот дел, а горниот дел се полни со вода и се мери количеството на вода што се впива во почвата за определено време;
- ✓ со поплавување мала површина на почва ($10\ m^2$) оградена со насипи, при што се вршат исти мерења како со цилиндрите и
- ✓ со наводнување со вештачки дожд, при што инфилтрацијата се пресметува од разликата меѓу количеството на дожд и водата што истекла од наклонетата површина.

Познавањето на инфилтрацијата (впивање) е од големо значење за снабдувањето на растенијата со вода, за интензитетот на ерозијата и за наводнувањето. Во почвите со бавна инфилтрација, значителен дел од врнежите е загубен за растението, бидејќи не се впива, тече по површината и предизвикува ерозија. При услови на наводнување, почвите со слаба инфилтрација бараат подолготрајно наводнување, при што е многу важно да се избере и правилен начин на наводнување. Се смета дека почвите со помала инфилтрација од $0,25\ cm$ на час не се погодни за наводнување.

Движењето на подземните води по капиларен пат, оддолу-нагоре низ микропорите, се означува како капиларно качување на водата. Во подземната вода тензијата е 0, а во почвата над нивото на подземната вода, тензијата е поголема, па така водата се качува нагоре. Водата капиларно се искачува нагоре под влијанието на адхезијата и кохезијата сè додека не се постигне рамнотежа помеѓу силите што ја дигаат водата нагоре и гравитационската сила т.е. тежината на водениот столб потпрен врз нивото на подземните води. Во зоната над нивото на подземните води, односно во зоната на капиларно потпрената вода, сите капиларни пори се максимално исполнети со вода. Тие содржат и лесно подвижна капиларна вода. Во зависност од длабочината на нивото на подземните води, горната граница на опишаната зона може да стигне до површината или да биде под неа, но да навлегува во зоната на ризосферата.

Капиларното качување на водата во почвата зависи од механичкиот состав, карактерот на колоидите, структурата и компактноста на почвата.

Висината на капиларното качување расте со наголемување на глината, бидејќи расте и процентот на капиларните пори. Но, ова е само до извесна граница, бидејќи капиларните пори со наголемување на содржината на глината се стеснуваат и качувањето се забавува и може и да прекине. Тоа значи дека брзината на качувањето опаѓа со стеснување на капиларните пори, т.е. со наголемување на содржината на глина во почвата.

Појавата на слој од чист песок и чакал без капиларни пори го запира капиларното качување на водата. Растенијата што растат на таквите почви каде што се појавува ваков слој, во услови на суша и немање можност за наводнување, страдаат за вода бидејќи не можат да ја користат водата од подолните слоеви. Присуството на колоиди што бабрат исто така го намалуваат капиларното качување бидејќи со бабрење силно намалува димензијата на капиларните пори во почвата. Во тешките глинести почви, структурата може да го измени влијанието на механичкиот состав. Па така, стабилната зрнеста структура го подобрува капиларното качување, бидејќи меѓу агрегатите се создаваат и појадри капиларни пори низ кои водата може побрзо да се качува. Во компактните почви, во кои има само капиларни пори, водата посилно се искачува по капиларен пат, но и тоа е до извесна граница бидејќи наголемувањето на компактноста (повеќе глина) ги стеснува капиларните пори. Со создавање на растресит слој на површината, во кој преовладуваат некапиларните пори, качувањето на водата се намалува.

Овој начин на движење на водата има ограничено значење бидејќи не се јавува на големи површини. Но, таму каде што се јавува има големо значење за обезбедувањето на растенијата со вода (субиригација). Во некои случаи, капиларното качување може да биде и штетно, посебно кога подземните води содржат соли и по капиларен пат солите ги носат кон површината, каде што се акумулираат по испарувањето на водата.

Движењето на водата во незаситена почва од повлажните кон посувите места во сите правци е најчест начин, кој се одвива постојано, а не инцидентно како претходните два. Се случува во почвата кога по оцедувањето паѓа количеството на вода до полски воден капацитет, а потоа со евапотранспирацијата и под тој капацитет. Тензијата расте кога слојот на вода околу честичите се намалува и водата се движи од места со помала тензија (повлажни места) кон места со поголема тензија (посуви места). Како почвата се исушува, така водата сè побавно се движи и ако обезбедувањето на растението со вода е помало од загубата на вода со транспирација, настапува венење.

Движење на парообразната вода во почвата

Движењето на парата може да биде *интерно* (внатрешно) во самата почва и *екстерно* (надворешно), од почвата кон атмосферата.

Интерното движење на парата се одвива во порите на почвата со дифузија од места со поголем притисок кон места со помал притисок на водената пара. Екстерното движење се одвива на површината на почвата и претставува загуба на почвена влага преку испарување (евапорација) од почвената површина.

Водената пара во почвата се движи како одговор на разликите во притисокот на парата. Така, таа се движи од влажна почва каде што воздухот во почвата е речиси 100 % заситен со водена пара (висок притисок на парата) кон посува почва каде што притисокот на парата е понизок. Исто така, водената пара се движи од зона со ниска содржина на соли кон зона со повисока (на пример околу гранула од ѓубриво). Солите го намалуваат притисокот на водената пара и го забрзуваат движењето на водата во околната почва.

Парата со дифузија се движи од потоплите кон поладните места. Таа покажува деноноќно и сезонско движење. Дење и летно време, кога долниот дел на почвата е поладен, парата се движи од горните кон долните хоризонти или дури и во матичниот супстрат. Во зима и ноќе, парата се движи од долните хоризонти кон горните, т.е. кон ризосферата, каде што може и да се кондензира.

Со оглед на фактот дека станува збор за мала количина на вода во форма на водена пара во почвата, нејзиното движење има ограничено значење во почвите со оптимална влажност за одгледување на растенијата. Но, во сувите почви движењето на водената пара може да има суштинско значење, посебно во обезбедувањето со влага на растенијата отпорни на суша во пустински услови, меѓу кои има и такви што можат да растат при екстремно ниска влажност на почвата.

Движењето на парата заедно со сета воздушна маса е под влијание на разликите во атмосферскиот притисок и на температурата. Ова движење е слабо изразено и без практично значење.

10.3. Воден режим на почвата - приходи и расходи на почвената влага

На почетокот се кажа дека почвата има приходи и расходи на вода. *Односот меѓу примањето (приходи) на вода во почвата и загубите (расходи) на вода од почвата се означува како воден биланс на почвата.*

Водниот биланс на почвата за даден период се добива според следнава формула:

$$V_1 = V_0 + (O + K + Pd) - (E + T + Op + G + Bo)$$

приходи расходи (загуби)

во која:

V_1 - количество вода на крајот од дадениот период на следење

V_0 - количество вода на почетокот од дадениот период на следење

O - врнежи

K - кондензација на вода

Pd - прилив од подземни води

E - евапорација (испарување)

T - транспирација

Op - површинско истечување

G - гравитационо цедење

Bo - странично (латерално) течење

Како приходи на вода за даден период на следење според прикажаната формула се: количество вода на почетокот од тој период, врнежи, кондензација на вода односно на водните пари („термичка“ и „молекуларна“ или адсорпција) и прилив од подземните води.

Како приходи се сметаат и водата што доаѓа со топење на снеговите, со поплави и сливање на површинските води од повисоките терени и секако наводнувањето каде што човекот е целосно господар на приходните елементи.

Најголем дел од водата во почвата по природен пат доаѓа од врнежите. Но, ова не значи дека почвата ја прима целата количина што доаѓа од врнежите. Еден дел се губи, уште пред да биде впиен во почвата, а количеството на вода што се впива зависи од повеќе фактори и тоа: од карактерот на врнежите, водопропустливоста на почвата (брзината на инфилтрација), од густината на вегетацијата и од релјефот.

Доколку врнежите се тивки, долготрајни и со ситни капки, а почвата е со стабилна зрнеста структура, се впива најголема количина на вода.

Механичкиот состав на почвата исто така има влијание, при што почвите со погруб механички состав и со подобра водопропустливост впиваат повеќе вода. Со бавно топење на снегот се впива повеќе вода. Ако количината на врнежи или топење на снегот го надминат капацитетот на инфилтрација на почвата, резултатот може да биде формирање на барички или може да дојде до значително површинско течење и појава на ерозија. Во екстремни случаи, повеќе од 50 % од врнежите можат да бидат загубени со

површинско истечување, со кое се губат разни растворени материи и почвени честици (седименти) или цел почвен слој.

При еднакви други услови, почвите покриени со густа вегетација примаат помалку вода во споредба со оние што имаат поретка вегетација.

Во некои релјефски форми (негативни форми на релјефот), почвата може да добива и дополнително влажење од подземните води, со нанесување на снег од околните терени или со поплави во речните тераси. Од друга страна до колку инклинацијата е поголема, до толку при еднакви други услови, почвата прима помалку вода, бидејќи водата тече по површината.

Како расходи (загуби) на вода за даден период на следење, според горната формула, се: евапорација, транспирација, површинско истечување, гравитационо цедење и странично внатрешно течење.

Загубите на почвена влага може да се претстават и на следниот начин:

Загуба во течна состојба

- ✓ Површинско истечување
- ✓ Перколација, цедење и внатрешно странично течење

Загуба во паробразна состојба

- ✓ Интерцепција
- ✓ Евапорација
- ✓ Транспирација

Површинското истечување и интерцепцијата (задржување на водата на надземните делови на растенијата) се загуби пред водата да дојде во почвата.

Површинското истечување и перколацијата се загуба на вода во течна состојба.

Површинското истечување е многу штетно, не само поради загубата на вода, туку многу повеќе и поради интензитетот на ерозијата. Се изразува преку коефициент на површинско истечување, што претставува однос меѓу количеството на изгубена вода со површинско течење и количеството на врнежи. Тука, треба да се каже и модулот на истечување, што претставува количество вода во литри на секунда (l/s) што истечува од 1 km² од некој речен слив (l/s/km²).

Интензитетот на ерозија како резултат на површинското истечување е поголем, до колку се врнежите поинтензивни (поројни), еродибилноста на почвата и на супстратот се поголеми, наклонот на теренот е поостар и со поголема должина, почвата е пооголена или со ретка вегетација и до колку агротехниката е на пониско рамниште и без примена на противерозивни заштитни мерки.

Затоа во борбата против ерозијата треба да се подобрат инфилтрацијата и стабилноста на структурата на почвата, со што се овозможува повеќе вода да се впије во почвата, а помалку да тече по нејзината површина.

Намалување на истечувањето на водата во земјоделството е дел и од некои стратегии за заштеда на водата. Методите за намалување на истечувањето, покрај подобрување на влагата во почвата, имаат и други позитивни ефекти, како што се:

- » намалување на ерозијата и загубата на ораничниот слој;
- » намалување на поплавите низводно, бидејќи помалку вода се слива во реките;
- » намалено загадување на водата од почвени честици, вештачки ѓубрива, пестициди, евентуално и патогени микроорганизми однесени од земјоделските површини со истечувањето.

Како мерки за намалување на истечувањето или задржаното истечување можат да бидат: терасирање, правење на сегментирани бразди, обработка на почвата по изохипси, длабоко разровување („subsoiling“), конзервациона обработка на почвата, сеидба или садење во ленти („strip contouring“), слика 125, одгледување на растенијата во појаси наизменично поставени во систем на ротација („stripcropping“), фитомелиоративни мерки и др.

Сите овие, а и многу други мерки, детално се проучуваат во предметите Заштита од ерозија и Деградација и заштита на почвата.



Слика 125. Преглед на земјоделските практики и техники за конзервација на водата во почвата

Перколацијата е опишана во делот движење на водата во заситена почва. Со перколација можат да се формираат и подземни води врз непропустлив слој. Тие бавно течат кон речните корита и изворите и се губат од почвата.

Интерцепцијата, евапорацијата и транспирацијата се загуби на вода во парообразна состојба.

Почвената вода се губи со *евапорација*, односно со испарување директно од почвената површина и со *транспирација*, односно со испарување од растенијата, откако таа е примена од нив со помош на кореновиот систем. Но, дел од врнежите (водата) се губи уште пред да дојде во почвата. Таа се задржува на надземните делови на растенијата (лисја, гранки) и од нив испарува, без да биде искористена од страна на растенијата. Ова задржување и губење на водата се означува како *интерцепција*.

Шумските растенија имаат голема улога во задржувањето на врнежите (интерцепцијата). Присуството на шумска простирка, влијае врз регулирањето, како врз инфилтрацијата (впивањето) така и врз филтрацијата (цедењето) на врнежите.

Најголема способност за задржување на врнежите имаат четинарските шуми (смрча и ела од 20 до 60 %), потоа мешаните шуми, а најмалку листопадните шуми (15 до 40 %). Задржувањето на снегот на крошните на дрвјата може да ја намали содржината на влага во почвата и до 50 % во однос на соседните голи непокриени површини.

Со испарување на оваа вода растенијата се ладат и се намалува транспирацијата додека растенијата се мокри.

Вкупното испарување на водата, евапотранспирацијата зависи од: метеоролошките фактори, растението, од содржината на почвената влага и од карактерот на почвената површина. Евапотранспирацијата е до толку поголема до колку е повисока температурата

на воздухот и почвата, до колку е повисока апсорпцијата на сончевата енергија и до колку ветровите (особено оние топли и суви) се посилни, а релативната влажност на воздухот пониска.

Многу е тешко е да се контролира транспирацијата на растенијата. Три фактори поврзани со временските услови предизвикуваат голема транспирација: висока температура, ниска влажност и ветер. Ефикасноста на растенијата во користењето на водата од почвата може да се мери со коефициент на транспирација. Растенијата имаат различен транспирационен коефициент, односно трошат различно количество вода за создавање единица органска маса. Овој коефициент зависи од климата, видот на растенијата и почвените услови. Во хумидни услови, транспирациониот коефициент изнесува од 200 до 500, и двојно повеќе во аридните области. Пример, во суви аридни региони, растенијата можат да користат 1 000 до повеќе од 1 500 kg вода за производство на 1 kg жито. Колку е повисок коефициентот, толку е поголемо количеството на вода потребно да се произведе 1 kg сува материја. Коефициентот е поголем до колку е климата потопла и посува и до колку некое растение има подолг вегетациски период. Исто така, постои голема разлика и помеѓу растенијата. На пример, на луцерката и е потребно трипати повеќе вода за да произведе 1 kg сува материја отколку на кинеската шеќерна трска.

Табела 19. Коефициент на транспирација кај некои растенија

Сорго (тропско житно растение)	277
Пролетен 'рж	634
Пролетна пченица	491
Пченка	349
Јачмен	527
Шеќерна репа	443
Овес	583
Компир	575
Лен	783
Црвена детелина	698
Луцерка	844

Земјоделците можат да ја подобрат ефикасноста на транспирација со ладење (освежување) на културите, со подигнување на ветрозаштитни појаси, како и со подобрување на условите во зоната на кореновиот систем на растенијата. Компактноста на почвата и присуството на плужен ģон го ограничуваат волуменот на почвата што може растенијата да го користат и влијаат врз зголемување на транспирацијата. Затоа претходно опишаните мерки во делот за подобрување на структурата и компактноста на почвата се значајни техники и за подобрување на ефикасноста на транспирацијата.

Плодната почва, исто така, го подобрува искористувањето на водата од страна на растенијата. Добрата обезбеденост со фосфор и азот позитивно влијае врз големината и длабочината на кореновиот систем и го намалува соодносот на транспирацијата. Тој е понизок кога се добиваат максимални приноси, т.е. кога во почвата се одржуваат количеството на вода и хранливи материи во оптимални граници за раст и развој на растенијата. Иако при тие услови вкупното потрошено количество вода на еден хектар со транспирација може да биде поголемо, потрошеното количество вода за единица органска маса е пониско, т.е. водата се користи многу порационално.

За земјоделската практика од големо значење е примената на различни мерки со кои земјоделските производители можат значително да го зголемат степенот на искористеност на иста количина на продуктивна почвена влага, односно со истите

резерви на влага да се постигне значително зголемување на приносот од културните растенија. Помеѓу тие мерки, најзначајни се: изборот на сорта и густината на растенијата, примената на оптимални дози на ѓубрива, борбата против плевели и др.

Евапорацијата од површината на почвата при одредена температура се одредува според влагата на површината на почвата и можноста почвата да ја надолжни оваа површинска вода што испарува. Во повеќето случаи, горните 15 до 25 cm од почвата го обезбедуваат поголемиот дел вода што испарува од површината. Ако подземните води се плитки и по капиларен пат стигнуваат до површината на почвата, евапорацијата е многу голема и приближно еднаква со евапорацијата од слободна водна површина. Евапорацијата е голема и кога е површинскиот слој на почвата влажен, а подземните води се длабоки, т.е. кога почвата содржи вода близу полскиот воден капацитет. Меѓутоа, со исушување на плиткиот површински дел на почвата, неговата спроводливост за капиларна вода нагло намалува. Капиларната вода тешко доаѓа до самата површина за да испари, а внатре во почвената маса не може да испари поради заситеноста на почвениот воздух со влага. Според тоа, плиткиот посув слој ги штити подлабоките слоеви од натамошна загуба на влага со евапорација.

Евапорацијата зависи од состојбата и големината на почвената површина. Ако е почвената површина под густа вегетација, од неа испарува помалку влага, но транспирацијата при тие услови е поголема. Па така, процесите на евапорација кај шумските почви се скоро на половина помалку отколку кај земјоделските почви, но загубите на влага со транспирација се многу поголеми кај почвите под шумска вегетација отколку кај земјоделските. Евапорацијата е особено намалена ако е почвата покриена со органска маса како на пример, со шумска простирка или мулч. Почвите што не се израмнети (браносани) по орање имаат поголема површина и побрзо испаруваат.

Во суштина, факторите што влијаат врз евапотранспирацијата многу често се надвор од контрола на земјоделецот. Сепак, постојат начини (методи) што можат да помогнат да се намали испарувањето, како што се: покривање на површината на почвата со вегетација или со мулч (вештачко покривање на почвата со пластика, најлон и разни органски отпадоци како слама, плева и др.), засенчување на почвата, намалување на бројот на операции при обработка на почвата (редуцирана обработка, вклучително и обработка без орање), уништување на плевелите, намалување на брзината на ветерот со подигнување на ветрозащитни појаси и др.

10.4. Значење на водата за почвата, културните растенија и примената на разни мерки во земјоделското производство

Водата е исто така незаменлив природен ресурс со ограничени количини и нерамномерна просторна и временска распределба. Од фактот дека сите форми на живот и сите активности на човекот повеќе или помалку се поврзани со водата, укажува на важноста на односот кон водата и на значењето како треба да се управува со неа. Стопанскиот развој и урбанизацијата доведуваат, од една страна, до голем пораст на потребите за вода, а од друга страна до загрозување на водните ресурси и водната околина. Водата може да биде ограничувачки фактор на развитокот, како и закана за здравјето на луѓето и одржливоста на природните екосистеми.

Република Македонија се вбројува во групата на земји што се релативно богати со вода и во неа проблемите со водата и околу водата сè уште не се заострени, што значи, водните ресурси за сега не се ограничувачки фактор за развојот. Билансот на површинските и подземните води покажува дека нашата земја располага со големи нерамномерно просторно и временски распоредени количества на површински и подземни води.

Во последниве години, сведоци сме на нетипични и екстремни влијанија на

климатски промени во нашата држава, без разлика дали се работи за појава на поплави или пак појава на суши. Тоа наметнува потребата за сериозна анализа на развојот на наводнувањето и одводнувањето во нашата земја во идниот период, како и за искористеноста на хидромелиоративните системи во земјоделското производство.

Со забрзано решавање на правилното и рационално управување со водните ресурси и со претпазлив пристап кон основниот природен ресурс - водата, можно е да се сочува екосистемот и да се спречат сите несакани последици од непредвидливоста на глобалните климатски промени.

Познавањето на водата во почвата, нејзината ретенција, движењето и водниот биланс е од големо значење за:

- » почвените процеси и својства;
- » културното растение и
- » примената на разни агротехнички и мелиоративни мерки.

Без вода не е можно образување на педосферата. Таа е многу значаен фактор за физичкото и хемиското распаѓање и за образувањето на реголит (матичен супстрат) уште пред појавата на живиот свет. Улогата на водата продолжува и после појавата на живиот свет и не случајно некои автори ја сметаат хидросферата како педогенетски фактор.

Водата има значајна улога во физичкото и хемиското распаѓање во почвената маса. Од неа зависи животот и активноста на претставниците на живиот свет во почвата (животните и микроорганизмите), а во врска со тоа и на образувањето (синтеза и хумификација) и разлагањето (декомпозиција и минерализација) на органските отпадоци. Водата како растворувач и диспергент е значајна и за транслокацијата (преместување) на растворливите материи и глината во почвата, а со тоа и за диференцирање на профилот на хоризонти, како и за примање на хранливи елементи од почвениот раствор.

Од земјоделска гледна точка некои од овие процеси се позитивни (образување на хранливи материи, промивање на некои токсични соединенија и др.), но некои можат да бидат штетни (ерозија со која се губи површинскиот дел на почвата, а може и целиот солум, интензивното хемиско распаѓање, промивање на глината, базите и хранливите елементи и акумулирањето на соли).

Многу својства на почвата (физички, физичко-механички, хемиски и др.) се поврзани со присуството на вода во почвата. Во неа се одвива коагулацијата и пептизацијата на колоидите. Конзистенцијата на почвата, воздушниот и топлотниот режим, како и концентрацијата и составот на почвениот раствор се во директна корелација со количеството на вода во почвата.

Водата е еден од петте еколошки фактори за нормално растење и развој на растенијата, а со тоа и добивање на високи и квалитетни приноси.

Географската положба и климатските услови во нашата земја овозможуваат висока и квалитетна продукција од земјоделските култури, но, сепак, водата претставува лимитирачки фактор за стабилно производство. Па така, сушни периоди со различен интензитет и траење се честа појава, дури и во години со поплави. На пример, во просек од 20 години, 10 години се интензивно сушни, 9 години се просечни, а 1 година се карактеризира како влажна. Со влијанието на глобалните климатски промени, ризикот од интензификација на сушни периоди се зголемува, додека потребите за вода за сите намени станува се поголема.

Културните растенија преку кореновиот систем примаат вода од почвата и со неа растворливи хранливи материи. За нормално одвивање на сите нивни биохемиско-физиолошки процеси, потребно е да имаат доволно количество вода. Таа е неопходна за одржување на структурата на клетките, ткивата и за целиот организам. Исто така, водата претставува растворувач и средина во која се извршуваат транспортот на неорганските и органските материи, како и многу други значајни физиолошки процеси. Без неа не е можно образување на органска материја. Од содржината на вода во почвата, во голема

мера зависи длабочината и густината на кореновиот систем на растенијата. Тоа значи дека во почви со оптимална влажност, со доволно хранливи материи и други поволни услови, кореновиот систем на растенијата добро се развива, лесно се пробива до поголема длабочина и тоа овозможува подобро користење на водата и хранливите елементи од поголем волумен почва и добивање на повисоки приноси.

Меѓу почвата и културните растенија постои определен однос. Од една страна, културните растенија имаат перманентна потреба од вода во текот на нивниот вегетациски период, а од друга страна, почвата не добива вода постојано, туку повремено, од врнежите или со наводнување. Ова значи дека почвата има посредничка улога меѓу климата (врнежите) и растенијата. Иако почвата не прима постојано вода, таа треба перманентно да ги обезбедува културните растенија во текот на целиот нивни живот со оптимално количество вода за добивање на високи приноси.

Културните растенија се разликуваат помеѓу себе во однос на потребите за вода. Дури и едно исто растение има различни потреби од вода во одделните фази на развој. Но, едно е заедничко за сите. Почвата не смее да содржи ниту премногу, ниту премалку вода, т.е. содржината на вода да не биде до границите на максимален воден капацитет или да се намали до влажност на венење. И во двата случаја, условите за развој на растенијата се неповолни. При максимален воден капацитет кога сите пори се исполнети со вода, нема воздух (кислород), се одвиваат штетни анаеробни процеси под влијание на анаеробните микроорганизми, се врши редукција на разни соединенија, при што се добиваат токсични соединенија, а може да дојде и до промивање на разни материи, вклучително и на хранливите елементи. Само оризот во одредена фаза на својот развој расте во услови на максимален воден капацитет на почвата.

Кога нема доволно влага во почвата (влажност на венење), растенијата венат, се сушат и умираат. Транспирацијата (потрошувачката на вода) е поголема од количеството на вода што го прима коренот на растението. При ваква состојба (сува почва), движењето на водата е толку бавно, што не можат да се надоместат загубите со транспирација. Неопходно е наводнување и затоа се препорачува да се настојува почвената влага да не се спушти под $1/2$ до $2/3$ од физиолошки корисниот воден капацитет. Ова значи дека оптималната влага за растенијата е некаде помеѓу полскиот воден капацитет и $2/3$ од неговото количество, состојба кога во почвата има доволно вода и воздух во некапиларните и во дел од капиларните пори.

За културните растенија е подобро доколку разликата помеѓу двете хидролошки константи (полски воден капацитет и влажност на венење) во почвата е поголема, бидејќи во таков случај во почвата може да се акумулира поголемо количество достапна вода за растенијата.

Количеството на вода што е достапно за растенијата (физиолошки активна вода) во почвата може во секој момент да се определи, ако од моменталната влажност се одземе влажноста на венење.

Во земјоделската практика многу често се поставува прашањето: кога и со колку вода треба да се наводнува?

Денес, наводнувањето во земјоделството е една од најзначајните активности со кое се одржува нашата цивилизација. Просечно, земјоделските култури што се наводнуваат даваат двојно поголеми приноси од оние што растат на површини што не се наводнуваат. Се проценува дека за да се задоволат потребите на светската популација во 2025 година, која ќе изнесува повеќе од 8 милијарди жители, површините под наводнување мора да се зголемат за 20 %, а приносите од култури што се наводнуваат да се зголемат за 40 % од сегашните.

Огромното значење на наводнувањето за климатските услови на нашата земја го истакнуваат многу наши експерти и тоа за култури што можат да опстанат без наводнување (само со природни врнежи и агротехнички мерки). Така, есенските жита

што се нетипични култури за наводнување, само со интервентно залевање во април и мај, даваат двојно зголемен принос. Пченката како типична култура за наводнување, без оваа мерка е нерентабилна и дава под 2 t/ha принос, а со наводнување приносот се зголемува за 400 до 500 %, кај шеќерната репка 200 до 300 %, кај овошките 200 до 300 % итн.

Иако човештвото има огромно искуство во наводнувањето на земјоделските култури, за максимирање на перформансата на ефикасност и профитабилност, науката за наводнување и понатаму еволуира и се развива и дава одговори на новите предизвици.

Кога се наводнува, многу е важно да се даде точната количина на вода. Од една страна, премногу вода предизвикува вишок, промивање и истечување, можно загадување, па дури и ерозија (иригациона ерозија). Од друга страна, премалку вода значи немање можност да се доведе почвата во најдобро ниво на влажност потребно за културните растенија.

Повеќе фактори влијаат врз количеството на вода што треба да се обезбеди со наводнување, меѓу кои се: механичкиот состав на почвата и длабочината на кореновиот систем на растенијата. Исто така, треба да се знае дека *вкупното количество вода што се додава во текот на вегетацијата за едно растение се добива ако од евапотранспирацијата за тој период се одземе количеството на достапна влага во почвата во почетокот на вегетацијата и количеството на вода впиено од врнежите во тој период*. Оваа разлика се додава на неколку пати, со неколку заливања.

За пресметување на нормата за заливање, потребни се следниве податоци:

- ✓ моменталната содржина на влага во почвата во масени (тежински) проценти. За таа цел се земаат постојано почвени проби со сврдел и во лабораторија во термостат се сушат на 105 °C до константна тежина или се мери влажноста со специјални инструменти (гипсени блокови, тензиометри и др.);
- ✓ длабочината до која ќе се наводнува. Ова зависи од кореновиот систем на растението;
- ✓ две хидролошки константи: полски воден капацитет (ПВК), влажност на венење (ВВ) и
- ✓ привидна густина (ρ_p).

Сега се поставува првото прашање: Колку вода треба да се додаде со едно заливање?

Пресметувањето е прикажано со еден пример. Нека ПВК изнесува 20 %, ВВ – 10 %, моменталната влага (МВ) изнесува 15 %, привидна густина (ρ_p) 1,5 g/cm³, а растението треба да се наводнува до длабочина од 50 cm.

За секое заливање се додава толку вода колку што изнесува разликата помеѓу ПВК и МВ. Во нашиот пример изнесува (20 - 15) = 5 масени (тежински) % вода треба да се додадат во слој почва длабок 50 cm.

Второ прашање: Колку mm слој вода тоа изнесува?

Тоа се пресметува по формулата:

$$d = \frac{P_t \times \rho_p \times D}{100}$$

каде што P_t се масени (тежински) % вода што се додава, ρ_p привидна густина и D длабочина што се наводнува во mm.

Во нашиот пример изнесува:

$$d = \frac{5 \times 1,5 \times 400}{100} = 30 \text{ mm}$$

Почвата треба да се залие со слој од 30 mm вода. Ако ова се помножи со 10, се добиваат потребните m³/ha, т.е. 300 m³/ha.

Забелешка: пред да се пристапи кон наводнување, не треба да се чека влагата во почвата да се доближи до влажноста на венење (15 atm), бидејќи порастот на растенијата речиси запира кога во почвата има $1/4$ од физиолошки корисниот воден капацитет (максимално можно количество достапна влага). Во нашиот пример, изразено во волумни %, ПВК изнесува ($20 \times 1,5 = 30 \%$), а ВВ ($10 \times 1,5 = 15 \%$) и разликата помеѓу нив ($30 - 15$) изнесува 15% , што претставува најголема можна достапна влага. Треба да се наводнува кога во почвата има $1/2$ до $2/3$ од таа влага додадена кон влажноста на венење т.е. $15 + 7,5$ или $15 + 10$ т.е. $22,5$ до 25 волумни % вкупна влага во почвата. Не би требало да се дозволи намалување на влагата под $15 + 5 = 20 \%$.

Од кажаново е јасно дека за секое заливање се додава толку колку што изнесува разликата меѓу полскиот воден капацитет и моменталната влага во почвата.

На крајот од овој дел, може да се каже дека познавањето на ретенцијата и движењето на водата во почвата и на водниот биланс се од големо значење за примената на хидротехнички мелиорации (наводнување и одводнување). Со тие мерки се регулира содржината на вода во почвата и достапноста на водата за културните растенија.

За регулирање на водниот режим, покрај наводнувањето и одводнувањето, може да се применат и други мерки, како што се: наголемување на водниот капацитет и достапната влага со додавање глина и хумус, создавање на стабилна структура, правилна обработка, мулчирање, снегозадржување, подигнување на ветрозаштитни шумски појаси, противерозивни мерки, како и правилен избор на културните растенија што ќе се одгледуваат во зависност од почвената влага. Сите овие мерки многу детално се изучуваат во други предмети.

11. ВОЗДУХ ВО ПОЧВАТА

Воздухот е компонента на гасовитата фаза на почвата. Таа е дел од трофазниот систем на почвата и заедно со течната и цврстата фаза прават една функционална целина. Во почвата, воздухот најмногу се наоѓа во слободна и многу помалку во адсорбирана состојба (физичка адсорпција) на површината од почвените честички и во почвениот раствор. Заедно со водата, тие се компоненти на порозниот систем на почвата. Тоа значи дека количеството на воздух во почвата зависи од количеството на вода во почвата. Во почви со стабилна зрната структура и стабилен порозен систем, воздухот се задржува во некапиларните (аерационите) пори, а водата во капиларните (водни) пори.



Слика 126. Ослободување на меурчиња при потопување на почвата со вода

Кога е почвата целосно заситена со вода (максимален воден капацитет), содржината на воздухот е нула (0), а во целосно сува почва сите пори се исполнети со воздух. За растенијата е најважен воздухот што постојано се наоѓа во крупните пори, и што трајно останува во нив, после брзото гравитационо исцедување на вишокот вода.

Способноста на почвата да прима и да задржува воздух во себе се означува како воздушен капацитет.

Се разликуваат неколку термини поврзани со количеството на воздух во почвата и тоа: *апсолутен воздушен капацитет, максимален воздушен капацитет, моментален воздушен капацитет и оптимален воздушен капацитет.*

Под *апсолутен воздушен капацитет* се подразбира, количество воздух во почвата кога сите некапиларни пори се исполнети со воздух, а капиларните со вода. Апсолутниот воден капацитет е еднаков на некапиларната порозност на почвата.

Максималниот воздушен капацитет е еднаков на вкупната порозност, а тоа значи дека сите пори се исполнети само со воздух.

Моменталниот воздушен капацитет претставува количество воздух во почвата во моментот на определување. Се пресметува кога од вкупната порозност се одземе моменталната влажност на почвата, изразена во волумни проценти.

Оптимален воздушен капацитет имаат длабоките почви со илесто-глинест механички состав, стабилна структура и со приближно ист однос на капиларни и некапиларни пори. Вредностите на овој капацитет се движат од 15 до 25 %.

11.1. Состав на почвениот воздух

Почвениот воздух е многу динамичен и е во постојана размена со атмосферскиот воздух. Гасовите во неговиот состав доаѓаат од атмосферскиот, а делумно се ослободуваат и од процесите што се одвиваат во почвата.

Составот на почвениот воздух се разликува од атмосферскиот воздух. Почвениот воздух по правило е максимално заситен со водена пара (100 % релативна влага). Релативната влажност на почвениот воздух е поголема од атмосферскиот и изнесува повеќе од 95 % при содржина на влага помали од рF 4,2.

Составот на почвениот и атмосферскиот воздух во однос на некои гасови (N_2 , CO_2 , O_2) е прикажан во табела 20. Од неа, може да се забележи дека главната разлика помеѓу нив е во содржината на јаглерод диоксид и кислород. Во почвениот воздух има поголема содржина на CO_2 , и помала содржина на O_2 во однос на атмосферскиот, додека содржината на N_2 е приближно еднаква. Сумата на содржината на CO_2 и O_2 во почвата е приближно еднаква со атмосферскиот воздух, но не е константна.

Табела 20. Состав на почвениот и атмосферскиот воздух

Вид на гас	Содржина во почвата	Содржина во атмосферата
Азот (N_2)	79 %	79,01 %
Кислород (O_2)	20,3 %	20,96 %
Јаглерод диоксид (CO_2)	0,13 - 0,65 %	0,03 %

Според Ебемајер (Ebermayer), почвениот воздух во површинскиот дел на почвата има 4 до 5 пати повеќе CO_2 отколку во атмосферскиот воздух, а на длабочина од 70 cm дури 10 до 20 пати повеќе.

Во површинскиот слој на добро аерирани почви, содржината на O_2 изнесува од 18 до 21 %, додека на поголема длабочина и особено во почви што се влажни подолг временски период, содржината е многу помала. Содржината на CO_2 обично изнесува од 0,1 до 5 %, а може да се наголеми и до 20 %. Неговата содржина е поголема во лето (на средина или доцна во лето) отколку во зима, како резултат на поголема активност на растителните корени и на микроорганизмите (трошење на кислород и ослободување на CO_2). Во период на иста сезона, содржината на CO_2 е поголема во почви што се ѓубрени со шталско ѓубре и минерални ѓубрива, во калцифицирани почви и во почви под вегетација во однос на нетретирани и почви без вегетација.

Разлики во составот помеѓу почвениот и атмосферскиот воздух има и во однос на други гасови, како: CH_4 , H_2S и др.

Составот, содржината и аерираноста на почвата зависат од механичкиот состав, порозноста (посебно од содржината на аерациони пори), стабилноста на структурата, влажноста, интензитетот на биохемиските процеси, обработката и начинот на користење на почвата.

Влажноста и текстурата на почвата влијаат врз содржината на CO_2 во почвениот воздух. Влажните почви имаат повеќе CO_2 отколку сувите, како и почвите со пофина во однос на тие со покрупна текстура. Тоа е резултат на намалена дифузија, која обично произлегува од поголемата содржина на влага во почвата. Поголемиот воден потенцијал кај почвите што припаѓаат во текстурна класа правливо глинеста иловица е поврзан со помала содржина на O_2 и поголемо присуство на CO_2 . Почвите со ваква текстура имаат помало присуство на крупни пори и полесно се набиваат поради поголемото присуство на фракцијата прав. Во подлабоките слоеви на овие почви, присуството на CO_2 може да изнесува и до 15 %. Во песокиливо илестите почви состојбата е поволна. Кај овие почви

се забележува нормален раст и развој на кореновиот систем на растенијата и во многу подлабоките слоеви на почвата.

Содржината на CO_2 е поголема во почви со слабо изразена структура отколку во почви со стабилна зрнеста структура, како резултат на намалена дифузија.

Еден дел од компонентите на почвениот воздух, како CO_2 , водена пара, амонијак се атсорбираат од почвените колоидни честици, а другиот нивен дел се раствора во водата и влегува во составот на почвениот раствор. Особено, најмногу се атсорбира водената пара, нешто помалку амонијакот, па CO_2 и O_2 , и многу слабо N_2 .

Причините, зошто е поголема содржината на CO_2 во почвениот воздух се резултат на: постојаното дишење на коренот на растенијата и на другите живи организми, при што се ослободува CO_2 , постојаното ослободување од многуте процеси на минерализација и другите биохемиски процеси, како и неговата акумулација во почвата поради послабата циркулација во однос на атмосферскиот воздух. Концентрацијата на CO_2 се наголемува во подлабоките делови на почвата и како резултат на неговата тежина (CO_2 како гас е потежок), поради што тој оди во подлабоките слоеви на почвата. На длабочина повеќе од 2 m, неговата концентрација може да изнесува и до 20 до 30 % од волуменот на гасовитата фаза во тие делови од почвата. Содржина на CO_2 се наголемува и со наголемување на содржината на хумус, како и со влажноста и температурата на почвата.

Се претпоставува дека од 1 ha површина во текот на вегетациониот период, почвата испушта околу 20 000 kg CO_2 (околу 6 000 m³), од кои 2/3 е произведен од микроорганизмите, а 1/3 од корените на вишите растенија.

Влијанието на одделните компоненти во гасовитата фаза на почвата е различно. Па така, *кислородот* е потребен за дишење на корените на растенијата, микроорганизмите и за фауната во почвата, за непречено одвивање на аеробните процеси: распаѓање на минералите, хумификација и минерализација. Во ораничниот хоризонт на повеќето земјоделски почви, концентрацијата на O_2 е ретко под 15 волумни %. Во растреситиот површински хоризонт на слабо хумусни, добро аерирани почви, концентрацијата на O_2 е поголема од 18 %, а понекогаш и 20 %. Најниска е во почвата во текот на влажните месеци и во подлабоките слоеви на почвата како резултат на слабата аерација. Во слабо аерирани почви, во влажниот период изнесува 10 %, а често и 5 % слободен O_2 .

CO_2 помага во растворањето на хранливите материи и нивната достапност за растенијата. Наголемување на концентрацијата на CO_2 во почвениот раствор предизвикува промивање на базите во форма на карбонати (декарбонатизација), а во почвите што се наводнуваат го наголемува интензитетот на деалкализацијата и ацидификацијата и растворливоста на фосфатите. Концентрацијата на CO_2 во површинскиот хоризонт во услови на нормална влажност на почвата го наголемува приносот на растенијата како резултат на неговата поголема асимилација од растенијата. Ако во почвениот воздух има над 3 % CO_2 , негативно се одразува на поникнувањето и развојот на растенијата. Во силно карбонатни почви, CO_2 со водата образува H_2CO_3 , ја намалува алкалноста и овозможува претворање на некои тешко растворливи соли ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) во лесно достапни форми за растенијата.

Азотот влегува во составот и создавањето на сложени азотни соединенија и симбиотски бактерии.

Водената пара ја спречува десикацијата (сушење) на почвата, а со тоа и на растителните корени и помага во пренесувањето на водата внатре во почвата. Освен во плиткиот површински слој на силно исушените почви, почвениот воздух секогаш е максимално заситен со водена пара. Нејзината апсолутна содржина зависи од температурата и максимално изнесува 4 волумни %.

Количеството и составот на почвениот воздух се менува во одделни почвени типови и во нивните генетски хоризонти.

11.2. Воздушен режим на почвата и аерација

Воздушниот режим на почвата се состои од три процеси:

- » впивање (навлегување на воздухот во почвата),
- » движење и
- » губење (излегување) на воздухот од почвата. Сите овие процеси се одвиваат во текот на нејзината аерација (прветрување).

Помеѓу почвениот воздух и атмосферскиот се одвива постојана размена на гасови, која се вика аерација. Ова движење на воздухот е многу важен процес и со него се врши „прветрување“ на почвата.

Под аерација се подразбира размената меѓу целиот почвен и атмосферски воздух или најчесто меѓу одделните нивни гасови.

Движењето на воздухот во почвата се одвива низ почвените пори и зависи од содржината на вода во почвата, т.е. колку се порите исполнети со вода и од структурата што може да го коригира влијанието на механичкиот состав во однос на воздухопропустливоста на почвата.

Аерацијата („прветрувањето“) на почвата се одвива на два начина:

- » со размена само меѓу одделните гасови (главно CO_2 и O_2) на атмосферскиот и почвениот, односно со дифузија и
- » со размена помеѓу целиот атмосферски и почвен воздух, односно движење на целата воздушна маса.

Првиот начин, е главниот во аерацијата на почвата и се одвива со дифузија на гасовите меѓу почвениот и атмосферскиот воздух.

Причината за дифузија е резултат на различниот парцијален притисок што одделните гасови го имаат во почвениот и атмосферскиот воздух (слика 127). Дифузијата се одвива од места со поголем кон места со помал парцијален притисок.

Во нашиот пример даден на сликата, може да се каже дека дифузијата е молекуларно движење на гасовите низ порозниот систем, како резултат на разликите во парцијалниот притисок на одделните гасови во двата соседни система (почва и атмосфера). При тоа, кислородот (O_2) се движи од атмосферскиот кон почвениот воздух, а јаглерод диоксидот (CO_2), обратно. Кога е во прашање испуштање на CO_2 во воздухот, станува збор за „дишење“ на почвата. Дури и во случај кога вкупниот притисок на воздухот во почвата и атмосферата е еднаков, поголемата концентрација на O_2 во атмосферата овозможува негово движење кон почвата. Со оглед на тоа дека водената пара и CO_2 во почвата имаат поголем парцијален притисок, се движат кон атмосферата.



Слика 127. Пример за аерација на почвата

Евентуална рамнотежа може да се постигне кога парцијалните притисоци на кислородот и CO_2 се исти од двете страни на границата (почва и атмосфера), што во природата е многу ретко или е невозможно да се случи.

Врз модификацијата и интензитетот на дифузијата во почвата влијаат следниве фактори:

- » промена на содржината на вода во почвата од која директно зависи присуството на слободни пори за воздух;
- » водата може да прима и раствора одделни гасови и
- » активноста на кореновиот систем на растенијата, кој со апсорпција на кислород може да влијае на правецот на неговата дифузија.

Сепак, дифузијата се одвива непречено ако има најмалку 10 % слободни пори во почвата, без разлика на промените кои наброените фактори можат да ги предизвикаат.

Вториот начин (движење на целата воздушна маса) е од незначително значење за аерацијата на почвата, и е резултат на разликите во атмосферскиот притисок, помеѓу атмосферскиот и почвениот воздух. Овој начин добива на интензитет, под влијание на ветровите, врнежите и разликите во температурата помеѓу почвениот и атмосферскиот воздух.

Со загревање на почвата, гасовите се шират и бидејќи волуменот на порите во таква состојба не се менува, тие излегуваат надвор од почвата. Обратно, со намалување на температурата, гасовите во почвата се собираат и тоа овозможува навлегување на нови гасови во почвата. Дневните и сезонските промени на температурата влијаат врз загревање и ладење на почвата, а тоа предизвикува размена на воздухот помеѓу почвата и атмосферата.

Врнежите се исто така значаен фактор за аерацијата на почвата. Водата што доаѓа со врнежите го притиска, односно истиснува воздухот од порите, а по оцедувањето на водата, воздухот повторно навлегува во некапиларните пори. Дождот и снегот ги раствораат гасовите, а тоа е посебно важно за кислородот бидејќи на тој начин се внесува во почвата. Со испарување (евапорација) на водата од почвата, празните пори се исполнуваат со воздух, што е исто така значајно за аерацијата.

Ветерот како важен фактор за аерацијата предизвикува разредување на атмосферскиот воздух движејќи се по површината на почвата и со тоа го забрзува излагањето на воздухот од почвата. На нерамните површини, ветерот образува места со различен притисок, и така предизвикува наголемување на аерацијата на почвата.

Нарушувањето на аерацијата во почвата е последица на потежок механички состав на почвата (поголема содржина на глина, особено од групата на смектити), поголема компактноста или присуство на водени обвивки околу структурните агрегати.

Компактноста на почвата негативно влијае врз аерацијата. Во растресити почви, дифузијата на гасовите е многу брза, за разлика од набиените каде што е отежната. Со обработка на почвата се создава растресит површински слој во кој аерацијата се подобрува и се олеснува навлегувањето на кислород во почвата. Истиот ефект се постигнува и со уништувањето на покоричата, со што се подобрува проветрувањето на почвата.

Покрај аерацијата, во почвата се врши размена на гасовите и меѓу гасовитата фаза, од една, и течната и цврстата фаза на почвата, од друга страна. Во почвениот раствор се раствораат разни гасови. Меѓу концентрацијата на овие гасови во почвениот раствор и парцијалниот притисок на истите тие гасови во почвениот воздух постои динамичка рамнотежа. Секое нарушување на таа рамнотежа доведува до минување на растворените гасови од растворот во почвениот воздух и обратно. Но, оваа размена е незначителна.

Со физичка атсорпција, цврстата фаза на почвата врши задржување на разни гасови, кои можат да бидат десорбирани. Пример, со ладење на почвата CO_2 и O_2 се атсорбираат, а при загревање се десорбираат. Исто така, цврстата фаза на почвата може и хемиски неповратно (или повратно) да се сврзе со некој гас.

До размена на гасови доаѓа и меѓу претставниците на живиот свет и почвениот воздух. Ова е објаснето во делот за живите организми во почвата.

Почвите се разликуваат во однос на нивниот воздушен режим. Дури и во една иста почва, тој може да се разликува. Движењето на воздухот и интензитетот на аерацијата во почвата зависат од разликите во парцијалниот притисок и од т.н. пропустливост на почвата за воздух. До колку разликата во парцијалниот притисок на O_2 и CO_2 помеѓу почвата и атмосферата е поголем, до толку аерацијата е поинтензивна.

Способноста на почвата да го пропушта воздухот низ својата маса се означува како воздухопропустливост. Се изразува во волумен воздух што во единица време, при одреден притисок и температура поминува низ слој почва со дебелина од 1 m.

Пропустливоста на почвата за воздух зависи од вкупната порозност и од односот меѓу некапиларните и капиларните пори, од влажноста (содржината на вода во почвата) и од дебелината на слојот (хоризонтот) низ кој воздухот поминува. Тука, доаѓаат и сите фактори што се опишани кај порозноста на почвата и водните својства.

Интензитетот на аерацијата многу зависи од присутното количество вода во почвата. Во услови кога почвата е заситена со вода (водолежни површини, плитки подземни води), аерацијата запира независно од карактерот на порозноста. Истото се случува и по долготраен дожд или по наводнување во глинестите и неструктурните почви, каде што за кратко или подолго време може да се создадат анаеробни услови.

До колку слојот низ кој минува воздухот е подебел и збиен, до толку е послаба пропустливоста на почвата за воздух.

11.3. Воздушен капацитет на почвата

Вредноста на воздушниот капацитет (V_k) на почвата ја претставува содржината на макропорите (некапиларните пори) во почвата, кога е таа заситена до полски воден капацитет. Се одредува со пресметување, при кое се потребни вредностите на вкупната порозност (Π) и полскиот воден капацитет ($ПВК$).

$$V_k = \Pi - ПВК$$

Апсолутниот воздушен капацитет или капацитетот за воздух според Копецки, се дефинира како волумен на воздухот во почвата при содржина на влага што одговара на полскиот воден капацитет, по оцедувањето на гравитационата вода. Во практиката, се зема дека воздушниот капацитет е еднаков на волуменот на некапиларните пори. Воздушниот капацитет обично се намалува со длабочина на почвата.

Капацитетот за воздух, или ефективниот капацитет за воздух претставува содржина на пори при определување на моменталниот полски воден капацитет, додека „аерациона порозност“ е својство што се определува без разлика на влажноста на почвата во моментот на определување. Содржината на воздух во почвата варира во широки граници и зависи првенствено од содржината на вода во почвата. Помеѓу капацитетот на почвата за воздух и капацитетот за вода постои негативна корелација.

При идеални услови во почвата (на пример во черноземот), односот меѓу цврстата, течната и гасовитата фаза изнесува 50 : 30 : 20. Во различни типови на почви, како и во една иста почва, содржината на воздух се менува. При полски воден капацитет, содржината на воздух кај одделни текстурни класи на почвата изнесува:

- » песклива почва 30 - 40 волумни %
- » илеста почва 10 - 25 волумни %
- » глинеста почва 5 - 15 волумни % и помалку.

Ова значи дека при полски воден капацитет, содржината на воздух во почвата

кај различни почви може да се движи во граници од 0 до 40 %. Ако при полски воден капацитет, содржината на воздух изнесува 10 до 15 %, се смета дека почвата има добра аерација.

Во глинести силно збиени почви со доминација на микропори, апсолутниот воздушен капацитет изнесува под 1 %. Најголеми вредности има во скелетни, песокливи и во почви со добра структура и порозност, и се движи во граници од 20 до 30 %.

За нормален развој на растенијата, според Копецки, почвата за одделни земјоделски култури треба да содржи воздух во следниве граници:

✓ разни треви	6 - 10 волумни %
✓ пченица	10 - 15 волумни %
✓ овес	10 - 15 волумни %
✓ јачмен	15 - 20 волумни %
✓ шеќерна репа	15 - 20 волумни %

11.4. Значењето на аерацијата за почвените процеси и својства и за културните растенија

Воздухот во почвата, неговиот состав, како и аерацијата на почвата имаат големо значење за почвените процеси (распаѓање на примарните и образување на секундарни минерали, синтеза/создавање и декомпозиција/разлагање на органската материја и образување хумус), за почвените својства, за активноста на микроорганизмите и педофауната, како и за одгледуваните растенија.

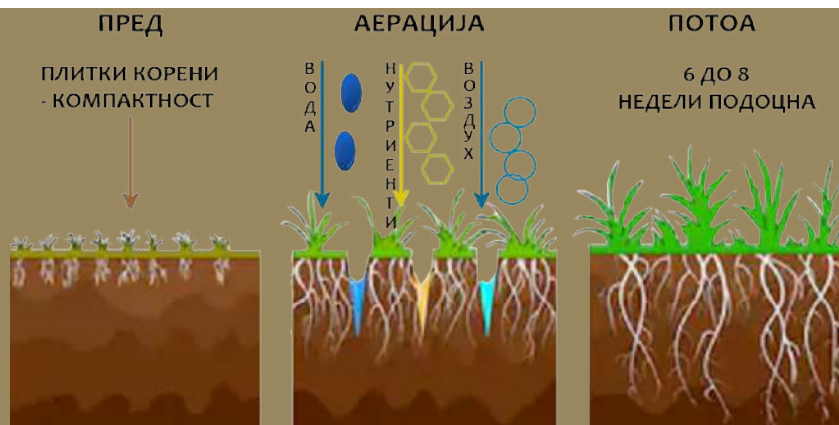
Во услови на недоволно количество кислород во почвата се намалуваат или запираат процесите на минерализација, кои се аеробни процеси и со кои се добиваат хранливи елементи потребни за раст и развој на растенијата. Се намалува бројот на аеробните микроорганизми, како и педофауната, а се активираат анаеробните бактерии што вршат денитрификација, при што се губат извесни количества NO_3 до N_2 и на SO_4 со редукција до H_2S . Во почвата покрај CO_2 се ослободуваат и други редуцирани штетни гасови (PH_3 , CH_4 , H_2S , и др.), а се создаваат и други недоволно оксидирани штетни материи за растенијата, потоа разни органски киселини (млечна, лимонска и бутерна киселина), како и многу штетни растворливи двовалентни манганови и железни соединенија добиени со редукција на нерастворливите четиривалентни манганови и тривалентните железни соединенија.

Исто така, во анаеробни услови намалува или запира минерализацијата на органските материи. Затоа, заситените почви со вода (тресетни, блатни) содржат значително количество органска материја. Вишокот на кислород во почвата е исто така неповолен, бидејќи предизвикува многу брза оксидација на органската материја. Па така, семиаеробната декомпозиција е најдобра кога се образува поголемо количество хумус и органски материи што служат за стабилизација на структурата на почвата.

Во услови на слаба аерација (заситени со вода почви) се менуваат и својствата на почвата, во прв ред нејзината морфологија. Се образува темен богат со органска материја хумусен хоризонт, а во долниот дел на профилот каде што има постојана заситеност со вода се јавува зеленикава, сивкава и сива боја од редуцирани железни соединенија. Во дел од профилот каде што има наизменично менување на аеробни со анаеробни процеси се јавува ишараност од пеги и дамки од оксидирани Fe и Mn соединенија.

За нормален раст и развој на растенијата, и за добивање на високи приноси, потребна е слободна циркулација на воздухот и на одделните гасови помеѓу почвата и атмосферата. Постојаното присуство на кислород во почвата е неопходно за поникнување на семето, дишење на корените и за другите претставници на живиот свет во почвата.

Нормалниот развој за повеќето културни растенија е можен ако концентрацијата на кислородот изнесува повеќе од 10 %. Растенијата престануваат да се развиваат ако содржината на кислородот е под 2 %.



Слика 128. Влијание на аерацијата врз развојот на растителните корени

Размената на гасови помеѓу почвата и атмосферата е потребна и поради ослободување од CO_2 , кој се создава во почвата како резултат на микробиолошката активност. Регулацијата на воздушниот режим на почвата има еднакво значење за растенијата, како што има водата, хранливите материи и топлината. И да има хранливи елементи во почвата и вода, во услови на недоволно количество кислород во почвата, растенијата не се во можност да ги примаат. Констатирано е дека добрата обезбеденост на растенијата со кислород ја наголемува апсорпцијата на хранливите материи.

Намалувањето на кислородот во почвениот воздух предизвикува низа негативни последици за културните растенија. На прво место е слабиот раст и развој, појава на жолта боја, која најчесто се јавува за време на подолготрајни поплави или во почвите заситени со вода.

Растенијата покажуваат различна осетливост на недостиг од кислород во почвата. Најосетливи се домати, тутунот, шеќерната репа, компирот, грашокот и јачменот, помалку осетливи се пченицата, пченката и сојата, а оризот е единственото културно растение што се одгледува во почва постојано заситена со вода.

Почвите се поделени во две класи, во зависност од степенот на аерација и условите за оксидација, односно редукција, како и нивното влијание врз функциите на растенијата и другиот жив свет во почвата.

- ✓ почви со поволен воздушен режим и
- ✓ почви со неповолен воздушен режим.

Во почвите со поволен воздушен режим спаѓаат длабоките и растресити почви со зрнеста и стабилна структура, со апсолутен воздушен капацитет од 15 до 25 %. Овие почви во влажниот период на годината, после оцекувањето на гравитационата вода се доволно влажни, а едновременно и добро аерирани, а тоа многу добро се одразува на сите процеси во почвата, како и за нормален раст и развој на растенијата и активноста на фауната и микроорганизмите во почвата.

Скелетните и песоковите почви со високи вредности на апсолутниот воздушен капацитет (над 30 %) и со голема аерација имаат недостаток на вода во текот на годината. Во оваа група спаѓаат и почви на наклонети терени во планинско-ритичестите реони, кои се плитко со лесен механички состав, поволен структура и со поголема содржина на аерациони пори (10 – 30 %). Во влажниот период на годината поради малата длабочина, брзо се сушат и силно се аерирани.

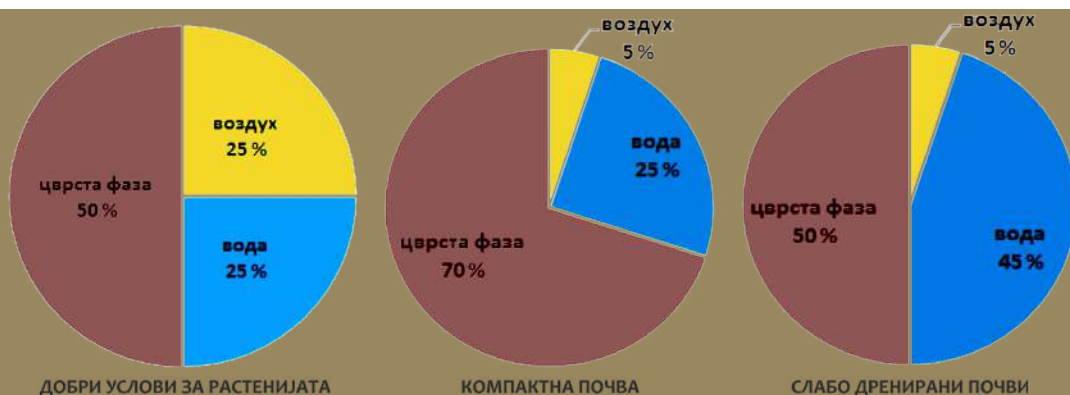
Неповолен воздушен режим имаат длабоки почви, богати со глина, со призматична структура, со мала содржина на аерациони пори (под 1 %). Во влажниот период на годината, како резултат на бабрење, немаат аерација.

Општо кажано, неповолен воздушен режим имаат почвите со многу вода каде што размената на гасови со приземната атмосфера е скоро целосно исклучена.

Во земјоделската практика често се говори за добро и лошо аерирани почви. Па така, како добро аерирани почви се сметаат оние што ги исполнуваат следниве три услови:

- ✓ во зоната на кореновиот систем содржат најмалку 10 % некапиларни пори;
- ✓ содржат најмалку 10 % кислород во почвениот воздух и
- ✓ брзината на дифузијата на кислородот изнесува најмалку $30 \times 10^{-8} \text{ g/cm/min}$.

Лошо аерираниите почви не ги исполнуваат трите услови.



Слика 129. Шематски приказ за условите во почвата во зависност од процентуалната застапеност на трите фази

Бидејќи создавањето на добар воздушен режим во почвата е значајна мерка за постигнување на високи приноси, во земјоделското производство се преземаат повеќе мерки за негово подобрување. Таму каде што е тешко да се подобри аерацијата, се одгледуваат растенија што имаат помала потреба од кислород или имаат плиток корен што се развива во површинскиот најдобро аериран дел на почвата.

Во почвите со нарушена аерација можат да се применат комплекс на мерки, меѓу кои на прво место се оние за подобрување на структурата и нејзината стабилност, бидејќи со тоа едновременно се решаваат водниот, воздушниот и топлотниот режим на почвата. Правилната и навремена обработка на почвата при влажност што одговара на физичката зрелост на почвата, разровкување и уништување на покорицата се важни за да се одржува почвата растресита.

Подобрувањето на аерацијата е во тесна врска и со влажноста на почвата. Посебен проблем претставуваат влажните и блатни почви во кои се јавуваат високи подземни води или непропустлив збиен хоризонт. Во таков случај се применува дренажа за да се отстрани вишокот вода и да се спушти нивото на подземните води, а потоа се врши длабока обработка со цел навлегување на кислород во почвата за да се отстранат недоволно оксидираните соединенија и да се забрза минерализацијата на хумусот. Покрај ова, се овозможува наголемување на содржината на крупните пори, и со тоа се наголемува аерацијата на почвата. Во случај со појавата на непропустлив збиен хоризонт се врши механичко разбивање со подривач и се одгледуваат треви со подлабок корен за да се подобри неговата водопропустливост.

Во услови на наводнување, поволниот воздушен режим на почвата се одржува со примена на правилен начин на наводнување, при кое нормата на заливање не смее да биде поголема од полскиот воден капацитет на почвата.

12. ТОПЛИНА НА ПОЧВАТА

Топлината како климатски фактор има големо влијание за образување на почвите, како и на многу својства кај веќе образуваните почви.

Под топлина се подразбира термичка енергија што се изразува во калории, а под температура, степен на загреаност.

Топлината (температурата), заедно со почвената влага го определуваат хидротермичкиот режим на почвата, односно педоклимата. Од неа зависи карактерот и интензитетот на педогенетските процеси, активноста на микроорганизмите, како и растот и развојот на културните растенија.

Познавањето на топлотните својства и топлотниот режим на почвата се од големо значење и за примената на разни мерки, со кои тие се регулираат.

12.1. Топлотен режим на почвата

Под топлотен режим на почвата се подразбира „управување“ на почвата со онаа количина на топлина што доаѓа до нејзината површина.

Топлотниот режим на почвата ги опфаќа следниве три групи елементарни процеси:

- » *примање (впивање) на топлината од страна на почвата,*
- » *спроведување (преместување) или движење на топлината низ почвата и*
- » *испуштање (загуба) на топлината од почвата.*

Во зависност од односот помеѓу вкупното количество на примена и загубена топлина, односно, дали е топлотниот биланс позитивен (повеќе примена од загубена топлина) или негативен (повеќе загубена, отколку примена топлина), почвата се загрева или лади.

Разни почви имаат различен топлотен режим. Некои почви добро ја впиваат и задржуваат топлината во својата почвена маса (чернозем), а други слабо ја впиваат и брзо ја губат (песевдоглеј).

12.1.1. Приходи на топлина и нејзино впивање во почвата

Главен извор (приход) на топлина за почвата е сончевата радијација што доаѓа во вид на ултравиолетова светлост, видлива светлост и инфрацрвена термална радијација. Другите извори (приходи) на топлина, како што се: загревање од приземниот воздух, прилив на топлина при кондензација, прилив на топлина од потоплите слоеви, топлина од егзотермичките, хемиските и биолошките процеси, топлина што се ослободува при радиоактивното распаѓање на хемиските елементи и скриена топлотна енергија при смрзување на водата имаат многу мало практично значење.

Температурата на почвата се одредува преку односот помеѓу приходите и загубите на топлина и топлотниот капацитет на почвата. Количеството на топлина што доаѓа на Земјата од Сонцето изнесува $2,0 \text{ g cal/cm}^2$ во минута, но реалното количество топлина што се прима во почвата е значително помало. Според Baver, само 45 % од глобалната сончева радијација, составена од кратkobранови зраци, пристигнува до површинскиот дел на почвата, но само еден дел учествува во загревањето на почвата, бидејќи 16 % од неа се одбива, а 17 % се губи со радијација. Од остатокот на радијацијата што доаѓа до почвата и изнесува 67 %, 55 % се троши на евапотранспирација, а само 12 % се троши на загревање на почвата и околниот воздух. Овие податоци се однесуваат за одреден реон, и сосема е разбирливо дека состојбата се менува во реоните со поголема облачност, загаденост и поголема влажност на воздухот.



Слика 130. Радијација на сончевата енергија

Колкаво количество топлина ќе прими и ќе загуби почвата, зависи од повеќе надворешни фактори: од експозицијата и инклинацијата на релјефот, од растителната покривка, снежната покривка и од внатрешни фактори: боја на почвата, влажност, структура, механички состав и некои други топлотни својства на почвата (специфична топлина, топлотен капацитет и топлоспроводност).

Во нашата северна хемисфера, југоисточните експозиции се најтопли рано во вегетациската сезона, јужните во средината и југозападните кон крајот на сезоната. По правило, северната експозиција е најладна. Меѓу другото, ова е многу значајно за изборот на културите што се одгледуваат.

Разликите во загревањето на почвата се поизразени до колку падот (наклонот) на теренот е поголем и подолг. Ова е поврзано и со аголот под кој паѓаат сончевите зраци. При исто количество на сончева радијација, ако е аголот поблизу до 90° , во почвата доаѓа повеќе топлина, бидејќи тоа количество топлина доаѓа до помала површина. Ако е аголот 45° , при истото количество на сончева радијација, во почвата доаѓа помалку топлина, бидејќи сончевите зраци зафаќаат за 40 % поголема површина и радијацијата не е толку концентрирана, како при агол од 90° .

Која било покривка (растителна, снежна, мулч) од една страна делува како изолатор и влијае помалку да се прима топлина, но од друга страна влијае и помалку да се губи топлината. Исто така, покривката ги намалува дневните и сезонските амплитуди (промени) во температурата, и ги изедначува со температурата на почвата.

Почвите под снежна покривка секогаш се потопли од колку без неа. Таа делува како изолатор и силно ги штити културите од измрзнување.

Бојата на почвата влијае врз загревањето бидејќи има значаен ефект на рефлексивната на кратkobрановата радијација што доаѓа до површината. Само при еднаква влажност, почвите со потемна боја примаат повеќе топлина од светлите, бидејќи имаат помало одбивање од почвената површина во споредба со светлите почви. Меѓу темните и светлите почви, најголема разлика во температурата се јавува во лето и во најтоплиот дел на денот и со длабочина таа разлика опаѓа.

Влажните почви доколку се и глинести, потешко се загреваат од сувите, и почвите со полесен механички состав. Влажните почви побавно се загреваат од сувите.

Почвите со стабилна структура побрзо се загреваат и се потопли од неструктурните.

12.1.2. Специфична топлина, топлотен капацитет и топлоспроводност на почвата

Во топлотните својства на почвата спаѓаат: *специфичната топлина, топлотниот капацитет и топлоспроводноста на почвата*. Од овие својства, исто така, зависи колку една почва ќе се затопли.

Специфична топлина е бројот на калории изразен во (cal и J) што е потребен да се загрее 1 g почва (масена специфична топлина) или 1 cm³ почва (волумна специфична топлина) за 1 °C. Единица за специфичната топлина на почвата во SI-системот е Jkg⁻¹ °C⁻¹ (џул по килограм и степен).

Во табелата 21 се прикажани вредностите на специфичната (масена и волумна) топлина на некои компоненти во почвата. Во практиката, најчесто се користат вредностите на масената специфична топлина.

Табела 21. Специфична топлина на некои компоненти во почвата

Компоненти	Масена специфична топлина		Волумна специфична топлина cal/cm ³
	cal/g	J/g	
вода	1,00	4,18	1,00
мраз	0,50	2,09	0,46
хумус	0,40	1,67	0,56
воздух	0,25	1,04	0,0003
глина	0,22	0,92	0,50
песок	0,19	0,79	0,50
гранит	0,19	0,79	0,50
CaCO ₃	0,20	0,84	0,54
Fe ₂ = 30,15	0,15	0,63	0,75

Специфичната топлина на почвата во нејзините генетски хоризонти е многу динамична големина поради различниот однос на цврстата, течната и гасовитата фаза во единица почвена маса.

Од табелата може да се види дека постои голема разлика во специфичната топлина на течната и гасовитата фаза, а многу е помала во цврстата фаза (минералниот и органскиот дел). Воздухот има приближно нула специфична топлина, за разлика од водата која има 1 калорија. Минералниот дел има 0,2 калории и хумусот 0,5. Од ова може да се заклучи следново: за да се загрее 1 грам почва за 1 °C најмногу е потребно за водата, и затоа топлината/температурата на почвата најмногу зависи од порозноста и влажноста на почвата. Кога е почвата сува, специфичната топлина се поклопува со специфичната топлина на цврстата фаза, а кога е влажна, таа целосно зависи од содржината на вода во почвата. Па затоа, влажните и глинести почви многу бавно се загреваат и се секогаш ладни (малку воздух, повеќе вода), а сувите и растресити почви, брзо се загреваат и се секогаш топли почви, како резултат на малата специфична топлина на воздухот и фракцијата песок. Песокливите почви, напролет побргу се ослободуваат од водата, порано се загреваат и затоа порано се обработуваат и сеат во однос на глинестите и влажни почви. Исто така, една светлобоена, но влажна почва е значително поладна од темнобоената, но сува почва.

Способноста на почвата да впива и задржува топлина се вика апсорпција на топлина. Две почви што примаат исто количество топлина нема да се загреат до иста температура, бидејќи за загревање на единица волумен за 1 °C е потребно различно количество топлина за разните почви. Тоа зависи од топлотните својства на самата почва и од нејзиниот топлотен капацитет.

Под тоplotен капацитет се подразбира она количество тоplotна енергија што е потребно да се загрее определена маса или волумен на почвата до определена температура.

Капацитетот за топлина е способност на почвата да прими одредена количина на топлина еднаква на збирот од производите меѓу специфичните капацитети за топлина на трите фази на почвата и нивната маса.

$$C = c_1 \times M_1 + c_2 \times M_2 + c_3 \times M_3$$

Вредноста на тоplotниот капацитет се добива ако тежината или волуменот на почвата се помножи со нејзината специфична топлина. Тоplotниот капацитет е различен бидејќи почвата е составена од компоненти што имаат различна специфична топлина. Најголем капацитет за топлина има водата и затоа до колку почвата е повлажна, до толку нејзиниот тоplotен капацитет е поголем.

Пример, ако две почви се со приближно исти својства, при што едната е сува, а другата е влажна и содржи 30 kg вода на 100 kg почва (цврста фаза). Во овој пример, сувата почва има специфична топлина 273 cal/kg, а влажната 385 cal/kg*.

Овие податоци се добиени на следниов начин:

Ако ги земеме податоците дека во 100 kg сува почва има 30 kg вода, или 0,3 kg вода/kg сува почва, бројот на калории потребни за наголемување на температурата за 0,3 kg вода за 1 °C изнесува:

$$0,3 \text{ kg} \times 1\,000 \text{ cal/kg} = 300 \text{ cal}$$

Соодветната вредност за 1 kg цврста фаза на почвата е:

$$1 \text{ kg} \times 200 \text{ cal/kg} = 200 \text{ cal}$$

Според тоа, потребно е вкупно 500 калории за наголемување на температурата на 1,3 kg влажна почва за 1 °C.

Со оглед на фактот дека специфичната топлина претставува број калории потребни да се покачи температурата на 1 kg влажна почва за 1 °C, во тој случај вредноста од 385 cal/kg се добива од:

$$500/1,3 = 385 \text{ cal/kg}$$

Впиената топлина се движи низ почвената маса и тоа се означува како топлоспроводност.

Под топлоспроводност се подразбира способноста на почвата да ја спроведува топлината низ својата маса од потоплите кон поладните места.

Квантитативна мерка за топлоспроводливоста на почвата е количината на топлина изразена во калории или џули што поминува низ слој почва со дебелина од 1 cm, со површина од 1 cm², во услови на разлика во температурата на спротивните страни (горната и долната граница на слојот почва) од 1 °C. Се изразува во cal/cm/s или J/cm/s/ °C. Единица за топлоспроводност на почвата во SI-системот е Wm⁻¹K⁻¹ (ват по метри и келвин), односно количина на топлина што поминува низ 1 m² површина, на растојание од 1 m, при постоење на термички/температурен градиент од 1 K.

Топлоспроводливоста на почвата зависи од големината на спроводливост на

* водата има специфична топлина 1 cal/g или 1 000 cal/kg (1 cal/g = 4,18 J/g). Специфичната топлина во просек на сувата почва изнесува 0,2 cal/g (0,8 J/g).

топлина на одделните компоненти што влегуваат во составот на цврстата, течната и гасовитата фаза. Поради нивниот различен однос по длабочината на профилот, посебно во површинскиот хоризонт каде состојбата може брзо да се промени со обработка, наводнување, губрење и сл., топлоспроводливоста, како и специфичната топлина не се синхронизирани.

Табела 22. Топлоспроводливост на некои компоненти во почвата

Компоненти	Топлотна спроводливост во	
	cal/cm/s	J/cm/s/°C
вода	0,00135	0,0057
ортоклас	0,0058	0,0243
песок	0,042	0,0176
воздух	0,0000557	0,000233

Големината на топлоспроводливоста на некои компоненти во почвата се прикажани во табела 22. И тука, разликите во спроведувањето на топлината низ почвата произлегуваат од нејзините компоненти. Најдобро топлината ја спроведува водата, а најлошо воздухот. Во однос на воздухот, водата има околу 24 пати, а минералниот дел дури 40 до 166 пати поголема спроводливост. Во минералниот дел на цврстата фаза, најголема топлоспроводливост покажуваат фракциите скелет и песок, потоа прав, глина, а во органскиот дел, најмалку хумусните материи. Со наголемување на содржината на глина и хумус по правило се намалува топлоспроводливоста на почвата, а со влажење на почвата се зголемува.

Како резултат на многу малата топлоспроводливост на воздухот, и истовремено неговата мала специфична топлина, скелетните, песоковите, сувите и аерирани почви се загреваат брзо и силно само во површинскиот дел на почвата, но и брзо се ладат. Обратно, компактните и влажни почви, поради поголемата спроводливост, како и поголема специфична топлина на водата, многу бавно и слабо се загреваат до подлабоките слоеви на почвата, но и бавно се ладат.

Летно време и во топли денови, топлината се движи десцедентно (одгоре-надолу, а зимно и ноќно време, асцедентно (оддолу-нагоре). Сувите почви богати со хумус лесно и бргу се загреваат, топлината ја задржуваат во горниот дел и тешко ја спроведуваат во подлабоките слоеви. Обратно, влажните почви потешко се загреваат, топлината ја спроведуваат и ја распределуваат до поголема длабочина и затоа остануваат поладни во горниот дел, во споредба со сувите почви.

12.2. Загуби на топлината од почвата

Покрај впивање и спроведување, почвата има и загуба на топлината. Претходно е кажано дека еден дел од топлината се губи уште пред да биде впиен од почвата со рефлексија, односно со одбивање од почвената површина. Таа се мери со алbedo и се изразува како:

$$\text{Алbedo} = \frac{\text{рефлектирана енергија}}{\text{можна енергија}}$$

До колку албедото е поголемо, до толку почвата е поладна. Максималното алbedo изнесува 1. Албедото може да се изразува и во проценти од вкупната топлина што доаѓа

до површината. Така на пример, албедото на површината од сувиот бел песок изнесува 40 %, на сувата 20 % и на влажната почва 14 %. Албедото на една иста почва се менува во зависност од обрастеноста со вегетација, влажноста и др.

Впиеното количество на топлина се губи со:

- » радијација (зрачење) во надворешниот простор,
- » со кондукција во атмосферскиот воздух,
- » со кондукција во подлабоките слоеви,
- » со евапорација,
- » со топење на снегот и мразот и
- » при ендотермички реакции.

Радијацијата подразбира трансфер (пренос, губење) на топлината од почвата во вид на инфрацрвени бранови. Најмногу топлина со радијација, почвата губи главно ноќе.

Кондукцијата претставува молекуларен трансфер на топлотната енергија од еден дел во друг дел на исто тело (на пример во почвата) или од едно во друго тело кога се тие во контакт, пример (почва-воздух и обратно) и се разликуваат по својата температура. Со кондукција, топлината оди од горе во подлабоките слоеви и обратно. Обично, летно време и во текот на денот оди од горе-надолу, а зимно време и ноќе, оддолу-нагоре.

Значителен дел од топлината се губи за евапорација и со неа се ладат многу повеќе влажните почви, бидејќи тие содржат и испаруваат повеќе вода, како и со транспирација преку растенијата.

Загубата на топлина од почвата зависи од нејзиниот состав и од некои надворешни фактори. Најголемо значење имаат: влажноста, порозноста и хемискиот состав на почвата, потоа густината на растителната покривка, релјефот, како и топлината, влажноста на приземниот воздух, содржината на прашина, степенот на контаминација со разни гасови во него и облачноста.

Топлината најбрзо се губи од течната фаза на почвата. Од цврстата фаза, побрзо се губи од минералниот во однос на органскиот дел. Поради тоа, влажните почви побрзо ја губат топлината во однос на сувите почви богати со хумус.

Ако е температурата на приземниот воздух пониска, со помалку водена пара и помала облачност, поголема е загубата на топлина од површината на почвата.

12.3. Промени, значење и регулирање на почвената температура

12.3.1. Промени (осцилации) на почвената температура

Температурата на почвата е резултат на односот помеѓу приходите и загубите на топлина од почвата за некој временски период, и е основен показател на топлотниот режим на почвата.

Температурата на почвата постојано се менува, што значи дека е таа динамичен фактор. Интензитетот на промените (осцилациите) на почвената температура зависи од атмосферските промени на температурата, од топлотните и др. својства на почвата (боја, структура, влажност, порозност, содржина на кварц и хумус), длабочината на почвата, од покриеноста со вегетација или некоја друга покривка и др.

Промените на почвената температура можат да бидат: деноноќни, сезонски и поврмени.

Осцилациите на почвената температура во текот на денот и ноќта се јавуваат поради инсолацијата (сончево зрачење) во текот на денот и радијацијата (зрачење), кое се одвива непрекинато. Температурниот минимум и максимум на воздухот не се поклопува со тој на почвата. Почвениот минимум и максимум доцни и таа разлика е

поголема со длабочина на почвата. Дневните осцилации се поголеми во површинскиот дел, па така до 30 cm длабочина изнесуваат $\leq 3^{\circ}\text{C}$, на 60 cm длабочина околу 1°C , а на 1 m промените практично се нула.

Сезонските осцилации се манифестираат подлабоко во почвата и се до толку послаби до колку слојот е подлабок. Во зависност од климата и типот на почвата можат да достигнат длабочина од 3 и повеќе метри. Температурниот минимум и максимум во почвата доцни во однос на оние на површината, бидејќи топлината поминува пат од 10 cm за околу 3 h, а понекогаш доцнењето може да биде и неколку недели. Со тоа се објаснува зошто почвите во пролет се поладни, а во есен потопли од атмосферскиот воздух. Во текот на летото, почвата се загрева во десцедентна насока, а во есен и зима се лади во асцедентна насока.

Повремените осцилации се резултат на влијанието на ветерот, дождот, снегот и сл.

Ветерот укажува повеќе индиректно влијание, па така сувите ветрови ја засилуваат евапорацијата и со тоа ја ладат почвата. Дождовите, ако се со различна температура од таа на почвата, можат да ја менуваат нејзината температура. Обично во текот на летото тие ја ладат почвата и ја заштитуваат од претерано загревање, а се корисни и евентуално раните топли пролетни дождови, ако е почвата ладна. Ладните пролетни дождови предизвикуваат задоцнување на порастот на вегетацијата.

Сите видови покривка (вегетација, снег, шумска простирка, мулч) го намалуваат интензитетот на осцилациите на почвената температура. Во лето, температурата на почвата под покривка е секогаш пониска отколку без неа. Некои истражувања покажуваат, дека со внесување на слама во почвата во количина од 8 t/ha на длабочина од 10 cm се постигнува голем ефект против високите температури во текот на летото, и ниските во текот на зимата.

12.3.2. Значењето на температурата за почвените процеси и својства и за културните растенија

Топлината на почвата има големо влијание врз физичките, хемиските и биолошките процеси и врз својствата на веќе образуваните почви.

Во текот на педогенезата нејзиното влијание најмногу се одразува врз интензитетот на физичкото и хемиското распаѓање на минералниот дел и образување на нови минерали, врз активноста на флората и фауната, врз трансформацијата на растителните отпадоци, врз синтезата, хумификацијата и минерализацијата на хумусните материи, врз плодноста, врз понатамошниот тек на педогенезата и еволуцијата на почвата. При еднакви други услови, повисоката температура предизвикува посилно хемиско распаѓање на минералите и посилно глинообразување. Интензитетот на хемиското распаѓање на минералите се забрзува 2 до 3 пати за секое покачување на просечната годишна температура за 10°C . Исто така, посилно е разложувањето (минерализација) на органската материја под влијание на микробните процеси. Оптималната температура за активност на микроорганизмите во почвата се движи во граници од 18 до 30°C . При такви услови се наголемува интензитетот на нитрификација, амонификација, азотофиксација и други минерализациони процеси, а со тоа и производството на храна за растенијата. Во сите овие процеси, температурата не делува изолирано. Таа е тесно поврзана со влагата во почвата. Па така, во тропските почви, како резултат на силниот интензитет на процесите на хемиско распаѓање на минералите и минерализацијата на органската материја, тие се подлабоки, со многу малку силикати и хумус. Обратно е во планинските почви. Ниската температура (ладна и умерено ладна клима) има поголемо влијание врз физичкото распаѓање на минералниот дел, при што не се образуваат нови минерали, и многу е мала трансформацијата на органските отпадоци и минерализацијата на хумусот. Поради ова се образуваат плитки почви, со мала содржина

на глина и со поголема содржина на хумус. Во замрзната почва практично запира микробиолошката активност, како и над 40 °C.

Поради повисоката температура во почвата посилно се исушува површинскиот дел и доаѓа до посилно асцендентното (оддолу-нагоре) движење на капиларната вода и материите растворени во неа поради испарувањето. До колку постојат плитки и засолени подземни води, почвата може да се засоли. Промивањето на материите при висока температура на почвата е намалено.

Топлината (температурата) и нејзините промени имаат големо влијание врз својствата на почвата. Таа силно влијае врз хемиските својства, на биолошката активност и плодноста на почвата. Топлите почви имаат поголема способност за адсорпција и десорпција на јони, разни колоиди и гасови, како и поголема способност за трансформација на хранливите елементи во достапна форма за растенијата.

Во услови на повисока температура и поинтензивно хемиско распаѓање на минералите се ослободуваат слободни сесквиоксиди на железото, што ѝ придаваат на почвата кафеава и црвеникава боја.

Периодичното мрзнење и одмрзнување придонесува за кршење на големите џомби и создавање подобра структура.

Распространетоста на природната вегетација и изборот на културни растенија на дадена почва зависат не само од температурата на воздухот, туку и од температурата на почвата. Топлината (температурата) на почвата е еден од важните фактори за раст и развој на растенијата, како што се другите фактори: вода, воздух, хранливи елементи и др. Од топлината директно зависат многу животни функции на растенијата: 'ртење на семето, големината на коренот и неговата активност. Самото поникнување на растенијата е поврзано со определена температура на почвата. Различни растенијата имаат свој минимум, оптимум и максимум на температура за да може да поникнат. До колку топлината не е оптимална, семето може да не поникне, да угине или да влезе во состојба на мирување. За посевите, температурата на почвата го одредува датумот на сеидбата. Некои култури отпорни на пониски температури во почвата, како грашок, може да поникнат во поладна почва и да се сеат и садат рано напролет, за разлика од културите кои имаат потреба од повисока температура на почвата и се сеат и садат подоцна.

Растењето на коренот, исто така, зависи од температурата на почвата, со посебни карактеристики кај различните видови култури. Корењата на житата и доматиите, растат најдобро во топли почви, додека на грашокот и другите зеленчуци повеќе сакаат поладни почви.

Кога температурата на почвата е повисока од температурата на воздухот, почвата го затоплува воздухот над неа. Во текот на ноќта, температурата на почвата често е повисока отколку температурата на воздухот, како во пролет така и во есен. Па така, топлата почва може да ги заштити културите што растат пониско, од ноќните мразеви.

Зимската (ниска) температура на почвата влијае врз опстанокот на вегетацијата. Корењата на растенијата се помалку толерантни на ниските температури отколку надземните делови на растенијата, така што при многу студени зими кога нема снежна покривка може да дојде до оштетување на растенијата. Во зимските месеци, во текот на ноќта со мрзнење на почвата и појава на голомразица се јавува дигање на тенок слој почва заедно со корењата на зимските посеви. При топење на мразот (дење), водата заедно со почвата се спушта, а корењата остануваат голи и растенијата изумираат.

Сите процеси во растенијата (асимилација, транспирација и дишење), како и примањето на вода и хранливи материи од почвата се поврзани со температурата. Со покачување на температурата се наголемува нивниот интензитет. До колку температурата на почвата е повисока, при еднакви други услови, до толку порастот на растенијата и производството на органска материја се поголеми.

Во ладните почви се намалува примањето на вода и достапноста на хранливите

материи од страна на растенијата. Посебно се намалува примањето на фосфор и затоа треба да се води сметка при ѓубрење на почвата со фосфорни ѓубрива при поладни климатски услови и пониска температура на почвата.

Во делови на светот има огромни површини со вечно замрзната почва (пермафрост) или пак нејзиниот површински дел периодично се одмрзнува. Во такви услови е невозможна активноста на живиот свет во почвата, како и одгледувањето на растенија.

12.3.3. Регулiranje на почвената температура во земјоделското производство

Топлотните, водните и воздушните својства на почвата се меѓусебно функционално поврзани и условени едни со други.

Кога станува збор за регулирање на почвената температура во земјоделското производство, човекот целосно може да го управува само во затворен простор (оранжерии, пластеници) и тоа го прави со загревање на почвата.

Температурата на почвата на отворено поле одговара на природните климатски услови, кои човекот многу малку може да ги контролира, како што се интензитетот на светлината и температурата на воздухот. Па така, најчесто човекот се приспособува со правилен избор на култури според условите. Топлите и умерено влажни почви се добри за одгледување на некои земјоделски култури, како градинарски, полјоделски, овошни, за виновата лоза, кои при тоа даваат добар квалитет и принос.

Регулирањето на топлотниот режим е од особено значење за раното производство и во борбата против пролетните мразеви.

Сите мерки што се преземаат за регулирање на водно-воздушниот режим, позитивно влијаат и врз топлотниот режим на почвата (обработка, создавање на зрнеста структура, хумизација). Некои активности можат да ја зголемат пролетната температура на почвата, како што се на пример, орање во есен и садење по гребени. Наводнувањето како мерка е единствената заштита посебно за периоди на топлотен стрес и овозможува почвата да има пониска температура. Ѓубрењето на почвата, посебно со органски ѓубрива има големо влијание врз топлотниот режим на почвата.

Се применуваат и други агротехнички мерки, како мулчирање за кое се смета дека е најефикасната мерка за управување со температурата на почвата. За таа цел се користат разни покривки: органска материја (слама, листови, струготини од дрва), неоргански материи (чакал) и пластични покривки (црни и просирни) што придонесуваат да се впије повеќе топлина во почвата, а едновременно ја намалуваат загубата на топлина со зрачење и испарување. Исто така, со мулчирањето се задржува влагата во почвата, се оневозможува појавата на плевели и се скратува времето на берба. Во потоплите реони, просирните пластични покривки се користат и како третман за стерилизација на почвата и за уништување на патогени микроорганизми и нематоди во почвата.

Во земјоделската практика се разликуваат *топли* и *ладни* почви. Како топли се почвите со јужна и југоисточна експозиција, со полесен механички состав и посувите, со доволно воздух, структурните, темнобоените и богати со хумус. Глинестите и неструктурни почви, дополнително влажени и со малку воздух, посветлобоените и просиромашните со хумус, како и почвите со северна експозиција се ладни почви.

Исто така, почвите со полесен механички состав што задржуваат помалку вода, напролет се загреваат побргу за разлика од глинестите почви и можат да бидат подготвени за сеидба порано во годината. Ова е важно за земјоделците бидејќи така добиваат подобри цени за производите што излегуваат порано на пазарите.

ЧЕТВРТО ПОГЛАВЈЕ: ХЕМИЈА НА ПОЧВАТА

Во ова поглавје, читателот се запознава со хемиските и физичко-хемиските својства и процеси во почвата што се одвиваат како под влијание на природните фактори, така и под влијание на различните активности од страна на човекот. Секое својство одделно е објаснето, при што се добиваат знаења за нивното влијание во почвата, за нивното значење за процесите во почвата и условите за развој на растенијата. Запознавајќи се со овие својства, едновременно се добиваат и информации за тоа какви мерки треба да се преземат за нивно подобрување.

Исто така во ова поглавје е објаснета плодноста на почвата, како и потребните услови за нејзината висока плодност. Ова овозможува читателот да направи разлика помеѓу плодност и продуктивност на почвата.

СОДРЖИНА

13. СОСТАВ И НАЈВАЖНИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОЧВЕНИТЕ КОЛОИДИ	217
14. АТСОРПТИВНА СПОСОБНОСТ НА ПОЧВАТА	222
14.1. Супституциона атсорпција (размена на катјони)	223
14.1.1. Значењето и практичната примена на атсорпцијата и на размената на катјони	230
14.2. Други видови на сорпција (механичка, физичка, хемиска, биолошка) и нивното значење	234
15. ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА ПОЧВАТА	237
15.1. Видови на киселост и алкалност на почвата	238
15.1.1. Значењето на реакцијата на почвата	238
15.2. Пуферност на почвата	249
15.3. Оксидно-редукциски потенцијал на почвениот раствор	251
15.4. Концентрација и состав на почвениот раствор	254
15.4.1. Макро и микроелементи во почвата (форми и достапност за растенијата)	258
15.4.2. Мерки за регулирање на хранливиот режим на почвата	274
16. ПЛОДНОСТ И ПРОДУКТИВНОСТ НА ПОЧВАТА	276

13. СОСТАВ И НАЈВАЖНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОЧВЕНИТЕ КОЛОИДИ

Во природата како колоидни честици се означуваат нерастворливите честици со димензии од 0,001 до 0,1 μm .

Во почвата, *глинестата фракција* (глината) што се состои од многу мал дел примарни минерали и оксидни глинени минерали, а главно од секундарни силкатно глинени минерали и *хумусот* се однесуваат како *колоиди*.

Покрај големината, меѓу најважните својства на почвените колоиди се: а) *хемискиот и минералошкиот состав*, б) *градбата и енергетскиот потенцијал на колоидната мицела*, в) *односот на колоидите кон водата* и г) *способноста за коагулација и пептизација*.

а) Според хемискиот состав, почвените колоиди се делат на:

- » минерални (глина) што доминираат во повеќето почви. Основната маса ја сочинуваат глинени минерали, а покрај нив се среќаваат и други минерали, како хидроксида на Si, Al, Fe и Mn, потоа CaCO_3 и разни силикати;
- » органски (хумусни киселини, во помала количина на протеини, лигнински и штавни материи), како и некои микроорганизми и
- » орвано-минерални колоиди (хумати на Al, Fe, Mn, алкални и земноалкални метали, соединенија на хумусните киселини со минерали на глина, потоа комплексни соединенија на хумусните киселини со хидроксида на Al и Fe, како и комплексни соединенија на хумусните киселини и штавните киселини или полифеноли со катјоните на Al, Fe и Mn).

б) На слика 131 е прикажана градбата на почвената колоидна честича (мицелата).



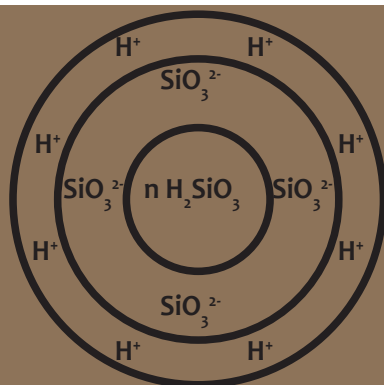
Слика 131. Шематски приказ на градба на почвена колоидна честича (според Gorbunov)

Внатрешниот дел на мицелата ја сочинува јадро кое се состои од соединенија со кристална и аморфна градба со минерално или органско потекло. Јадрото на минералните почвени колоиди се состои главно од алумосиликати и тоа се постојани колоиди. Кај органските колоиди, јадрото се состои од хумински, фулво киселини, протеини и др. органски соединенија, па затоа се помалку постојани, се разлагаат и обновуваат во процесите на разлагање на органските отпадоци. Јадрото е обвиткано со двоен електричен слој: внатрешен (атсорпционен слој), кој го одредува потенцијалот и надворешен (дифузен слој). *Јадрото заедно со атсорптивниот и дифузниот слој претставува колоидна честичка*, која се нарекува *мицела*. Всушност, мицелата е честичка од дисперзионата фаза на еден колоиден систем.

Мицелата е електронеутрална честичка. *Дел од мицелата, кој е составен од колоидно јадро и од атсорпционен слој, се нарекува гранула*. Гранулата претставува јон, кој во споредба со обичните јони има огромни размери. Околу гранулата се наоѓа дифузен слој од против јони (компензирачки слој на јони).

Внатрешниот слој го дава полнежот на честичката. До колку е тој негативен, честичката има негативна наелектризираност и се вика *ацидоид* и обратно, до колку полнежот е позитивен, честичката се вика *базидоид*. Почвената честичка може истовремено да биде наелектризирана и негативно и позитивно, и во тој случај се вика *амфолитоид*.

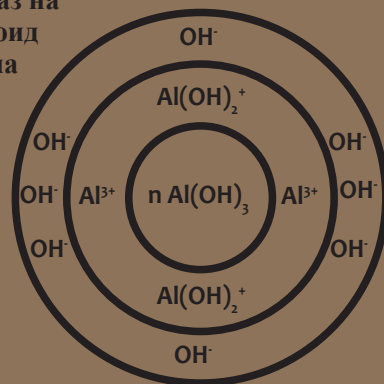
Во почвата доминираат колоидите со негативен полнеж, т.е. ацидоидите. Во оваа група спаѓаат: колоидната силициумова киселина, минералите на глина, хумусните киселини. Внатрешниот слој со јони кај ацидоидите носи анјони, а слојот со противјоните, катјони и поради тоа нивната гранула претставува поливалентен колоиден макроанјон (слика 132).



Слика 132. Шематски приказ на градба на мицела на ацидоид на силициумова киселина



Слика 133а. Шематски приказ на градба на мицела на амфотер $\text{Al}(\text{OH})_3$ во алкална средина како ацидоид



Слика 133б. Шематски приказ на градба на мицела на амфотер $\text{Al}(\text{OH})_3$ во кисела средина како базидоид

Хидратисаните оксиди на железо и алуминиум се базидоиди и имаат позитивен полнеж. Во почвата не се наоѓаат типични базидоиди. Нивната улога ја заменуваат позитивно наелектризираните амфотерни колоиди во кисела хемиска средина. Спротивно на ацидоидните колоиди, гранулата на базидоидите претставува поливалентен колоиден макрокатјон.

Протеинските материи, слободните оксиди на железо и алуминиум се амфолитоиди или амфотерни колоиди. Тие се присутни во сите наши почви, но во значителна помала количина отколку ацидоидите. Карактеристично за амфотерните колоиди е промената на електричниот полнеж на гранулата со промена на реакцијата, во т.н. изоелектрична точка. Како резултат на тоа, при определена рН-вредност го нема дифузниот слој со јони околу гранулата, и тогаш нејзиниот полнеж е нула.

Кај различни групи, изоелектричната точка се јавува при различни рН-вредности. На пример, кај золите на $\text{Al}(\text{OH})_3$ изотермичката точка се јавува при рН 8,3, кај $\text{Fe}(\text{OH})_3$ при 7,3, а кај золите на разни протеини при рН од 4 до 12. Ако е рН вредноста над нивната изотермичка точка, како резултат на дисоцијација на катјоните, гранулата добива негативен електричен полнеж, разменувајќи ги атсорбираните катјони. Ако е рН-вредноста под нивната изотермичка точка, како резултат на дисоцијација на анјоните, гранулата добива позитивен полнеж, и во тој случај се разменуваат атсорбираните анјони. Кај овие колоиди може да се одвива истовремена атсорпција и на катјони и на анјони, доколку реакцијата (рН) е блиска на изоелектричната точка.

Промената на електричниот полнеж кај амфотерните колоиди, како резултат на промената на реакцијата, може да се објасни преку пример кај $\text{Al}(\text{OH})_3$.

Во алкална средина, над изотермичката точка, гранулата на амфотерот $\text{Al}(\text{OH})_3$ е наелектризирана негативно и претставува ацидоид – макроанјон. При тоа, внатрешниот слој на јони е исполнет со јони на AlO_3^{3-} и $\text{Al}(\text{OH})_2^{-}$ (слика 133а). Во кисела средина, под изотермичката точка, гранулата е наелектризирана позитивно при што, внатрешниот слој е исполнет со јони на Al^{3+} , односно $\text{Al}(\text{OH})_2^{+}$, па така овој амфотер претставува базидоид – макрокатјон (слика 133б).

Во атсорптивниот комплекс кај повеќето почви ацидоидниот дел доминира над базидоидниот, поради што атсорпцијата на катјони е повеќе присутна во споредба со атсорпцијата на анјони, а некаде и ја нема. Исклучок се почвите образувани во тропските и суптропските реони во кои има слободни базидоиди што вршат атсорпција на анјони.

Најподвижни се јоните во дифузниот слој, и нивната подвижност е до толку поголема, до колку се тие подалеку од јадрото на честицата (поголемо растојание – помало привлекување). Со намалување на влагата во почвата (сува почва), дебелината на дифузниот слој се намалува и јоните од овој слој преминуваат во атсорбираниот слој, намалува нивната подвижност, т.е. се неподвижни, и поради тоа престанува постоењето на колоидната мицела. До намалување на дебелината на овој слој доаѓа и како резултат на зголемување на концентрацијата и валентноста на јоните со ист полнеж во интрамицеларниот раствор, како и со замена на едновалентните со повеќевалентни јони.

Од големината на полнежот на внатрешниот слој зависи колку јони (со спротивен полнеж) ќе дојдат во надворешниот слој. Овој слој уште се нарекува „компензирачки слој на противјони“ бидејќи има спротивен полнеж од внатрешниот слој. Тука не доаѓа до целосна неутрализација, и обично доминира полнежот од внатрешниот слој. Оваа разлика во потенцијалот се нарекува *зета потенцијал*, или вишок на електричен потенцијал.

Големината на потенцијалот е многу важна карактеристика на почвените колоиди, посебно при атсорпцијата на катјони и анјони во почвата. Исто така, големината на потенцијалот влијае врз хемиските и физичките својства на почвата. При висок потенцијал, кога силите на електричното одбивање меѓу честиците се големи, колоидите

при доволна влажност на почвата се претставени како *золи* (зол состојба). При низок потенцијал, силите на привлекување меѓу честичите се големи и колоидите коагулираат (*гел* состојба).

Врз големината на потенцијалот на почвените колоиди, а понекогаш и врз нивниот полнеж (негативен или позитивен), големо влијание има реакцијата на почвениот раствор (рН). Во кисела рН, силициумовата киселина има низок потенцијал, а висок во услови на базична реакција, благодарейќи на поголемата дисоцијација. Хуминските киселини се одликуваат обично со голем степен на дисперзност. При промена на рН, се менува нивниот потенцијал: во кисела се намалува, во базична се зголемува.

Од севе ова може да се заклучи дека *негативниот потенцијал се намалува во кисела средина и расте во базична. Позитивниот потенцијал на почвените колоиди се менува обратно: се зголемува при кисела реакција, а се намалува во базична средина.*

в) Односот на колоидите кон водата. Почвените колоиди имаат способност да адсорбираат молекули вода на својата површина како резултат на електростатичкото привлекување помеѓу јоните што се на површината од почвените честичи и диполовите на водата. При тоа, силите на привлекување се најголеми во првиот слој, а со наголемување на слоевите, силите на привлекување се намалуваат. Првиот слој на вода не само што најсилно се привлекува, туку ја губи својата подвижност и достапност за растенијата. Исто така, оваа вода ги менува своите физичко-хемиски својства: не замрзнува на -78°C , нема електроспроводливост и не содржи растворени материи. При адсорпција на течности (вода, растворени во вода електролити) се ослободува топлина, т.н. топлина на влажење.

Во зависност од тоа дали почвените колоиди се послабо или посилено хидратисани, се делат во две групи:

» *Хидрофилни*

» *Хидрофобни*

Хидрофилните колоиди се силно хидратисани и кај нив јадрото на мицелата е обвиткано со подебел слој од молекули вода. Во оваа група спаѓаат: хумусни киселини, протеини, минерали на глина од групата смектити, золи и гели на хидроксиди на Fe, Si и Al.

Образувањето на подебела водена обвивка е резултат на површинските привлечни сили и присуството на хидратисани јони (пример Na^+ -јони). Водената обвивка го оневозможува приближувањето на јоните, а со тоа и можноста за коагулација. Поради тоа, хидрофилните колоиди многу тешко се коагулираат, а лесно се пептизираат. Нивното присуство во почвата негативно се одразува врз физичко-механичките својства и стабилноста на структурните агрегати. Во влажна состојба, почвата силно бабри, структурните агрегати се дисперзираат (пливаат во вода), почвата станува пластична, леплива, намалува порозноста, се влошува водно-воздушниот режим, а во сува состојба се собираат и образуваат вертикални пукнатини по длабочина на почвата.

Хидрофобните колоиди имаат спротивни својства во однос на хидрофилните колоиди. Тие се слабо хидратисани и јадрото на нивната мицела е обвиткано со тенок слој од молекули на вода. Во оваа група спаѓаат: кристалните форми на хидроксидите на Fe, Mn и Al и минералите на глина од каолинитската група. Со коагулација на хидрофобните колоиди, во почвата се образуваат стабилни структурни агрегати. Тоа влијае позитивно врз физичко-механичките својства на почвата. Па така, во влажна почва нема дисперзија на агрегатите, бабрење, лепливост и пластичност и нема собирање и формирање на вертикални пукнатини, кога е почвата сува. Стабилната зрнеста структура во почвата обезбедува идеални услови за развој на кореновиот систем на растенијата и за активност на почвената микрофлора и макрофауна.

г) Коагулација и пептизација. *Коагулацијата претставува процес на здружување и таложеење на колоидите од растворот, под влијание на спротивно наелектризираните*

јони или колоиди, при што истите преминуваат од зол (пептизирана, диспергирана) во гел (здружена, коагулирана) состојба.

Коагулацијата се врши под влијание на висока температура, под дејство на електролити, или како резултат на меѓусебна реакција на колоидите со спротивен полнеж. Во природни услови, врз коагулацијата на почвените колоиди може да влијаат и ниските температури, пример, кога солите на хумусните киселини имаат ирверзибилна коагулација.

Ацидоидните колоиди со негативен полнеж се коагулираат под влијание на позитивно наелектризираните јони (катјони) од почвениот раствор, а базидоидните колоиди, обратно, под влијание на негативните анијони.

При коагулацијата на почвените колоиди, големо значење имаат некои карактеристики на катјоните коагулатори, како: валентноста, хидратисаноста, атомската маса и радиусот на јоните. Коагулативната способност на катјоните може да се види од следниов редослед: Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , H^+ , Al^{3+} и Fe^{3+} . Најмало влијание на коагулацијата имаат јоните на Na^+ , а најголемо јоните на Al^{3+} и Fe^{3+} .

Малото влијание на Na^+ -јоните врз коагулацијата на почвените колоиди е резултат на ниската валентност (мал позитивен полнеж) и високата хидратисаност. Натриумовите јони не можат да го неутрализираат зета потенцијалот, бидејќи имаат мал полнеж, а поради водната обвивка (хидратисаност) не можат да се доближат до колоидната честица и да ја неутрализираат. Потребна е многу голема концентрација на Na^+ -јони во почвениот раствор за да може да се изврши коагулација. Затоа почвите што содржат многу адсорбирани Na^+ -јони, а во исто време не содржат преголема концентрација на слободни Na^+ -јони во растворот, се диспергирани. При наголемување на влажноста во почвата, таквите колоидни честици ги зачепуваат порите и ја намалуваат водопропустливоста на почвата.

Повисоко валентните јони: Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , H^+ , Al^{3+} и Fe^{3+} дејствуваат спротивно. Тие се и послабо хидратисани, што значи дека полесно се доближуваат до колоидната честица, полесно го неутрализираат зета потенцијалот, и ги коагулираат колоидните честички.

Исклучок се H^+ -јони. И покрај помалата валентност, поради многу малата хидратисаност, имаат поголема коагулациска способност во однос на двовалентните катјони.

Адсорпцијата на катјоните на металите со иста валентност се наголемува со наголемување на нивната атомска маса.

Коагулацијата на почвените колоиди може да биде повратна (реверзибилна) и неповратна (иреверзибилна).

Неповратна коагулација обезбедуваат јоните на Ca^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+} и Fe^{3+} . Под нивно влијание скоро е невозможно преминување на колоидите од гел во зол состојба.

Спротивен процес на коагулацијата е пептизацијата или дезагрегацијата, кога колоидите од гел преминуваат во зол состојба. Главен пептизатор се јоните на Na^+ .

Покрај концентрацијата на јони, врз интензитетот на пептизација влијание имаат влажноста и температурата на почвата, како и староста на коагулираните колоиди. Со наголемување на влажноста и температурата се забрзува процесот на пептизација, а со наголемување на староста на колоидите, пептизацијата се намалува.

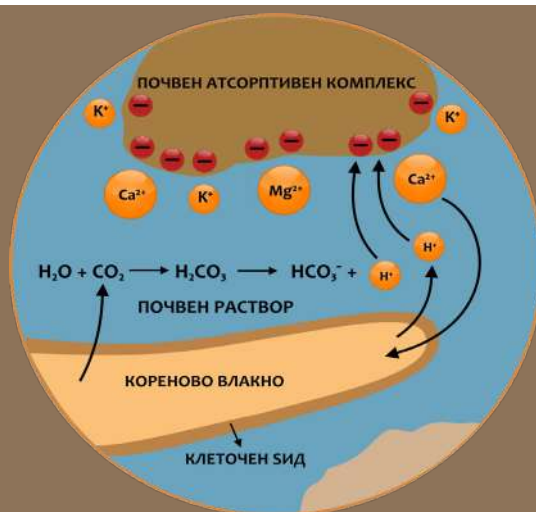
За разлика од коагулацијата што е позитивен процес во почвата, пептизацијата е негативен и непосакуван процес, која предизвикува дезагрегација и деседентно промивање на колоидите и покрупните честици во почвата. Овој процес е карактеристичен кај лесивираниите почви. Со истовремено промивање и задржување на промиените материи се образуваат хоризонти – елувијалниот Е и илувијалниот Вt. Образувањето на непропустливиот Вt-хоризонт може да овозможи образување на горни подземни води.

=====

14. АТСОРПТИВНА СПОСОБНОСТ НА ПОЧВАТА

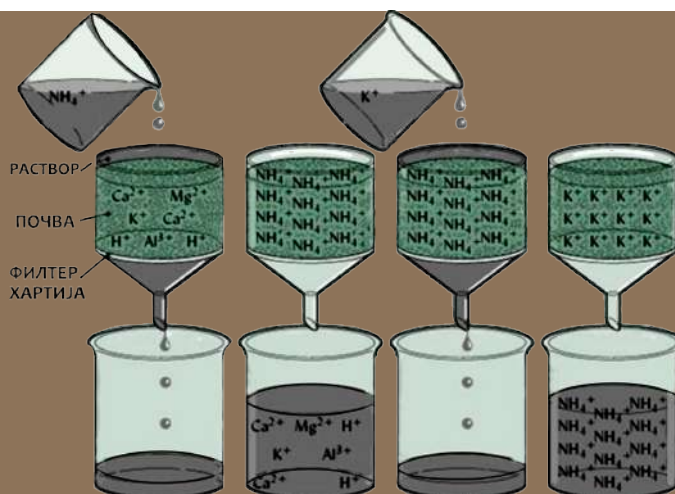
Под атсорпција се подразбира способност на цврстата фаза на почвата да привлече и задржи различни материји со различни сили со кои доаѓа во контакт.

Тука, треба да се прави разлика помеѓу атсорпција и апсорпција. Апсорпцијата значи влегување на материите во некој систем (пример навлегување или примање на хранливи материји од почвениот раствор во корењата на растенијата).



Слика 134. Шематски приказ меѓу почвен атсорптивен комплекс и кореново влакно

Во педолошката наука, атсорптивната способност на почвата е позната многу одамна. Way е првиот што направил експеримент и научно го разработил ова својство на почвата. Тој ја промивал почвата ставена во инка на која има филтер-хартија со раствор од NH_4Cl . После промивањето установил дека во филтратот имало не само NH_4^+ -јони од вишокот јони во употребениот раствор, туку и Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ и др. катјони. Тоа се атсорбираните катјони што се истиснати и заменети во почвата со NH_4^+ -јони. Исто се случува ако почвата во која има NH_4^+ -јони се промива со раствор кој содржи K^+ -јони (слика 135).



Слика 135. Третирање на почвата со раствор во кој има NH_4^+ -јони и K^+ -јони

Рускиот научник Гедројц (1872 - 1932 г.), многу детално ја разработил атсорптивната способност на почвата и констатирал дека цврстата фаза на почвата може да задржува не само јони и молекули од молекулско-јонските раствори, туку и разни гасови, суспендирани колоидни и појадри честички, микроорганизми и др. Тој опишува пет вида на атсорпција, во зависност од силите на задржување, и тоа: *супституциона, механичка, физичка, хемиска и биолошка атсорпција*.

Познавањето на атсорптивната способност на почвата е од големо значење. Од неа зависат многу физички и хемиски својства на почвата, како и нејзината плодност. Благодареејќи на силите на задржување, во почвата е невозможно или отежнато промивањето (елувијација) на многу материи, меѓу кои и на хранливите, што се неопходни за исхраната на растенијата. Во тесна врска со атсорпцијата се ѓубрењето, како и примената на други хемиско-мелиоративни и агротехнички мерки.

Поради тоа, атсорпцијата се вбројува во најважните својства не само на колоидите, туку и на почвата во целина.

Од најголемо значење е супституционата (разменливата) атсорпција или размената на јони.

14.1. Супституциона атсорпција (размена на катјони)

Супституционата атсорпција претставува задржување на катјоните на површината на колоидните честички и нивна размена со други катјони од почвениот раствор. Таа претставува атсорпција на јони во двојниот електричен слој и затоа е поларна атсорпција. Според Гедројц, се врши размена на јони од електролитичкиот раствор и јоните од компензирачкиот слој.

Терминот атсорпција во поширока смисла на зборот опфаќа четири различни појави:

- » *Атсорпција* во потесна смисла, т.е. привлекување јони од страна на почвените колоиди;
- » *Десорпција*, излегување на атсорбираните јони од дифузниот слој и од почвениот раствор;
- » *Супституција*, процес на размена на јоните меѓу дифузниот слој и почвениот раствор и
- » *Ретенција*, задржување на атсорбираните јони во дифузниот слој.

Супституционата атсорпција се случува под влијание на електричниот полнеж, што е карактеристика за почвените колоиди (глината и хумусот). Тие го претставуваат почвениот атсорптивен комплекс (ПАК).

Под почвен атсорптивен комплекс се подразбираат сите оние материи во почвата што можат да атсорбираат јони и да ги разменуваат со други јони од почвениот раствор.

Во нашите почви, атсорптивниот комплекс се состои главно од секундарно силикатно-глинени минерали и хумус. Во него се разликуваат: минерален дел (глина), органски дел (хумус) и органоминерален дел (материи добиени со сврзување на глината и хумусот).

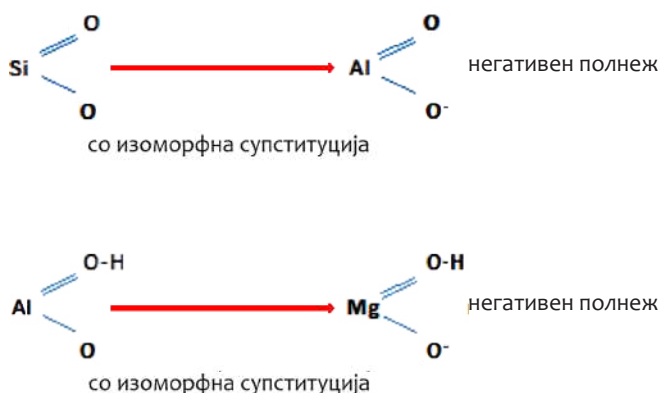
Претходно е кажано дека секоја колоидна честица има електричен полнеж, кој може да биде: негативен (ацидоид) и затоа има способност да атсорбира голем број позитивно наелектризиран катјони, позитивен полнеж (базидоид) и во тој случај се атсорбираат анјони што се со негативен полнеж, и такви колоидни честички што можат истовремено да имаат и позитивен и негативен полнеж (амфолитоид).

Негативниот полнеж во силикатните глинени минерали се формира на два начина:

- првиот начин со *изоморфна супституција* (замена) на Si^{4+} во тетраедрите со Al^{3+} и на Al^{3+} во октаедрите со Mg^{2+} . Ова значи дека во структурата на минералите влегуваат јони со помал полнеж, со тоа се нарушува претходната

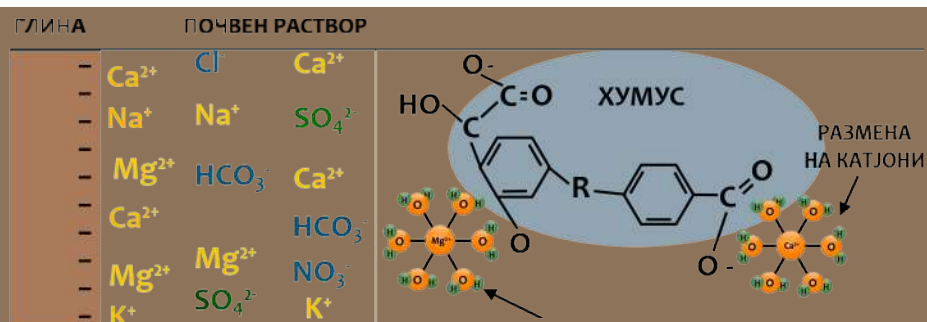
избалансирана состојба на (неутрален) полнеж и се јавува слободен негативен полнеж. На овој начин формираните негативен полнеж е постојан и не зависи од реакцијата (pH) на почвениот раствор. Овој начин доминира во глините со 2 : 1 тип на структура.

- вториот начин се врши со *јонизација* (дисоцирање) на водородот од хидроксилните (ОН) групи што се наоѓаат главно на перифериите и рабовите на кристалните единици. Дисоцирањето на водородот од хидроксилните (ОН) групи се случува кога се наголемуваат вредностите на pH. Па така, овој полнеж не е постојан, туку, зависи од реакцијата на почвениот раствор. Овој начин се јавува во сите глинене минерали, но сепак преовладува кај оние со 1 : 1 тип на структура, а скоро е единствен начин кај оксидните глини.



Во хумусните колоиди, електричниот полнеж се јавува како последица на *дисоцирање* (*јонизација*) на водородот од двете реактивни групи: карбоксилната COOH и фенолната OH. Овој полнеж зависи од pH на растворот и се јавува при наголемување на вредностите на реакцијата на почвениот раствор (слика 136). При ваква ситуација намалува бројот на H⁺-јоните во растворот и се засилува јонизацијата на H⁺-јоните од реактивните групи, при што многу полесно јонизира водородот од карбоксилните, а побавно и потешко од фенолните групи. Како резултат на јонизацијата се засилува добивањето на слободен негативен полнеж.

Познавањето на ова е значајно, бидејќи перманентниот полнеж се одредува со определување на капацитетот на адсорпција при pH 6, а променливиот (непостојан) полнеж, како разлика помеѓу капацитетот на адсорпцијата при pH 8,2 и pH 6.



Слика 136. Шематски приказ на глинена и хумусна колоидна честичка

Поради својот електричен полнеж, колоидните честички стапуваат во реакција со други честички-јони и затоа се едни од најактивните во почвата. Меѓу другото, нивната активност се

должи на малата димензија и слободната површинска енергија што е до толку поголема, до колку се тие помали, односно до толку е поголема нивната специфична површина.

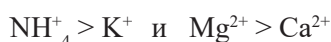
Атсорбираните јони на површината од колоидните честички може да се претстават како „рој пчели кои се собираат околу матицата“. Во дифузниот слој овие јони не се фиксирани на едно место, туку се наоѓаат во постојано движење, што е многу помало во однос на јоните во почвениот раствор.

Од дифузниот слој, јоните можат да излезат (*десорпција*) со силата на сопствената енергија. Во моментот кога доаѓа до излегување на еден јон од дифузниот слој на колоидната честичка, на негово место влегува друг јон од почвениот раствор со ист полнеж. *Размената меѓу јоните од почвата и почвениот раствор се одвива во еквивалентни (исти) количини.* Тоа значи дека се воспоставува динамичка рамнотежа помеѓу оние кои се атсорбираат и оние кои се десорбираат, т.е. се слободни во почвениот раствор.



Најчесто, до десорбирање (излегување) на јоните од дифузниот слој на колоидните честички доаѓа во услови на хумидна клима, при што со промивање се намалува концентрацијата на почвениот раствор, и обратно во услови на сува клима, како резултат на поголема концентрација на почвениот раствор, може да дојде до атсорпција на јоните во дифузниот слој (пример, атсорпција на Na^+ -јони).

Способноста за десорпција на едно и двовалентните катјони во почвата се намалува по следниов редослед:



Самата *супституција* претставува размена на едни со други јони во дифузниот слој. Ова може да се објасни со примената на две познати мерки во земјоделската практика (калцизација на кисели и гипсирање на солени почви).

При калцизација со внесување на CaCO_3 доаѓа до влегување на Ca^{2+} -јоните во дифузниот слој, а се истиснуваат H^+ -јоните, а при гипсирање доаѓа до замена на Na^+ -јоните од дифузниот слој со Ca^{2+} -јоните од внесениот гипс (CaSO_4).

Брзината на размена на атсорбираните катјони е различна и зависи од видот на колоидите и типот на глинените минерали. Кај каолинитот, каде што е присутна само екстрамицеларната атсорпција, замената на катјоните се одвива брзо, а кај смектитите (монтморилонит) или кај илитот, каде што има екстра и интрамицеларна атсорпција, замената на катјони е бавна и целосно се завршува за 10 или повеќе денови.

Ретенцијата или задржувањето на атсорбираните катјони зависи од енергијата со која се привлекуваат разни јони од страна на колоидите во дифузниот слој. Јоните на водородот имаат најголема енергија на атсорпција, што значи најтешко се десорбираат. Исто така, ретенцијата на јоните зависи и од нивното место во дифузниот слој. До колку некој јон е поблиску до површината, до толку полесно се десорбира, односно до колку е поблиску до јадрото, силата на задржување е поголема.

Според некои истражувања, бројот на атсорбирани јони на колоидна честичка со радиус од 45,5 μm изнесува 502 208 катјони. Од тој број може да се десорбираат само 850 јони, што значи многу малку. Некои катјони можат да се атсорбираат неповратно, при што не можат понатаму да учествуваат во реакциите на атсорпција, (на пример K^+ и Mg^{2+} -јоните кога ќе влезат во кристалната решетка на глинените минерали).

Јоните се разликуваат по својата заменувачка сила. Одејќи од оние со поголема кон оние со помала заменувачка сила, катјоните се подредени во следниов редослед: $\text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$. Енергијата на атсорпција меѓу катјоните зависи од нивната

концентрација, валентност, радиус и хидратисаност.

Односот помеѓу валентноста и способноста за атсорбирање може да се објасни со тоа што повеќе валентните (дво и тривалентните) катјони со анјоните (OH^- , COO^- , SiO_3^- , AlO_2^-), што се наоѓаат во слојот што го одредува потенцијалот, образуваат соединенија што помалку дисоцираат, во споредба со едновалентните катјони. Тоа значи дека реакцијата тече на страната на образување на помалку дисоцирани соединенија.

Покрај ова, јоните со иста валентност немаат иста атсорптивна способност. При исти услови, јоните на Na^+ имаат помала од јоните на K^+ , а јоните на Mg^{2+} помала од јоните на Ca^{2+} . Тоа е резултат на големината на радиусот на јонот и хидратисаноста. Кај јоните што имаат ист полнеж, електролитичкото напрегање на површината е до толку поголемо, до колку е јонот поголем. Затоа јони со мали радиуси привлекуваат повеќе диполови на вода и имаат поголема хидратациона обвивка од колку јоните со поголем радиус. Како резултат на тоа, малиот јон заедно со водената обвивка има поголем размер, отколку поголемиот јон со помала обвивка.

Јоните на Na^+ имаат најмала заменувачка сила бидејќи се најниско валентни и многу хидратисани. На пример, радиусот на нехидратисаниот Na^+ -јон изнесува околу 0,1 nm, а на хидратисаниот Na^+ -јон заедно со водената обвивка околу 0,8 nm. Тоа е среќна околност бидејќи атсорбираните Na^+ -јони влијаат негативно врз својствата на почвата.

Водородот чини исклучок како по својата хидратација, така и по способноста на атсорпција и се јавува меѓу тривалентните и двовалентните јони. Слободен јон H^+ т.е. протон не постои во почвениот раствор. Во растворот се наоѓа хидрониум јон H_3O^+ со дијаметар од 0,135 nm. Како резултат на малиот размер во споредба со другите хидратисани јони, тој се атсорбира посилно од сите едновалентни јони, а во некои случаи и од двовалентните јони.

Јони со повисока енергија на атсорпција можат да се истиснат и да се заменат со јони со пониска енергија, ако последните ги има во поголема концентрација.

Атсорптивниот комплекс на почвите е полисорптивен систем, што значи дека секоја почва може да атсорбира одредена количина на различни катјони. Некои од нив се повеќе застапени и се атсорбирани во поголема количина, како двовалентните земноалкални катјони Ca^{2+} и Mg^{2+} и едновалентните алкални катјони K^+ и Na^+ , и киселинските катјони H^+ и Al^{3+} . Овие катјони влијаат врз правецот на педогенетските процеси и врз својствата на почвата.

Во најголем процент е застапен Ca^{2+} во нашите земјоделски почви, а по него Mg^{2+} со над 80 %. Јоните на Ca^{2+} се јавуваат во почвите образувани на карбонатни и бескарбонатни супстрати. Поголемото присуство на Ca^{2+} во почвите се објаснува со поголемата сила на привлекување во однос на останатите базични катјони, како и со присуството на полесно распадливите минерали што ослободуваат многу Ca^{2+} . Освен тоа, другите базични јони или силно се задржуваат (K^+ и Mg^{2+}) внатре во структурата на кристалната решетка од каде што може потешко да се ослободат само со хемиско распаѓање, или лесно се промиваат (Na^+). Најголема фиксација или т.н. незаменлива атсорпција имаат јоните на K^+ и NH_4^+ . Појавата на фиксација е непожелна за исхраната на растенијата. Способност за фиксација на катјоните имаат трослојните глинени минерали, пример од групата смектити (монтморилонит), потоа вермикулит. Каолинитот и другите минерали со двослојна решетка по правило немаат способност за фиксација на катјони.

Механизмот на фиксација се објаснува со помош на една хипотеза, според која катјоните навлегуваат во меѓупросторот на кристалните единици во состојба на бабрење кога е тој најголем и ги заземаат хексагоналните шуплини во мрежата на кислородните атоми со тетраедарските листови. При тоа, катјоните ги приближуваат кон себе двата негативно наелектризирани кислородни слоја и на тој начин стануваат заробени во тој простор од каде што многу тешко се ослободуваат. Од оваа хипотеза произлегува дека незаменливата атсорпција е поврзана со минералните почвени колоиди. Но, има мислења

и на други автори според кои во фиксацијата на NH_4^+ -јоните учествуваат и органските почвени колоиди, како резултат на хемиска реакција.

Scheffer и Schachtschabel констатираше дека едновалентните катјони H^+ и K^+ се адсорбираат од лискуните повеќе во однос на Ca^{2+} и Mg^{2+} . Лискуните и по тоа се разликуваат од монтморилонитот и каолинитот.

Поголемо присуство на Mg^{2+} -јони се забележува во почви образувани врз серпентини и перидотити. Поголемо присуство на Na^+ -јони (повеќе од 15 %), па дури и 50 до 70 % од сите адсорбирани катјони има само во солениите (халоморфни) почви. Во киселите почви доминираат H^+ и Al^{3+} -јоните.

Покрај влијанието на супстратот за присуството на одделни катјони во почвениот адсорптивен комплекс, свое влијание имаат и надморската височина, вегетацијата и климатските услови. Па така, во нашите климатски услови, во посувиот источен дел на земјата и на помала надморска височина преовладуваат адсорбираните Ca^{2+} и Mg^{2+} -јони, а во повлажниот дел и на повисока надморска височина, покрај овие јони се јавува и значително количество H^+ и Al^{3+} -јони.

Во почвата покрај овие катјони, во помали количества (обично под 1 %) можат да се јават и некои микроелементи: Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} и др. Во услови на интензивна амонификација или со интензивно ѓубрење на почвата со NH_4 -ѓубрива се јавува присуство на NH_4^+ -јони во почвениот адсорптивен комплекс. Исто така, при наводнување со некавалитетни загадени води или при контаминација на почвата со токсични тешки метали (Pb, Cd, Hg, As и др.), истите се адсорбираат во почвениот адсорптивен комплекс и во таква форма се задржуваат во зависност од реакцијата на почвениот раствор. Со намалување на рН-вредноста, преминуваат во растворлива форма и преку растенијата влегуваат во синџирот на исхрана. Со тоа многу сериозно може да се загрози здравјето на луѓето и животните.

Вкупното количество катјони што може да адсорбира една почва се вика капацитет на адсорпција на катјони и се означува со (Т). Претставува збир од базичните (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ и Na^+) и киселинските (H^+ и Al^{3+}) катјони. Се пресметува според следнава формула: $T = S + H$ или $T = S + (T - S)$, а се изразува во eq.mmol на 100 g почва или според Si-системот во cmol/kg, ($1 \text{ eq.mmol}/100 \text{ g} = 10 \text{ mmol/kg} = 1 \text{ cmol/kg}$).

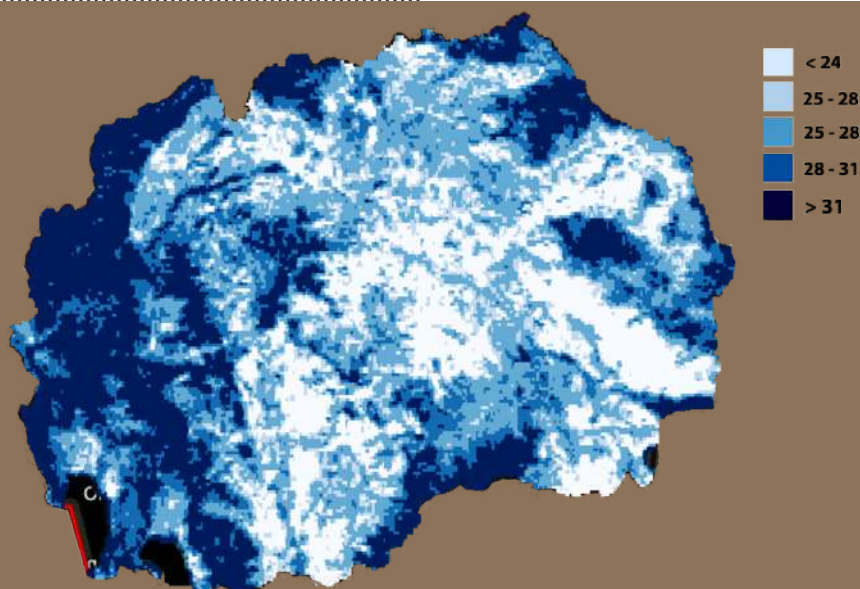
Содржината на одделни катјони се изразува во eq.mmol на 100g почва или според Si-системот во cmol/kg, а може и во % од капацитетот на адсорпцијата.

Почвите имаат различен капацитет на адсорпција што зависи од содржината на органска материја, механичкиот состав и составот на глинените минерали, како и од реакцијата на растворот со кој се истиснуваат адсорбираните јони при нивното определување.

Така, на пример, органската материја има многу висок капацитет на адсорпција (хумус од 200 до 300 cmol/kg), а од секундарно глинените минерали: вермикулит од 80 до 150, монтморилонит од 60 до 100, илит од 25 до 40 и каолинит од 3 до 15, и сесквиоксидите од 3 до 9 cmol/kg.

Површинските хоризонти на почвата имаат повеќе органска материја во однос на подлабоките, па затоа имаат повисоки Т-вредности. Во обработливите почви при содржина на органска материја од 2-3 %, капацитетот на адсорпција во песоковите почви изнесува 5 до 10 cmol/kg, во илестите помеѓу 10 и 20 cmol/kg и во глинестите почви помеѓу 20 и 40 cmol/kg.

На слика 173 се прикажани вредностите за капацитетот на адсорпција на почвите во нашата земја, при што се забележува дека тие се поголеми во нејзиниот западен дел.



Слика 137. Капацитет на атсорпција во почвите на Р Македонија
(извор: MASIS, Педолошка карта на Р Македонија)

Ова е резултат на повлажната клима во западните делови. Поради посилното влажење се наголемува продукцијата на органската материја, расте содржината на хумус, а со тоа и на капацитетот на атсорпцијата на јони. Обратно, во централниот и во делови од источниот дел на нашата земја, поради посувата клима (помалку врнежи) се засилува интензитетот на разложувањето на органските материи (минерализацијата), се намалува содржината на хумусот во почвата, а со тоа се намалува и капацитетот на атсорпцијата.

Сумата само на атсорбирани базични (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} и Na^{+}) јони претставува заситеност со базични катјони (S), а незаситеноста на почвата со базични јони се вика резервна или потенцијална киселост (H) или ($T - S$), односно таа ги опфаќа атсорбираните киселински (H^{+} и Al^{3+}) јони. Се изразуваат во eq.mmol на 100 g почва или според Si-системот во cmol/kg.

Ако сумата на атсорбирани базични јони се изрази од вкупниот капацитет на атсорпција и помножи со 100 се добива степен на заситеност на почвата со базични јони. Се означува со (V) и се изразува во %.

$$V = \frac{S}{T} \times 100$$

Степенот на заситеност со базични јони (V) е повисок во посувите отколку во повлажните реони и повисок во почви образувани врз неутрални и базични стени и варовник.

Големината на степенот на заситеност со базични јони се менува во различни почви, а често и во иста почва во различни генетски хоризонти. Врз основа на овој показател, во некои земји е направена поделба на почвите во класи и тоа:

Табела 23. Поделба на почвите според степенот на заситеност со базични катјони

Класи	Степен на заситеност на почвата со базични катјони (V) %
Многу силно заситена	> 90 %
Силно заситена	75 - 90
Умерено заситена	50 - 75
Умерено незаситена	30 - 50
Силно незаситена	15 - 30
Многу силно незаситена	< 15

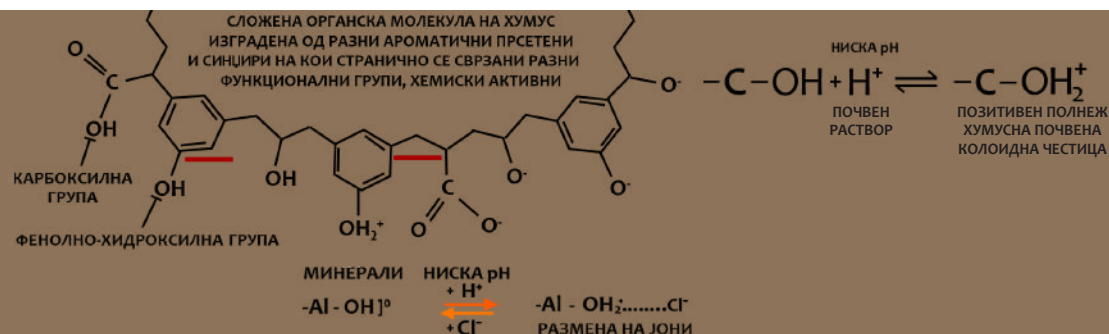
Резервна или потенцијална киселост е киселост на цврстата фаза на почвата и ја сочинуваат сите адсорбирани H^+ и Al^{3+} -јони. Таа не ги опфаќа слободните т.е. неадсорбираните H^+ и Al^{3+} -јони од почвениот раствор што ја сочинуваат активната (актуелна) киселост на почвата.

До колку резервната киселост е повисока, до толку реакцијата е покисела, потребата за додавање вар (калцизација) е поголема и содржината на адсорбирани биогени базични катјони е пониска, бидејќи H^+ и Al^{3+} не се биогени катјони. Високиот процент на адсорбирани Al^{3+} -јони може да биде токсичен.

Во почвата, колоидите на сесквиоксидните глини, како и органските колоиди при намалување на реакцијата на почвениот раствор (pH) имаат позитивен полнеж (слика 138). Тие адсорбираат анјони.

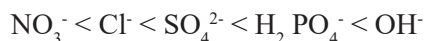
Адсорпцијата на анјони зависи од карактеристиките на самите анјони, почвените колоиди и нивните електрокинетички својства и реакцијата на почвениот раствор.

Главните анјони што се адсорбираат во почвата се фосфатите, во помала мера сулфатите. И двата се биогени и се од големо значење за исхраната на растенијата и за употребата на вештачки ѓубрива. Нитратите практично не се адсорбираат. Нивната евентуална адсорпција, како и на хлоридите може да се случи во многу ретки случаи, кога има големо присуство на сесквиоксидни колоиди и при кисела pH (кај некои црвеници). По правило, нитратите и хлоридите не се адсорбираат во почвата, бидејќи тие не образуваат во почвата тешко растворливи соли и од ништо во почвата не се заштитени од промивање. Нитратите се земаат од страна на растенијата (биолошка сорпција), а судбината на хлоридите во почвата зависи во прв ред од карактерот на водениот режим. Некоје адсорбирање на хлоридите во почвата е возможно во услови на сува клима. Нитратите бидејќи се биогени анјони и не се адсорбираат од страна на почвата кога се внесуваат со ѓубрење, треба да се внесуваат близу кореновиот систем на растенијата, за да не се изгубат со промивање. Хлоридите не се биогени, па затоа при внесување на калиумови ѓубрива во кои има Cl^- , треба да се внесат претходно во почвата за да се промијат до сеидбата.



Слика 138. Шематски приказ на позитивен полнеж кај органските и неорганските колоиди

Анјоните според степенот на атсорпција се подредени по следниов редослед, одејќи од оние што послабо се атсорбираат кон оние што посилено се атсорбираат:



До колку е поголема валентноста на анјонот, до толку е поголема способноста за атсорпција. Исклучок е OH^- -анјонот, кој има најголема активност и покрај малата валентност, при што соединенијата што ги образува OH^- со јоните на железо и алуминиум што се наоѓаат во внатрешниот дел на двослојната обвивка на позитивните колоиди, многу слабо дисоцираат.

Составот на почвените колоиди влијае врз атсорпцијата на анјони. Со наголемување на содржината на сесквиоксиди - базидоиди се зголемува атсорпцијата на анјони. Промената на реакцијата на почвениот раствор го менува потенцијалот на колоидите, при што *алкализацијата го зголемува негативниот потенцијал, а закиселувањето – позитивниот потенцијал*. Од тука, во кисела средина се наголемува атсорпцијата на анјони.

До колку аморфните хидратисани сесквиоксиди имаат поголема површина, до толку имаат поголема способност за атсорпција (пример за фосфати), во споредба со минералите на сесквиоксидите (гетит, хематит).

Атсорптивната способност на глинените колоиди за фосфатите зависи од % содржина на сесквиоксиди (R_2O_3) во нив, од односот на $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$, како и од степенот на дисперзност на минералите. Од една страна, до колку е поголем % на R_2O_3 во колоидите, а односот на $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ е помал, до толку атсорпцијата на фосфатите е поголема. Од друга страна, наголемувањето на дисперзноста на минералните честички, а со тоа и наголемувањето на нивната специфична површина, ја зголемува атсорпцијата на фосфатите.

Атсорпцијата на фосфорната киселина H_3PO_4 во почвата претставува сложена појава. Дисоцијацијата на H_3PO_4 како слаба киселина, зависи најмногу од реакцијата на почвата. Таа целосно дисоцира само во алкална средина, а во услови на неутрална и слабо кисела средина при нејзиното дисоцирање се образуваат H_2PO_4^- и HPO_4^{2-} -јони.

PO_4^{3-} -јоните практично немаат значење за исхраната на растенијата бидејќи ги нема во дијапазон од рН 5 до 9.

Органските материи, хумусните киселини, како ацидоиди, не учествуваат во атсорпцијата на фосфати. Покривајќи ги со обвивка, хуминските киселини ја намалуваат атсорпцијата на фосфатите од страна на минералните честички. Од тука произлегува заклучокот дека атсорпцијата на фосфати е поголема во почви богати со сесквиоксиди (особено во аморфна форма), кисела средина и сиромашни со органска материја, а мала во неутрални почви, со ниска содржина на сесквиоксиди и со висок % на органска материја.

14.1.1. Значењето и практичната примена на атсорпцијата и на размената на катјони

Познавањето на капацитетот на атсорпција, процентот на заситеност со базични јони, резервната киселост и содржината на одделни атсорбирани јони имаат големо значење за својствата и правецот на педогенетските процеси во почвата. Од нив зависат:

- » физичките својства на почвата (коагулација и пептизација), структурата, хидратисаност, пластичност, лепливост, сврзаност и водопропустливост;
- » хемиските својства (пuffersност, реакција и состав на почвениот раствор);
- » биолошката активност и плодноста на почвата;
- » исхраната на растенијата.

На многу места во учебников, при објаснувањето на одделните физички и хемиски својства, како и на педогенетските процеси, се говори за значењето на атсорбираните катјони. Тука е направено резиме за нивното значење.

Во однос на физичките својства, атсорбираните јони се делат во две групи. Во првата група спаѓаат: Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^{+} и Al^{3+} , што предизвикуваат позитивни, а во втората група Na^{+} -јоните, што предизвикуваат негативни физички својства.

Почвите каде што во атсорптивниот комплекс доминираат атсорбираните Ca^{2+} -јони со повеќе од 70 % се карактеризираат со добри физички, хемиски, биолошки својства и имаат висока плодност.

Во однос на физичките својства, почвите се карактеризираат со голема вкупна порозност и добар однос помеѓу капиларните и некапиларни пори, што значи имаат добар воден, воздушен и топлотен режим. Добриот однос на порите овозможува висок капацитет на достапна вода во почвата, го намалува испарувањето, и влијае врз нејзино постепено загревање и ладење. Почвите заситени со јоните на Ca^{2+} , до колку се глинести, во влажна состојба слабо бабрат и не покажуваат силна пластичност и лепливост, а во сува состојба не се силно сврзани, не се собираат и не се појавуваат пукнатини, што се карактеристични за почвите што содржат многу глина.

Покрај поволните физички својства, почвите имаат и добри хемиски својства. Се карактеризираат со неутрална или слабо алкална реакција, со умерено хемиско распаѓање на примарните минерали, умерена аргилогенеза, како и образување на глинен минерали со трослојна кристална решетка. При трансформацијата на органските отпадоци се образува зрел мull хумус во кој доминираат хуминските киселини заситени со Ca^{2+} -јони и тоа позитивно влијае врз образувањето на стабилна зреста структура. Сево ова позитивно влијае врз активноста на микроорганизмите и фауната во почвата и се обезбедуваат достапни форми на хранливи елементи за растенијата.

Присуството на атсорбираните Mg^{2+} -јони до 20 % од капацитетот на атсорпцијата (Т) позитивно влијае, но доколку се тие над 25 %, или уште повеќе (40 до 50 %), негативно влијаат врз физичките својства на почвата, а со тоа и врз нејзината продуктивна способност. Особено ова негативно влијание доаѓа до израз ако е почвата богата со минерали од групата на смектити (монтморилонит).

Учеството на разменливите (атсорбирани) K^{+} -јони во сите почви е мало или многу мало, и ретко е над 2 до 3 % од Т-вредностите.

Поголемото присуство на киселите јони H^{+} и Al^{3+} , што понекогаш во почвите може да изнесува и повеќе од 80 %, спротивно влијае врз својствата и процесите во споредба со атсорбираните Ca^{2+} -јони. Почвите имаат кисела реакцијата на почвениот раствор, најчесто рН изнесува < 4 . Образуваниот хумус е најчесто кисел со доминација на агресивните фулво киселини и мало присуство на незаситени хумински киселини. Под влијание на фулво киселините доаѓа до деструкција на примарните и глинените минерали и промивање на материите што се производ на тоа распаѓање, како и промивање на базите. Покрај ова, под влијание на киселините доаѓа до разрушување на структурните агрегати и промивање на најситните честици на глинените минерали.

Киселата реакција влијае и врз слабата активност на микроорганизмите и фауната во почвата. Активноста на нитрификаторите и азотофиксаторите скоро е во целост запрена. Продуктивната способност на овие почви е силно намалена посебно за земјоделските култури. Условите се поволни само за некои шумски растенија: бор, смрча, ела и др.

Поголемо присуство на атсорбирани Na^{+} -јони е карактеристично за солените (халоморфни) почви. Нивното присуство има големо негативно влијание за сите својства на почвата.

Реакцијата на почвениот раствор кај овие почви посебно ако има присуство на Na_2CO_3 , е алкална и силно алкална, како резултат на што доаѓа до интензивно хемиско распаѓање - алкална деструкција на примарните и секундарните минерали до крајни

продукти - хидроксиди на Si, Al и Fe. Во составот на хумусот преовладуваат Na-хумати, кои лесно се раствораат во вода и лесно се промиваат во влажниот период на годината. Исто така, под нивно влијание се образуваат нестабилни структурни агрегати, кои во влажни услови бабрат, диспергираат и предизвикуваат намалена пропустливост за вода и воздух, а во суви услови – сврзаност и собирање со појава на вертикални пукнатини низ почвената маса.

Поради негативното влијание на својствата, почвите со поголема содржина на атсорбирани Na^+ -јони не можат да се користат во земјоделското производство. Евентуалното нивно користење е возможно по успешно применета мерка на хемиски мелиорации – гипсирање.

Во почвата може да се јави и поголемо присуство на разменливи - атсорбирани Fe^{2+} и Mn^{2+} -јони, најчесто во хидроморфни услови (слаба аерираност), кисели почви. Во такви услови, како резултат на редукциски процеси се ослободуваат поголеми количини од овие јони во почвениот раствор, па оттука и во атсорбирана состојба.

Присуството на атсорбирани Cu^{2+} , Zn^{2+} и Co^{2+} во почвите е многу мало, но и во така мали количини тие се многу важни за плодноста на почвата и исхраната на растенијата.

Растенијата подобро успеваат кога во почвата има повеќе видови на јони во атсорбирана состојба. Се смета како поволен следниов приближен процентуален состав на атсорбираните катјони:

$$\text{Ca}^{2+} = 60 - 85 \%, \text{Mg}^{2+} = 10 - 15 \%, \text{K}^+ = 3 - 5 \%, \text{Na}^+ < 3 \% \text{ и } \text{H}^+ < 20 \%$$

Еден дел од атсорбираните катјони се биогени и растенијата ги користат во исхраната: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+ и некои микроелементи, како и некои анјони: H_2PO_4^- и SO_4^{2-} . Се поставува прашање колку лесно и како растенијата ги земаат хранливите материи од почвата?

Растенијата, хранливите елементи ги земаат преку коренот од почвениот раствор. Почвениот атсорптивен комплекс е регулатор на концентрацијата на јони во почвениот раствор. Тоа значи дека во моментот кога извесно количество хранливи јони е искористено од растенијата или е промиено, од атсорптивниот комплекс се ослободува еквивалентно количество од истите јони и пак се воспоставува рамнотежа.

Атсорбираните јони во почвата претставуваат магацин на хранливи материи за растенијата. На тој начин се заштитени од промивање и до колку растенијата не ги искористат, се чуваат во атсорбирана состојба.

Апсорпцијата на хранливите материи од страна на коренот на растенијата значи дека тие влегуваат низ мембраните на клетките во коренот и потоа се движат, односно пренесуваат до останатите делови на растението. Во дадени ситуации, некои хранливи материи можат пасивно да бидат апсорбирани со навлегување на водата во корените, но сепак земањето на хранливите материи е поактивен процес. За тоа е потребна енергија, која растенијата ја обезбедуваат со дишење, што значи дека сите услови што го оневозможуваат дишењето на коренот (почва заситена со вода), го лимитираат и примањето на хранливи материи. Со активното примање на хранливи материи се врши некаква селекција на јоните – коренот може да прими некои елементи повеќе од другите.

Во зависност од условите еден ист атсорбиран биоген елемент може да биде полесно или послабо достапен. Ова зависи од процентуалната застапеност на тој катјон, од присуството на други катјони и од видот на глинениот минерал од кој е атсорбиран. Во принцип, достапноста на еден катјон е поголема со наголемување на неговиот процент од (Т). Високиот % на атсорбирани K^+ -јони ја намалува достапноста на Mg^{2+} -јоните, а високиот % на Ca^{2+} -јони, ја намалува достапноста на K^+ -јоните. Исто така, при ист % на атсорбирани Ca^{2+} -јони, нивната достапност зависи од кои минерали е атсорбиран и се намалува по следниов редослед: каолинит > илит > монтморилонит.

Познавањето на капацитетот на апсорпција, процентот на заситеност со базични јони, резервната киселост и содржината на одделни атсорбирани јони имаат и голема

практична примена во земјоделското производство. Тие се значајни за:

- › примената на минерални ѓубрива,
- › примена на хербициди и
- › калцизација и гипсирање.

Високите вредности на Т се индикатор за поголемо присуство на глина и хумус во почвата. Тоа значи дека на таквите почви можат да се применат поголеми дози на ѓубрива (мелиоративно ѓубрење), посебно за тие што супституционо се атсорбираат: калиумови, амониумови, фосфорни, или средствата за заштита на растенијата (хербициди) без опасност од промивање.

На песокливи почви што имаат ниски вредности на Т се внесуваат помали дози на ѓубрива и средства за заштита (хербициди). Ова посебно важи за примената на азотните ѓубрива што многу лесно се промиваат. Нивната примена треба да биде почеста и во мали дози.

Кога станува збор за ѓубрење, треба да се внимава при употребата на разни видови ѓубрива што содржат ист хранлив елемент (пример, азот) со составот на атсорбираните катјони во почвата. Тоа значи дека, кисели почви со атсорбирани H^+ -јони не треба да се ѓубрат со физиолошки кисели ѓубрива, како $(NH_4)_2SO_4$, туку со $Ca(NO_3)_2$. На тој начин, почвата се обезбедува со азот и едновременно се подобрува реакцијата на почвениот раствор. Почвите со атсорбирани Na^+ -јони не треба да се ѓубрат со $NaNO_3$, бидејќи во тој случај се наголемува количеството на атсорбирани штетни Na^+ -јони. Во овој случај треба да се ѓубри со $Ca(NO_3)_2$ или $(NH_4)_2SO_4$, при што се подобрува и реакцијата на почвата.

При хемиските мелиорации кога треба да се поправи реакцијата на почвениот раствор, односно да се коригира составот на атсорбираните јони, количеството на $CaCO_3$ за калцизација на киселите почви и на $CaSO_4$ за гипсирање на солените почви е во тесна корелација со вредностите на Т. И во двата случаја се применуваат повисоки дози при повисоки вредности на Т во почвата. Во процесот на калцизација на почвата, калциумот го истиснува водородот при катјонската размена, а во процесот на гипсирање, калциумот го истиснува натриумот. Со овие мерки директно се поправа реакцијата на почвениот раствор (од кисела во неутрална со калцизација и од базична во неутрална со гипсирање), а индиректно и другите својства на почвата, вклучително и на условите за активност на микроорганизмите, фауната и растенијата.

Исто така, во земјоделската практика, со примена на некои активности може да се измени капацитетот на атсорпцијата и составот на атсорбираните катјони.

Во почвите што имаат полесен механички состав (песокливи почви), капацитетот на атсорпција се наголемува со додавање глина или органска материја (хумизација). И во двата случаја, со додавање на минерални и органски колоиди, песокливите почви се оспособуваат да задржуваат повеќе вода и хранливи материи.

До колку во иста почва се јави поголема разлика во Т во различните хоризонти (посебно во подораничниот хоризонт – повеќе глина), со длабока обработка на почвата може да се наголеми Т во површинскиот хоризонт.

Составот на атсорбираните јони може да се измени со хемиските мелиорации (гипсирање и калцизација) и со долгогодишна употреба на големи дози минерални ѓубрива.

И на крајот, капацитетот на атсорпција, процентот на заситеност со базични јони и процентуалната застапеност на некои атсорбирани катјони се користат како еден од критериумите во класификацијата и во дефинирањето на дијагностичките хоризонти на почвите.

14.2. Други видови на сорпција (механичка, физичка, хемиска, биолошка) и нивното значење

Кај овие видови на атсорпција материите не се задржуваат под влијание на електричниот полнеж на најситните честички во почвата: глината и хумусот. Па така, во зависност од силите со кои се врши задржувањето, разликуваме:

1. *механичка сорпција,*
2. *физичка,*
3. *хемиска и*
4. *биолошка сорпција.*

Сите тие имаат далеку помало значење од супституционата атсорпција.

1. *Механичка сорпција*

Својството на почвата во своите празнини (пори) да задржува колоидни и покрупни суспендирани честички што ги преместува гравитационата вода со движење во нејзините подлабоки хоризонти се означува како механичка атсорпција.

При овој начин, почвата дејствува како филтер, како секој порозен систем. На пример, ако се пропушта матен раствор низ почвата, или низ филтер, филтратот ќе биде чист, а талогот ќе се задржи во почвата, или на филтерот. Тоа значи дека честичките што ги носи водата што се цеди низ почвената маса или низ филтерот и имаат поголеми димензии од почвените или порите на филтерот се задржуваат во почвата, односно филтерот.

Ова е чисто механичко задржување на колоидните и покрупните честички во почвата и зависи од карактерот на порозноста. Глинестите почви што содржат поситни пори имаат посилено изразена механичка сорпција.

Механичката сорпција може да има позитивно, но и негативно влијание врз некои физички, хемиски и биолошки својства, како и врз плодноста на почвата. Таа има големо значење за влажните области каде што природното промивање на глината е поинтензивно. Со механичка сорпција се задржува глинестата фракција и се намалува водопропустливоста. Но, до колку дојде до целосно затнување на порите со глина, тоа предизвикува влошување на водно-физичките својства на почвата.

Врз принципот механичка сорпција, со преместување на глинести честички од хоризонтите А и Е и нивно задржување, се образува илувијалниот Bt-хоризонт кај лесивираниите почви.

2. *Физичка сорпција*

Под физичка сорпција се подразбира задржувањето на цели молекули од гасови или молекули од растворливи соединенија, како и некои микроорганизми под влијание на слободната површинска енергија на најситните честички на почвата, во прв ред на колоидите.

Физичката сорпција се разликува од супституционата и хемиската сорпција. Од првата се разликува по тоа што во неа не дејствуваат електростатички сили, туку привлечните површински енергии, потоа што не се атсорбираат јони, туку цели молекули и што замената не се врши во еквивалентни количества. Од втората се разликува по тоа што не се вршат никакви хемиски реакции, туку се менува само концентрацијата.

Бидејќи физичката сорпција е резултат на молекулски дисперзии на неелектролитите привлечени под влијание на површински енергии, уште се вика аполарна или молекулска атсорпција.

Со физичката атсорпција се сорбираат разни гасови, како: O_2 , CO_2 , N_2 , NH_3 , водена пара и др. Различни гасови се атсорбираат со различен интензитет, што зависи од природата и својствата на гасот. Во однос на способноста за сорпција на гасовите, одејќи

од тие што најслабо се сорбираат кон најсилно сорбираните, редоследот изгледа вака:



Овој редослед покажува дека најслабо се сорбира азот, а најсилно водената пара. Сорпцијата на NH_3 има практично значење бидејќи овој гас содржи азот и со тоа се оневозможува негова загуба од почвата. Молекулите на водената пара силно се привлекуваат од колоидните честички и ја образуваат хигроскопната влага. При испарувањето на водените обвивки, во отсуство на капиларна вода, почвениот воздух се заситува со водена пара и тоа позитивно влијае врз растот и развојот на растенијата, како и на активноста на микроорганизмите во почвата.

Хумусните материи и хидратисаните сесквиоксиди на Fe ги атсорбираат гасовите многу посилено во споредба со честичките со друг хемиски состав.

Атсорпцијата на гасови се врши кога е почвата сува. Таа се состои од згуснување и концентрирање на гасовите во тенка обвивка околу колоидната честичка. Експериментално, атсорпцијата на гасовите се докажува со наголемување на масата на атсорбентот, а намалување на притисокот на гасовите и со ослободување на топлина.

Исто така, атсорпцијата на гасови зависи од притисокот и температурата. До колку е поголем притисокот на гасот, до толку тој побрзо се атсорбира, а при поголема температура, атсорпцијата намалува.

Атсорпцијата на гасови е спротивна на атсорпцијата на течности (влажење) и помеѓу нив постои антагонизам.

Од поголемо значење е атсорпцијата на цели молекули од почвениот раствор. Почвените колоиди заедно со почвениот раствор претставуваат дисперзен систем. Силите на површинската енергија се јавуваат на допирната површина помеѓу цврстата фаза (почвените колоиди) и почвениот раствор. Според физичките закони, дисперзниот систем делува во насока да се намали напонот на површинските сили, при што околу самите честички во почвениот раствор во поголема концентрација се јавуваат оние материи, што го намалуваат тој напон (позитивна физичка сорпција), а во помала концентрација оние материи што го наголемуваат површинскиот напон (негативна физичка сорпција).

Негативна физичка атсорпција имаат нитратите и хлоридите. За нитратите тоа е непожелно, бидејќи се значајни за исхраната на растенијата, а за хлоридите е позитивно.

Значењето на оваа атсорпција се состои во задржување на молекулите на хранливите елементи во поголема концентрација околу честичките на почвата со што се намалува опасноста од нивно промивање.

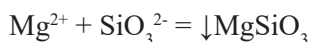
3. Хемиска сорпција

Хемиската атсорпција се врши со хемиски реакции, при што соединенијата во почвата минуваат од растворлива во нерастворлива форма и се задржуваат. Со оваа атсорпција се образуваат слабо или потешко растворливи соединенија што се таложат од почвениот раствор и влегуваат во составот на цврстата фаза на почвата и на тој начин се оневозможува нивното промивање од почвата.

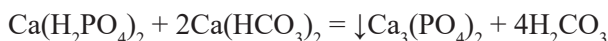
При хемиската атсорпција најголемо значење имаат следниве катјони и анјони: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , CO_3^{2-} , SiO_3^{2-} , OH^- , PO_4^{3-} , и поретко SO_4^{2-} .

Хемиската атсорпција може да се објасни преку неколку примери на меѓусебни реакции на две соединенија или јони и со реакција меѓу растворливите соединенија од почвениот раствор и атсорбираните јони, при што се добиваат нерастворливи соединенија:

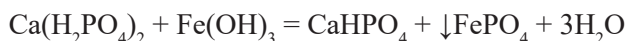
1. Образување на тешко растворлива сол (MgSiO_3) како резултат на реакција меѓу слободните јони во почвениот раствор;



2. Образување на нерастворлив трикалциум фосфат $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ во карбонатни почви, при употреба на суперфосфат во кој има растворлив монокалциум фосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$;

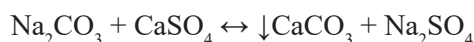


3. Образување на нерастворлив FePO_4 во кисели почви, при употреба на суперфосфат во кој има растворлив монокалциум фосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$;

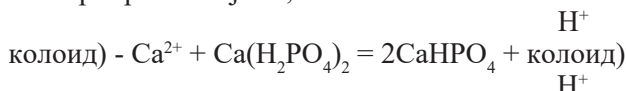


Во процесите 2 и 3 доаѓа до ретроградација на фосфатите.

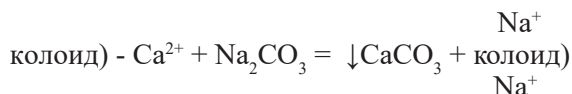
4. Примена на хемиски мелиорации (гипсирање) каде што растворливиот Na_2CO_3 минува во нерастворлив CaCO_3 ;



5. Образување на CaHPO_4 како резултат на реакција меѓу некои анјони од почвениот раствор и некои адсорбирани катјони;



6. Салинизација на почвите каде што растворливиот Na_2CO_3 , минува во нерастворлив CaCO_3 .



Сите соединенија во почвата, во зависност од интензитетот на хемиската адсорпција, се делат во 3 групи: соединенија што хемиски не се адсорбираат, бидејќи не можат да минат во нерастворлива форма (нитрати, нитрити и хлориди), соединенија што средно се адсорбираат (сулфати) и соединенија што силно хемиски се адсорбираат (фосфати, карбонати и силикати).

Хемиската адсорпција има големо значење за исхраната на растенијата и за ѓубрењето. Некои елементи и покрај тоа што може да се наоѓаат во доволни количества во почвата, поради оваа адсорпција извесен период може да се најдат во достапна форма за растенијата. Ретроградацијата на фосфатите е типичен пример за тоа како тие лесно можат да минат во нерастворлива, достапна форма за растенијата. Иако таа во прв момент може да биде штетна, при мелиоративното ѓубрење со фосфорни ѓубрива (додавање на големи количества без опасност од промивање), таа е корисна, бидејќи подоцна со разни процеси во почвата (дејствување на H_2CO_3), нерастворливите фосфати минуваат во растворлива достапна форма за растенијата.

За поефикасна употреба на фосфорните ѓубрива, најдобро е да се применуваат во форма на гранули, бидејќи на тој начин анјонот на фосфорната киселина може подолг период да се прима од коренот на растенијата.

За разлика од фосфорните, со азотните ѓубрива не може да се врши мелиоративно ѓубрење, бидејќи хемиски не се сорбираат. Ова, заедно со негативната физичка адсорпција укажуваат дека нитратите треба да се применуваат почесто во помали дози (пред сеидба и за прихранување во текот на вегетацијата) за да се намали опасноста од нивно

промивање и загадување на подземните води. Од истите причини, нитратите не можат да се употребуваат и во услови на интензивно наводнување (во оризишта, на пример).

4. Биолошка сорпција

За биолошката сорпција пишува Гедројц уште во 1929 година. Според него, таа претставува земање на разни растворени материи од почвениот раствор од страна на растенијата во текот на нивниот животен циклус.

Во денешно време под биолошката сорпција се подразбира земање на растворливите минерални хранливи материи од почвата од страна на живите организми (корењата на растенијата, микроорганизмите) и нивно трансформирање во нерастворливи органски материи.

Растенијата, јоните ги земаат од почвениот раствор, од дифузниот слој на колоидната мицела, од површината на кристалната решетка на минералите, како и материи во форма на гасови: NH_3 , SO_2 , N_2 и CO_2 . Апсорбираните материи, растенијата ги користат за исхрана во текот на нивниот раст и развој, создавајќи прости и сложени органски соединенија. Со нивно изумирање, преку растителните отпадоци и нивна трансформација и образување хумус и негова минерализација се ослободуваат биогени елементи. Биолошката сорпција претставува дел од малото биолошко кружно движење на материите.

Биолошката атсорпција се карактеризира со појава на селективност, бидејќи растенијата и микроорганизмите ги апсорбираат оние минерални материи од почвата што се неопходни за нивна исхрана.

Биолошката сорпција на хранливите елементи (C, N, P, K, S, Ca, Mg и др.) има големо позитивно значење за плодноста на почвата, посебно кај почвите сиромашни со глина во услови на влажна клима, каде што другите видови на атсорпција се многу слабо изразени. Силната водопропустливост кај овие почви со едновремената сорпција на материите во телата на организмите, а подоцна и нивна акумулација во хумусни материи во хумусниот хоризонт, ја намалува нивната мобилност и опасноста од промивање во подлабоките хоризонти на почвата и во подземните води.

Со биолошката сорпција се објаснува акумулацијата на хумус и образувањето на хумусно-акумулативниот хоризонт, како и посилената акумулација на биогени елементи во површинскиот дел на почвата, т.е. оној дел што е најзначаен за одгледување на културните растенија.

15. ХЕМИСКИ СВОЈСТВА НА ПОЧВАТА

Да се потсетиме дека почвата претставува систем во кој влегуваат три фази: цврста, течна и гасовита фаза.

Во продолжение на текстот се објаснети хемиските својства на цврстата и течната фаза на почвата (киселост, алкалност, пуферност, оксидно-редукциски потенцијал, како и концентрацијата, составот на макро и микроелементите и нивната достапност за растенијата).

Цврстата фаза на почвата е составена од минерални и органски материи (минерални и органски колоиди), а течната фаза се состои од вода и од растворените материи во неа (почвен раствор). Растворените материи, почвениот раствор ги добива на два начина: од атмосферата и од другите фази на почвата.

Самите врнежи не претставуваат хемиски чиста вода. Минувајќи низ атмосферата, тие раствораат разни гасови: NH_3 , CO_2 , O_2 , N_2 и др. Некои од гасовите, како што се оксидите на сулфур и на азот (SO_2 , SO_3 , NO , NO_2 , N_2O), посебно во индустриските и урбаните средини можат да се најдат во зголемена концентрација во воздухот, како резултат на димните гасови што се ослободуваат при согорување на нафтата, јагленот и другите фосилни горива во топланите, фабриките, индустриските постројки (металургиска, хемиска и керамичка индустрија), од домаќинствата, моторните возила и друго.

Во атмосферските слоеви, азотните и сулфурните оксиди под влијание на ултравиолетовата радијација и водените пари преминуваат во киселини (HNO_2 , HNO_3 , H_2SO_3 и H_2SO_4) и се формираат кисели дождови со рН 4,5 до 5,6.

Но, количеството на материи што доаѓаат од атмосферата е минимално во споредба со растворените материи (минерални и органски, како и гасови) што доаѓаат во почвениот раствор од самата почва (цврста и гасовита фаза).

Некои автори, улогата на почвениот раствор ја споредуваат со улогата на крвта која тече низ телото на животните и луѓето. Почвениот раствор претставува една од најподвижните, најизменливите и најактивните компоненти во почвата. Во него се одвиваат скоро сите процеси што се одвиваат во почвата: физички, физичко-хемиски и биохемиски процеси, кружното движење на материите и друго. Па затоа, почвениот раствор е од особено значење за достапноста и апсорпцијата на хранливите елементи за растенијата, за активноста на микроорганизмите, и за преземање на разни агротехнички и мелиоративни мерки во земјоделското производство.

15.1. Видови на киселост и алкалност на почвата

Киселост на почвата

Киселоста (ацидификацијата) на почвата е резултат на адсорбираните H^+ -јони, а дел и од Al^{3+} и Fe^{3+} -јоните. Водородните јони се образуваат со дисоцијација на молекулите вода, на разни прости органски и неоргански киселини, како и со дисоцијација на хидролитичките кисели соли (AlCl_3 , FeSO_4 и др.).

Меѓу најважните извори на H^+ -јони во почвата е H_2CO_3 која постојано се образува на сметка на CO_2 од почвениот воздух и почвениот раствор, а доаѓа во почвата и преку атмосферските врнежи, потоа простите органски и хумусни киселини, кои исто така постојано се образуваат при трансформација на органските отпадоци од растенијата и животните. Некои прости органски киселини се излачуваат и од коренот на растенијата.

Покрај H_2CO_3 и органските киселини, во почвата во помала или поголема количина се образуваат силни неоргански киселини (HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4) со минерализација

на органските материи што содржат N, S и P, со трансформација на разни минерални соединенија (NH_4 соли, сулфиди и др.) во почвата, како и со внесување на минералните ѓубрива и со киселите дождови.

Најголемиот дел од дисоцираните водородни јони се атсорбираат од почвените колоиди, при еквивалентната десорпција на базичните катјони. Кога нема доволно базични катјони потребни за нивна неутрализација, доаѓа до акумулација на слободните H^+ -јони, а со тоа и до закиселување (ацидификација) на почвата.

Степенот на ацидификација на почвата зависи од повеќе педогенетски фактори, меѓу кои: клима, супстрат, релјеф, вегетација и активност на човекот.

Почвите образувани во услови на хумидна клима, врз кисели супстрати, во негативните и рамни релјефски форми, посилно се влажат, при што доаѓа до интензивно промивање на продуктите од распаѓањето на минералите и дел од базите, посебно ако се добро водопропустливи, и како резултат на сето тоа се наголемува содржината на атсорбираните H^+ -јони и ацидификацијата на почвата.

Вегетацијата (растенијата) делуваат непосредно на наголемување на H^+ -јони со земање на потребните базични катјони од почвениот раствор или од дифузниот слој на колоидната мицела, на сметка на H^+ -јони, и посредно преку образувањето на H_2CO_3 и хумусните киселини.

Обично вегетацијата укажува комбинирано влијание со климата. Па така, во повлажните и постудени области се јавува четинарска вегетација, чии отпадоци се сиромашни со базични јони и со разложување даваат фулво киселини со изразито кисел карактер, при што ја закиселуваат почвата. Отпадоците од тревната вегетација содржат повеќе базични катјони и со разложување даваат хумински киселини што не предизвикуваат закиселување и на тој начин таа им се спротивставува на промивањето на материите во почвата, вклучително и на базичните јони.

Антропогениот фактор може да влијае врз наголемување на H^+ -јоните и намалување на базичните катјони преку ѓубрењето. Ова се случува во услови кога не се надополнуваат изнесените базични катјони искористени од страна на растенијата и што секоја година се намалуваат во почвата со жетвата (приносот) на културите. Исто така, внесувањето на големи количини на физиолошки кисели ѓубрива придонесува за ацидификација на почвата.

Потенцијална киселост на цврстата фаза на почвата

Оваа киселост на почвата се вика потенцијална бидејќи атсорбираните киселински јони од почвениот атсорптивен комплекс може да поминат во растворот и на тој начин секогаш да претставуваат потенцијален извор за киселост на почвата.

Потенцијалната киселост не го покажува своето негативно влијание во почвата сè до оној момент додека не премине во активна киселост, со десорпција на H^+ и Al^{3+} -јоните од слојот на противјоните на колоидната мицела при еквивалентна атсорпција со други катјони од почвениот раствор.

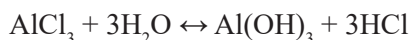
Во покиселите почви, дел од потенцијалната киселост ја прават атсорбираните Al^{3+} -јони. Тие по десорпцијата и замената со базични катјони од хидролитичките неутрални соли (K_2SO_4 , KCl) минуваат во почвениот раствор и со анјоните на тие соли образуваат хидролитички кисели соли (AlCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Со хидролиза на овие соли се регенерираат соодветни минерални киселини (HCl , H_2SO_4), и со нивна дисоцијација се наголемува концентрацијата на H^+ -јони во почвениот раствор.

Потенцијалната киселост се дели на *супституциона* и *хидролитичка* киселост. Кај супституционата, киселинските катјони се наоѓаат во дифузниот слој на колоидната мицела и се послабо сврзани, а кај хидролитичката во внатрешниот атсорптивен слој, каде што се силно сврзани.

Супституционата киселост претставува мал дел од потенцијалната киселост, при што слабо сврзаните киселински катјони H^+ и Al^{3+} лесно се десорбираат и заменуваат со базични катјони на неутрални соли, како што е KCl .



Во оваа реакција на размена на катјони, образуваната хидролитичка кисела сол AlCl_3 со хидролиза се разлага на:



Со хидролиза на AlCl_3 се добива слаба база $\text{Al}(\text{OH})_3$ и силна киселина HCl , со чија дисоцијација се наголемува содржината на H^+ -јони во почвениот раствор.

Супституционата киселост се одредува со третирање на почвата со 1 М раствор на неутрална сол KCl со рН 6. Нејзината големина најчесто се изразува во рН-единици и се означува како рН во KCl , поретко во cmol/kg почва. Може да се одредува и со раствор од CaCl_2 со различна моларност. Нејзините вредности најчесто се за околу една единица пониски од активната киселост на почвата (рН во H_2O).

Супституционата киселост посебно доаѓа до израз при губрење на почвата со поголеми дози на хидролитички неутрални соли, како што се K_2SO_4 и KCl . Во педолошката литературата се означува и како „физиолошки активна“ киселост на почвата. Таа влијае врз растот и развојот на растенијата и дава слика за киселоста (ацидификација) на почвата.

Scheffer и Schachtschabel, врз основа на вредностите за супституционата киселост, ја одредуваат реакцијата на почвата (табела 25).

Табела 24. Реакција на почвата според Шефер и Шахтшабел

рН во KCl	Ознака на реакцијата	рН во KCl	Ознака на реакцијата
< 4,0	многу силно кисела	7,1 - 8,0	слабо алкална
4,0 - 4,9	силно кисела	8,1 - 9,0	умерено алкална
5,0 - 5,9	умерено кисела	9,1 - 10,0	силно алкална
6,0 - 6,9	слабо кисела	> 10,0	многу силно алкална
7,0	неутрална		

Хидролитичката киселост се одредува со третирање на почвата со 1 М раствор на Ca (или Na) ацетат со рН 8,2 и потоа со титрација со 0,1 М раствор на NaOH на добиениот екстракт. Овој екстракт претставува образуван CH_3COOH при замена на адсорбираните H^+ -јони со јоните на Ca^{2+} (или Na^+) од ацетатот. Се изразува во cmol/kg почва.

Вредностите на оваа киселост варираат и се движат од 2 до 3 cmol/kg кај почвите со неутрална реакција, па до 20 cmol/kg во силно киселите и деструктивни почви.

Врз основа на вредностите добиени за хидролитичката киселост на почвата се определуваат потребните количини на вар за калцизација на киселите почви.

Супституционата, хидролитичката и активната киселост немаат исто негативно влијание врз процесите, својствата и плодноста на почвата.

Како резултат на слабата мобилност на H^+ -јоните, хидролитичката киселост не претставува опасност за почвата и растенијата. Спротивно на неа, активната киселост, посебно ако е концентрацијата на H^+ -јони висока во растворот, влијае многу штетно

не само врз почвата, туку и врз фауната, микрофлората и врз растот и развојот на растенијата.

Интересно е да се знае дека во вкупната сума на адсорбирани H^+ -јони, учеството на хидролитичката киселост е најголемо, а активната е најмала. Исто така, при образувањето на сите видови киселост, постои некој редослед. Хидролитичката киселост се образува прва, а активната е последна. Супституционата киселост, според своите карактеристики и значење, е на средина помеѓу претходните две.

Алкалност на почвата

Алкалноста на почвата е резултат на преовладување на OH^- -јоните над H^+ -јоните во почвениот раствор. Посредно влијание како фактори за алкалност на почвата имаат хидролитичките алаклни соли – карбонати и силикати на алкалните елементи, дел $CaCO_3$, но најмногу Na_2CO_3 , како и адсорбираните Na^+ -јони. Нивното присуство и хидролиза во почвата, како и поголемата хидролиза на молекулите вода, предизвикуваат наголемување на OH^- -јоните во почвениот раствор.

Слично како киселоста на почвата, и тука се разликуваат два типа алкалност на почвата: *потенцијална* и *активна*.

Потенцијална алкалност на цврстата фаза на почвата

Оваа алкалност се јавува во почвите каде што има присуство на адсорбирани Na^+ -јони над 5 % од капацитетот на адсорпција Т. Во таквите почви, како резултат на меѓусебните реакции со H_2CO_3 , доаѓа до замена на адсорбираните Na^+ -јони со H^+ -јоните од H_2CO_3 , и се образува сода Na_2CO_3 . Или може како резултат на меѓусебните реакции со Са и Mg-карбонатите да дојде до замена на адсорбираните Na^+ -јони со Ca^{2+} и Mg^{2+} -јоните од карбонатите и да се образува $NaHCO_3$.

Со хидролиза на содата, во почвениот раствор се наголемува присуството на OH^- -јони, што предизвикуваат алкалност.

Големината на потенцијалната алкалност на почвата се изразува во стол адсорбирани Na^+ -јони на 1 kg почва.

Активна киселост и базичност на почвениот раствор

Активната киселост или базичност претставува реакција на течната фаза на почвата (почвен раствор).

Реакцијата на почвениот раствор може да биде: кисела, неутрална и базична и зависи од содржината на активните кисели (H^+) и базични јони (OH^-) во почвениот раствор.

Под реакција на почвата се подразбира односот меѓу концентрацијата на водородните (H^+) и хидроксилните (OH^-) јони. Ако е нивната концентрација еднаква, тогаш реакцијата на почвениот раствор е неутрална. Ако е концентрацијата на H^+ -јони поголема, реакцијата е кисела, а ако е концентрацијата на OH^- -јони поголема, реакцијата е базична. Па така, во зависност од тоа се говори за киселост односно базичност на почвениот раствор.

Реакцијата на почвениот раствор се означува со симболот рН или рОН и квантитативно се изразува во рН-единици кои претставуваат негативен логаритам од концентрацијата на H^+ -јони во грам еквивалент на литар раствор. При тоа, ако почвите имаат рН = 7 се неутрални, под 7 се кисели и над 7 се базични (алкални).

На терен или во лабораторија, реакцијата на почвениот раствор се мери со инструмент рН-метар (слика 139).



Слика 139. Мерење на реакцијата на почвениот раствор

Тука треба да се направи разлика. Кога се мери рН на почвениот раствор, всушност се определува концентрацијата на слободните H^+ и OH^- -јони во почвениот раствор (активна или актуелна киселост или активна алкалност), за разлика од потенцијалната (резервна) киселост или потенцијалната алкалност што е одраз на атсорбираните H^+ - и OH^- -јони во почвениот атсорптивен комплекс.



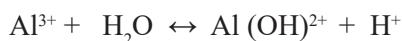
Слика 140. Потенцијална (резервна) и активна киселост на почвата

Која е причината за киселост на почвениот раствор ?

Главен извор на слободните H^+ -јони во почвениот раствор се атсорбираните киселински катјони (H^+ и Al^{3+}).



Во силно кисели почви атсорбираните Al^{3+} -јони се постојан извор на H^+ -јони во почвениот раствор. Во нив, алуминиумовите соли се раствораат и даваат Al^{3+} -јони, кои се атсорбираат. При минување на овие атсорбирани Al^{3+} -јони во почвениот раствор, тие се хидролизираат и даваат еден комплексен катјон со позитивен полнеж наречен хидроксисалуминиум $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ и водородни јони:



Постојат различни критериуми за поделба на рН-реакцијата, но често се користи општата поделба на основа рН во pKCl или (MKCl) :

» силно кисела почва	< 4,5
» кисела почва	4,5 - 5,5
» слабо кисела почва	5,5 - 6,5
» неутрална почва	6,5 - 7,2
» базична или алкална почва	> 7,2

Во САД поделбата на почвите во 10 класи е направена врз основа на вредностите на рН во H_2O :

1. екстремно кисели	< 4,5	6. неутрални	6,6 - 7,3
2. многу силно кисели	4,6 - 5,0	7. слабо алкални	7,4 - 7,8
3. силно кисели	5,1 - 5,5	8. умерено алкални	7,9 - 8,4
4. умерено кисели	5,6 - 6,0	9. силно алкални	8,5 - 9,0
5. слабо кисели	6,1 - 6,5	10. многу силно алкални	> 9,1

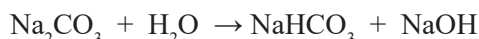
Која е причината за базичност на почвениот раствор ?



Како главен извор на OH^- -јони во почвениот раствор се, исто така, адсорбираните јони, но во овој случај адсорбираните базични јони Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ и Na^+ .

Во дадениот случај, добиената $Ca(OH)_2$ е слаба база, таа останува повеќе во вид на цели молекули и малку дисоцира на Ca^{2+} и OH^- -јони. Затоа почвата не може да стане силно базична од адсорбираните Ca^{2+} -јони.

Но, не е исто со адсорбираните Na^+ -јони. Образуваната $NaOH$ е силна база, која веднаш дисоцира на Na^+ и OH^- -јони.



Силно алкална реакција е карактеристична за солениите (халоморфни) почви, особено за оние што содржат многу Na_2CO_3 . Во услови на аридна клима и солени седименти, водата ги раствора солите и по капиларен пат (асцендентно) доаѓа до површината и испарува, а солите се акумулираат во почвата и предизвикуваат силна базичност. Кај овие почви рН изнесува од 8,5 до 11,5. Таквите почви се неплодни, со влошени водно-физичките својства, структура и со зголемена миграција на колоидите.

До засолување и алкализација на почвите може да дојде и со употреба на големи количини на минерални ѓубрива, наводнување со вода што содржи преголема количина на соли или со отпадна вода од различно потекло. Поголемото присуство на водорастворливи соли кај почвите најчесто се јавува во заштитени простори (оранжерии, пластеници, стакленици и слично). Тоа негативно влијае врз растот и развојот на растенијата бидејќи се јавува недостаток на вода, токсичност на јони (прекумерно навлегување на Cl^- и Na^+), како и нарушување во примањето и транспортот на хранливи материи.

Концентрацијата на вкупните растворливи соли (анг. TDS - Total Dissolved Solids) или степенот на засоленост на почвата се утврдува со мерење на (електричната) спроводливост (анг. EC - Electrical Conductivity) на почвата, а може да се претстави и емпириски:

$$TDS (mg/L^{-1}) = EC (mS/cm^{-1}) \times 640$$



Слика 141. Влијание на ЕС-вредноста

Електричната спроводливост (ЕС) на почвата е параметар што се користи за изразување на соленоста на почвата и се одредува со мерење на електричниот отпор помеѓу две електроди во раствор на почва или воден екстракт од почва. Електричната спроводливост на почвата е всушност реципрочна вредност на отпорот на единица должина и се изразува во mS/cm^{-1} (или dS/m^{-1}). Повисоките вредности на електричната спроводливост укажуваат на зголемена концентрација на соли, односно катјони и/или анјони во растворот на почвата.

Со мерење на електричната спроводливост се проценува вкупната минерализација на почвата што е резултат на моменталната состојба на слободните јони, односно растворливите соли во почвата. Концентрацијата на соли во почвениот раствор зависи од многу фактори, а во ретки случаи може да биде зголемена и од прекумерно губрење.

Почвите можат да се класифицираат според видот и количината на соли (табела 25).

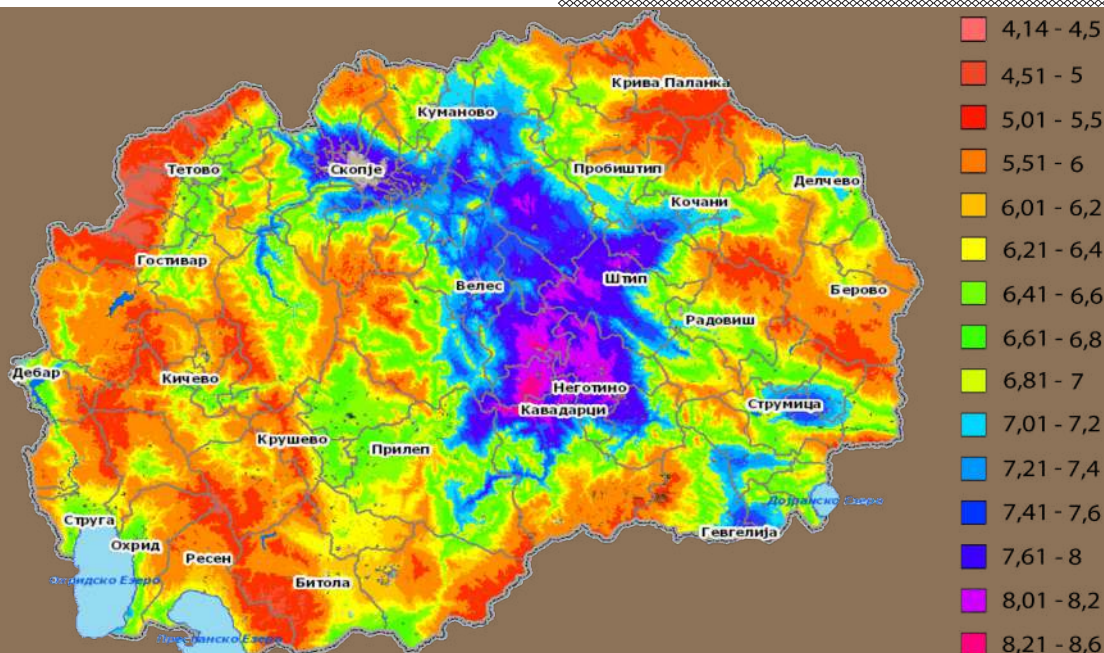
Табела 25. Карактеристики на засолени и алкализирани почви

Почва	Проводливост mS/cm	Атсорбиран Na %	pH	Структура
засолена	> 4	< 15	< 8,5	флокулација
засолено-алкална	> 4	> 15	< 8,5	флокулација
незасолена-алкална	< 4	> 15	> 8,5	дисперзија

Прекумерната концентрација на вкупни водорастворливи соли во почвата претставува главен ограничувачки фактор во земјоделското производство, особено во сушните (аридните) и полусушните (семиаридните) области. Кај нас овој проблем е присутен на поширока област во реонот на Овчеполската, Пелагониската и Струмичката Котлина, и дел од Скопската Котлина (Петровец), како и на сите оние места каде што се појавуваат засолени алкализирани почви.

Од презентираното е јасно дека атсорбираните катјони се тие што влијаат врз реакцијата на почвениот раствор.

Почвите во кои преовладуваат атсорбираните H^+ и Al^{3+} -јони се кисели, ако преовладуваат атсорбираните Ca^{2+} и Mg^{2+} -јони се неутрални и со преовладување на атсорбирани Na^+ -јони се базични (алкални).



Слика 142. Реакција (pH во H_2O) на почвите во Р Македонија
(звор: MASIS, Педолошка карта на Р Македонија)

15.1.1. Значењето на реакцијата на почвата

Познавањето на реакцијата на почвата е многу значајно својство бидејќи влијае врз многу физичко-хемиски процеси во почвата, како и врз животните функции на флората и фауната. Реакцијата на почвата е индикатор на хемиската состојба на почвата. Таа е значајна и за примената на некои агротехнички и мелиоративни мерки.

Исто така, вредностите на реакцијата на почвата се индикатор за составот на адсорбираните јони во почвениот адсорптивен комплекс и затоа треба да се обрне внимание на следново:

pH во H_2O	Состојба во почвата
$< 4,5 \rightarrow$	Покажува заситеност на почвата со H^+ и Al^{3+} -јони, при што содржината на бази во адсорптивниот комплекс е незначителна. Оваа реакција е ретка во природата. Карактеристична е за некои тресетни почви.
$4,5 - 5,8 \rightarrow$	Степенот на заситеност со бази е многу низок. Во адсорптивниот комплекс на почвата има значително количество адсорбирани Al^{3+} -јони, при што мобилните (лесно растворливи) Al^{3+} -јони се токсични за растенијата. Во овие услови, токсично дејство имаат уште и железо, манган, цинк и кобалт.
$5,9 - 6,5 \rightarrow$	Степенот на заситеност со бази изнесува приближно 70 до 90 %, а киселоста доаѓа од хидроксидалуминиумовите катјони и од водородните јони, дисоцирани од реактивните групи на хумусните материи.
$6,6 - 8,0 \rightarrow$	Почвата е скоро целосно заситена со бази, нема слободен $CaCO_3$ или се наоѓа заштитен во структурните агрегати и има ограничена дифузија.
$8,1 - 8,5 \rightarrow$	Адсорптивниот комплекс е целосно заситен со Ca^{2+} и Mg^{2+} -јони и има присуство на слободен $CaCO_3$, како и некои неутрални растворливи соли.
$8,6 - 9,0 \rightarrow$	Покажува присуство на голема количина на адсорбирани Na^+ -јони, а во растворот се јавува и Na_2CO_3 .
$> 9,0 \rightarrow$	Знак за многу лоши физички својства предизвикани од голема содржина на адсорбирани Na^+ -јони.

Многубројни истражувања потврдуваат дека директното влијание врз киселоста на почвата не е од толку големо значење како што е индиректното влијание (влошување на физичките својства, промивање на хранливите материи, достапност или токсичност на некои елементи и др.).

Реакцијата влијае врз растенијата и микроорганизмите во почвата. Растенијата полесно поднесуваат кисела реакција во однос на базична. На пример, во кисели почви, каде што pH е 3,5, растенијата сè уште растат, но во алкални почви при pH над 9, растенијата не можат да растат. Во почвите со висока алкална реакција доаѓа до инактивација на сите микроелементи, освен молибден. Може да опстојат само некои халофитни растенија. Сепак, повеќето растенија и микроорганизми претпочитаат неутрална до слабо кисела реакција.

Во зависност од реакцијата што ја претпочитаат, растенијата се делат на: *ацидофилни, неутрофилни и базидофилни.*

Табела 26. Оптимални граници на pH кај одредени култури

Култура	pH	Култура	pH
Пченица	6,5 - 7,5	Морков	5,0 - 7,0
Пченка	6,5 - 7,5	Грав	6,0 - 7,0
Јачмен	6,0 - 7,5	Малина	5,6 - 6,5
Овес и 'рж	5,0 - 7,0	Рибизла, аронија	6,0 - 7,0
Сончоглед	6,0 - 7,0	Јагода	5,0 - 6,0
Компир	5,0 - 6,5	Јаболко	5,7 - 8,2
Тутун	6,0 - 7,0	Праска	6,0 - 7,2
Домат	6,0 - 6,5	Цреша, вишна, рибизла	6,2 - 8,2
Пиперка	6,5 - 7,5	Винова лоза	5,5 - 7,2
Краставица	6,4 - 7,0	Орев	6,7 - 7,3
Зелка	6,7 - 7,4	Лешник	5,0 - 8,0
Салата	6,0 - 6,5	Бадем	6,5 - 7,5

Бројот на бактериите се намалува при кисела pH. За нитрификација и азотофиксација, оптимална е неутрална реакција. Многу симбиотски бактерии што живеат на корените на луцерката не поднесуваат кисела реакција. Но, некои други симбиотски бактерии, како тие што живеат на корените на лупина (*Lupinus sativus*), може да поднесат и кисела реакција. Габите успеваат добро и во кисела и базична реакција, но повеќе сакаат кисела реакција во која не се конкуренти со бактериите.

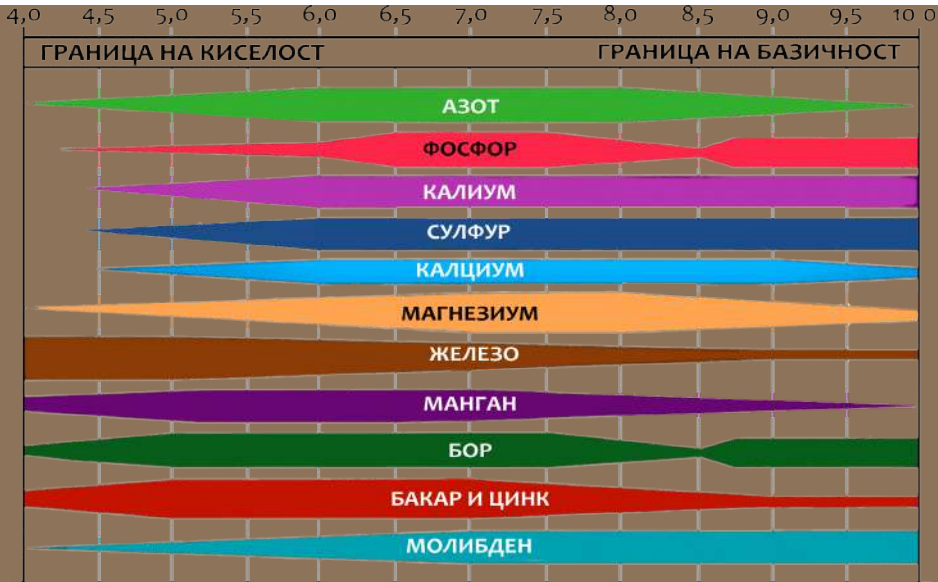
Реакцијата едновременно е и индикатор на достапност и токсичност на хранливите материи. Некои од макро и микроелементите се достапни, или токсични во зависност од реакцијата на почвениот раствор (слика 143).

Растворливоста, а со тоа и достапноста на фосфорните и молибденовите соединенија е ниска при кисела реакција на почвата, бидејќи во такви услови има значителни количества на растворливи железо (Fe) и алуминиум (Al) што образуваат нерастворливи Fe- и Al-фосфати. Исто така, поради намалена нитрификација, во киселите почви има малку нитрати, а во екстремно киселите почви, бидејќи нема адсорбирани Ca и Mg, може да се почувствува и нивен недостиг.

Силно киселата реакција (pH под 5,5), може да предизвика и присуство на токсични количества Fe, Mn и Al, како и на Zn, Co, Cu. Алуминиумот се ослободува од структурата на глинените минерали, достигнува висока концентрација во почвениот

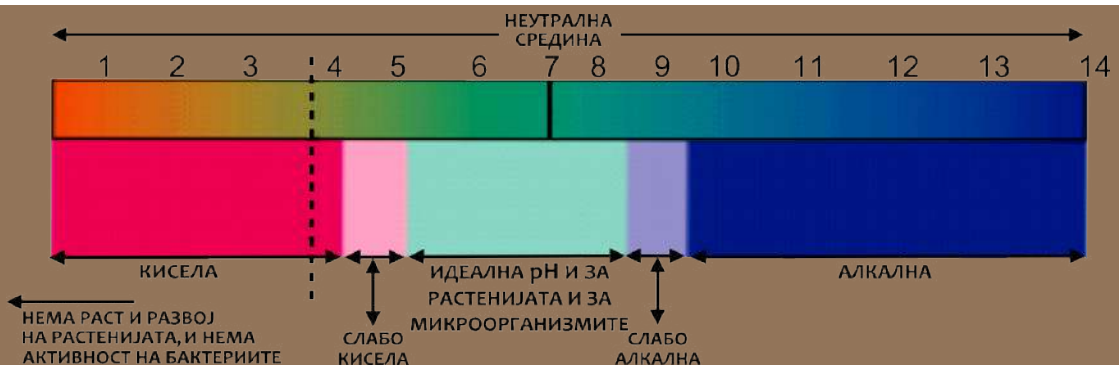
раствор и се апсорбира во почвениот апсорптивен комплекс. Алуминиумската токсичност силно влијае врз растењето на коренот и го оневозможува земањето на калциум и магнезиум. Во такви услови намалува растењето на коренот, тој е плиток и неразгранет. Алуминиумската токсичност го зголемува и водениот стрес за време на сушни периоди поради слабиот раст на коренот.

Во базична реакција, овие микроелементи (Fe, Mn, Zn, Co, Cu) се јавуваат во недостапна форма и се јавува нивен недостиг во исхраната на растенијата. Во карбонатни почви често се јавува недостиг на бор и на фосфати како резултат на формирање на нерастворлив $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Кога станува збор за фосфор, за растенијата е најдостапен во речиси неутрална реакција на почвениот раствор.



Слика 143. Достапност и недостапност на хранливите елементи во зависност од pH на почвата

Најдобра растворливост повеќето биогени елементи покажуваат при pH околу 6,5. Тоа е најдобра реакција и за растенијата и за микроорганизмите (слика 144).



Слика 144. Реакција на почвениот раствор (pH во H_2O)

Во земјоделското производство постојат мерки со кои може да се промени, односно поправи реакцијата на почвата. Има случаи и кога тоа не е можно, односно економски е неоправдано. Во таков случај се прави соодветен избор на културни растенија и

соодветно ѓубрење. Ова второто е многу важно затоа што реакцијата на почвата може да се влоши со погрешен избор на минерални ѓубрива. На пример, со долготрајно ѓубрење со големи количества NH_4 -ѓубрива на кисели песокливи почви, реакцијата може уште повеќе да се закисели.

Наводнувањето со некавалитетни води (отпадни кисели води, води богати со Na -соли), исто така може да предизвика негативни ефекти.

Во сите други случаи киселите почви се неутрализираат со калцизација (додавање на карбонатен материјал), а базичните почви со гипсирање (додавање гипс).

Потребата за примена на калцизација се определува врз основа на степенот на заситеност со атсорбирани катјони ($\text{V} \%$) и големината на хидролитичката киселост на почвата.

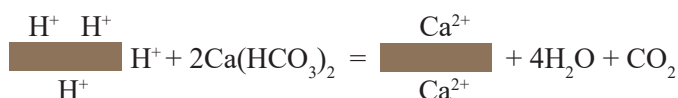
Во некои земји (пример во Русија), при определување на потребата за калцизација се користат следниве показатели:

Вредност ($\text{V} \%$)	pH во KCl	Потреба за калцизација
< 50	< 4,5	голема
50 - 70	4,5 - 5,0	умерена
70 - 80	5,1 - 5,5	мала
> 80	> 5,5	нема потреба

Пресметувањето на карбонатниот материјал (природно иситнети варовници и доломити, негасена и гасена вар, лапорести материјали, лес, карбонатни песоци, сатурациона мил), односно CaCO_3 за калцизација на 1 ha површина се прави врз основа на хидролитичката киселост. При тоа, се применува принципот на неутрализација на 1 cmol/kg H^+ со 1 cmol/kg CaCO_3 , што изнесува 50 mg CaCO_3 на секој cmol/kg H^+ -јони во почвата.

При внесување на било кое од овие средства за калцизација, доаѓа до еквивалентна супституција на киселинските катјони атсорбирани на површината од колоидните честички со Ca^{2+} -јоните од внесеното средство.

Пример:



Со калцизација се постигнува следново:

- ✓ доаѓа до неутрализација на киселоста,
- ✓ се наголемува количината достапен Ca за растенијата,
- ✓ се зголемува мобилизацијата на фосфор во почвата од нерастворливите железни фосфати,
- ✓ се подобрува микробиолошката активност во почвата и микробиолошките процеси,
- ✓ се подобрува структурата на почвата, бидејќи Ca придонесува за коагулација на текстурните елементи во микроструктурни агрегати, а CaCO_3 исто така служи и како лепак (цемент) за слепување на микроагрегатите во макроагрегати,
- ✓ се наголемува количината на достапен Mo за растенијата.

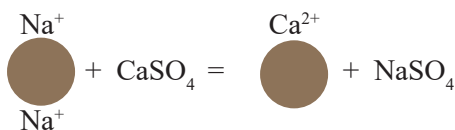
Калцизацијата на киселите почви може да се применува во кое било време од годината, што секако зависи и од другите земјоделски активности. Но, сепак треба да се внимава да помине подолг временски период меѓу калцизацијата и сеидбата/садењето, поради евентуална фитотоксичност. Обично се прави во есен, а ефикасноста е поголема до колку материјалот што се користи е добро иситнет и измешан со почвата. Исто така се препорачува калцизацијата да се применува со истовремено додавање на органски ѓубрива со што се наголемува ефикасноста на карбонатниот материјал (ослободување на H_2CO_3 од

органските ѓубрива овозможува разлагање на CaCO_3 и ослободување на Ca^{2+} -јони).

При калцизација на почвите со полесен механички состав (песокливи) треба да се води сметка да не се внесуваат поголеми количини на карбонатен материјал бидејќи овие почви имаат мала пуферна способност, односно многу малку се спротивставуваат на промената на реакцијата. Со додавање на поголеми дози во овие почви, може да дојде до брзи промени на реакцијата и да се уништи целата микрофлора во почвата. Затоа на песокливи почви се препорачува калцизацијата да се прави во помали количини, на неколку пати. Глинестите и илестите почви може веднаш да се калцизираат со предвидените дози на карбонатен материјал, без опасност од штетно влијание, бидејќи овие почви имаат добра пуферна способност. Во тресетните почви има поголема потреба од внесување на поголема количина на карбонатен материјал, бидејќи имаат многу поголема пуферна способност во однос на минералните почви.

Потребата за примена на мерката гипсирање е кај базичните (алкални) почви што содржат многу атсорбирани Na^+ -јони. Тие се неутрализираат со додавање на гипс или некои кисели материјали, како сулфур во прав и H_2SO_4 . Употребата на едно или друго средство зависи од рН на почвениот раствор и содржината на CaCO_3 . Обично се гипсираат оние почви што не содржат CaCO_3 .

Во практиката, најмногу се користи гипс бидејќи е евтин, го има во големи количества во нашата земја и лесно се применува. Целта на внесувањето на гипс во почвата е да се изврши супституција на Na^+ -јоните со Ca^{2+} -јоните од внесеното средство. Супституираните Na^+ -јони се врзуваат со SO_4^{2-} -анјоните и образуваат леснорастворлива сол Na_2SO_4 , која со наводнување преку дренажниот систем се отстранува од површините.



При пресметувањето на потребните количества гипс, за гипсирање на алкалните почви, се зема предвид само количеството на атсорбираните Na^+ -јони над 5 % од капацитетот на атсорпција (Т), бидејќи е установено дека до 5 % атсорбиран натриум, не се одразува негативно врз својствата на почвата.

Во алкалните карбонатни почви со атсорбирани Na^+ -јони, додадената H_2SO_4 најнапред со CaCO_3 дава гипс: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Тој понатаму делува како во горната реакција. Ако се употреби сулфур во прав, тогаш тој со микробиолошки процеси прво се оксидира до H_2SO_4 и понатаму дејствува како што е опишано.

Со гипсирањето се постигнува следново:

- ✓ доаѓа до неутрализација на базичноста,
- ✓ се наголемува количината достапен Са за растенијата,
- ✓ се зголемува мобилизацијата на некои микроелементи (Fe, Mn, Cu, Co, Zn) што претходно биле во недостапна за растенијата форма,
- ✓ се подобрува микробиолошката активност во почвата и микробиолошките процеси,
- ✓ се подобруваат водно - физичките својства на почвата.

15.2. Пуферност на почвата

Пуфери се раствори што имаат определена реакција и што им се спротивставуваат на промените на таа реакција. Тоа се обично смеси на слаби киселини и нивни соли.

Во текот на педогенетските процеси, како и со активноста на педофауната и микрофлората, во почвата постојано се образуваат разни минерални и органски киселини,

бази, соли и други соединенија. Доаѓајќи во почвениот раствор тие ја менуваат неговата реакција, односно концентрацијата на H^+ и OH^- -јоните.

Секоја промена на реакцијата, посебно ако е брза, негативно влијае врз културните растенија и врз останатиот жив свет во почвата. Но, за среќа, како резултат на помалата или поголема пуферна способност, кај повеќето почви не доаѓа до екстремни промени на реакцијата на почвениот раствор.

Под пуферност на почвата се подразбира нејзината способност (својство) да им се спротивставува на промените на својата реакција кога во неа доаѓаат поголеми количини на киселини или бази, односно на H^+ и OH^- -јони.

Почвениот раствор и уште повеќе целата почвена маса се пуферни.

Слично како кај киселост и алкалност на почвата, вкупната пуферна способност на почвата ја прават два вида пуферност, и тоа:

- ✓ пуферност на почвениот раствор, која претставува мал дел и
- ✓ пуферност на цврстата фаза на почвата, која го претставува поголемиот дел од вкупната пуферност на почвата.

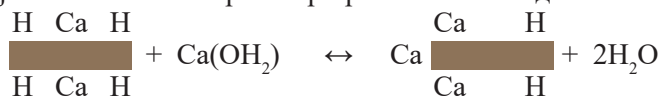
И двете се тесно поврзани, како резултат на постојаните меѓусебни реакции (цврста фаза-почвен раствор), при што од една страна доаѓа до растворање на различни соединенија од цврстата фаза и десорпција на адсорбираните јони и нивно пренесување во почвениот раствор, а од друга страна до адсорпција на јоните од почвениот раствор кои го заземаат местото на десорбираните јони од површината на колоидните честички.

Во почвата како пуферни материи делуваат: хумусните и глинените колоиди, фосфатите и карбонатите. Во зависност од составот на почвата, влијанието на разните пуферни материи е различно. Во тешки бескарбонатни почви, на прво место е улогата на минералните колоиди, а во полесните бескарбонатни почви, пуферна способност имаат хумусните колоиди.

Во почвата постојат две групи на пуфери: против ацидификација и против алкализација. Во првата спаѓаат: базичните катјони од Ca и Mg -карбонатите и од почвениот адсорптивен комплекс. Во втората група, најважни се H^+ и Al^{3+} -јоните (адсорбираните и тие во почвениот раствор) и гипс. Овие јони се врзуваат со слободните OH^- -јони и даваат H_2O и $Al(OH)_3$.

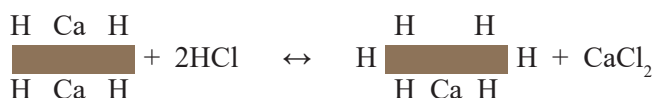
Која е причината за пуферност на почвата ?

Основна причина за појавата на пуферност на почвата лежи во присуството на адсорбираните јони. Ако една почва што има 50 % адсорбирани базични јони и 50 % адсорбирани киселински јони и се додава некоја базична материја (пример вар, $Ca(OH)_2$), во количество потребно да се неутрализира само активната киселост, ќе се установи, дека реакцијата на почвениот раствор практично нема да се измени:



Ca^{2+} -јоните истиснуваат дел од адсорбираните H^+ -јони, овие минуваат во почвениот раствор и ги неутрализираат додадените OH^- -јони со $Ca(OH)_2$. Се добива вода ($H^+ + OH^-$) и се воспоставува старата состојба пред додавање вар. Почвата значи им се спротивставува на промените на рН. Почвата може да се неутрализира кога речиси сите адсорбирани H^+ -јони се заменети со Ca^{2+} -јони и нема повеќе адсорбирани H^+ -јони што минуваат во растворот за да ги неутрализираат OH^- -јоните.

Ако во истата почва место база се додаде киселина, пак се случува истото. Реакцијата на почвениот раствор практично нема да се измени:



Додадените H^+ -јони се атсорбираат, ги истиснуваат Ca^{2+} -јоните (или другите базични јони), така што во растворот ги нема повеќе додадените H^+ -јони и се воспоставува старата состојба.

Бидејќи атсорбираните јони се главната причина за пуферност на почвата, таа е до толку поголема, до колку содржи повеќе атсорбирани јони, т.е. има повисок капацитет на атсорпција (поголема содржина на глина и хумус). Хумусните колоиди имаат поголема пуферност во однос на глинените, бидејќи имаат поголем Т. Сметтитите имаат поголема пуферност во однос на илитот, а илитот поголема во однос на каолинитот. За пуферната способност на колоидите важат истите правила како и за капацитетот на атсорпцијата.

Значи, глинестите и хумусните почви се силно, а песоковите и слабо хумусните почви се слабо пуферни.

Друга причина за пуферност на почвата е присуството на CaCO_3 во карбонатните почви. Таквите почви се додека имаат слободен CaCO_3 , не можат да се вкиселат, бидејќи секоја образуванa киселина се неутрализира:



Слична функција имаат и некои органски киселини со своите соли ослободени во процесите на хумификација.

Во бескарбонатните почви, на ацидификацијата најдобро се спротивставуваат атсорбираните Ca^{2+} и Mg^{2+} -јони. Покрај нив, улога на пуфери имаат и разните силикати и фосфати на Ca, Mg, Fe и Al, а во силно киселите почви, оксидите и хидроксидите на Fe, Al и Mn.

Поголемата пуферност на почвата не дозволува да дојде до нагли промени на реакцијата на почвениот раствор, а со тоа и до достапност или токсичност на некои материи што негативно влијаат на растенијата и на микроорганизмите.

Високата пуферност е поволна и од аспект на употребата на минералните ѓубрива, кои често имаат кисел, а поретко базичен карактер. Во полесните почви со мал капацитет на атсорпција (Т), употребата на кисели или базични ѓубрива може многу лесно да предизвика промени на рН-реакцијата на почвата, што не е случај кај глинестите и хумусните почви. Исто така, кога почвата има поголема пуферност, потребна е примена и на поголемо количество на хемиски средства (на пр. вар или гипс) за калцизација односно гипсирање, за да се измени реакцијата за една единица на почвениот раствор (пример од рН 5 на 6 или од рН 9 на 8). Па така, во песоковите почви со мал капацитет на атсорпција (Т), потребно е само 1 000 kg/ha CaO, за да се покачи рН од 5 на 6, а кај илестите почви со поголем капацитет на атсорпција, потребно е 5 000 kg/ha CaO.

15.3. Оксидно-редукционен потенцијал на почвениот раствор

Почвениот раствор, а со него и целата почвена маса претставуваат динамичка оксидно-редукциска средина во која постојано едни материи се оксидираат, а други се редуцираат.

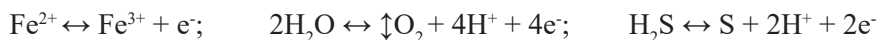
Оксидно-редукциските реакции се поврзани со активноста на фауната и микроорганизмите во почвата, со правецот и интензитетот на трансформацијата на

органиските отпадоци и минерализацијата на хумусните материи, како и со распаѓањето на минералниот дел и промивањето на продуктите од распаѓањето.

Оксидацијата претставува врзување кислород или отпуштање водород, а редукусијата обратно, т.е. врзување водород или отпуштање кислород.

Овие процеси се дефинираат и преку движењето на електроните: *оксидацијата ги опфаќа процесите на испуштање електрони, а редукусијата на примање електрони.*

Во почвата овие два процеса се одвиваат постојано и истовремено, при што едни материи се оксидираат, а други се редуцираат образувајќи оксидно-редукциски парови или редокс парови, на пример како: Fe^{2+} и Fe^{3+} , Mn^{2+} и MnO_2 , H_2O и O_2 .



реакциите во десна насока се оксидација, а во лева редукусија

Во овие системи што содржат и оксидирачки агенс и негов редуциран производ, постои рамнотежа и помеѓу нив и електроните.

Оксидацијата се одвива под влијание на оксиданси, како: молекуларен кислород - O_2 од почвениот раствор и воздух, како и под влијание на Fe^{3+} , Mn^{4+} , N^{5+} и S^{6+} , а редукусијата се одвива под влијание на редуктори, како: молекуларен H_2 , разни органиски соединенија, NH_3 , H_2S , Fe^{2+} , Mn^{2+} и други редуктори.

Самото пренесување и движење на електроните во почвениот раствор создава електричен потенцијал што може да се мери со користење на платинска и каломелова електрода, се изразува во милivolти (mV) и се означува како редокс-потенцијал (Eh). Неговата вредност се мери при определени вредности на реакцијата на почвата и зависи од односот на концентрацијата на материите што се оксидираат и оние што се редуцираат. Тоа значи дека редокс-потенцијалот ја претставува потенцијалната разлика во некој систем кога во него се поставува платинска и водородна електрода.

Исто така, вредностите на редокс-потенцијалот може да се означат и со симболот (rH) што претставува негативен логаритам на притисокот на молекуларниот водород (H_2) изразен во бари. На пример rH 5 значи дека растворот може да ослободи исто толку електрони колку и водород активиран со платинска електрода, под притисок од 10^{-5} бара.

Со намалување на притисокот на водородот се намалува и редуциската сила, а се наголемува оксидациската состојба. Како што постои pH-скала, така постои и rH-скала, која се движи од 0 до 42,5. Вредноста rH = 0, претставува притисок на водород од 1 бар, а вредноста 42,5 одговара на кислородна електрода од 1 бар. Вредностите помеѓу нив покажуваат дека во долниот дел од скалата се системи кои се посилено редуцирани, а во горниот дел, посилено оксидирани системи. Се смета дека при вредност од 27,3, притисокот на водородот е еднаков со притисокот на кислородот.

Вредностите на rH се добиваат со пресметување преку вредностите на Eh и pH:

$$\text{rH} = \frac{\text{Eh}}{29,1} + 2 \text{ pH} \quad (\text{при } 20^\circ\text{C})$$

Во различни почви, Eh варира во широки граници, а најчесто меѓу 250 и 650 mV. Ниските вредности на редокс-потенцијалот означуваат редуциски услови (нема кислород во почвата) и обратно.

При ниски вредности на Eh, помали од 250 mV, во почвата се наголемува содржината на токсични гасови: H_2 , H_2S , CH_4 , NO_2 , N_2 , како и Fe^{2+} и Mn^{2+} , кои се достапни за растенијата, но во поголеми количини и тие се токсични. Исто така, при ниски Eh-вредности доаѓа до процеси на денитрификација (нитрати $\rightarrow$ нитрити $\rightarrow$ N_2) и до десулфофикација (сулфати $\rightarrow$ сулфиди) како резултат на што се нарушува режимот на исхрана на растенијата со азот и сулфур. Во силно редуцирани услови се образуваат

нитрофеноли, кои се многу потоксични за растенијата отколку нитритите. Во некои оризишта со многу ниски Eh-вредности, тешко растворливите фери-фосфати минуваат во лесно растворливи фери-фосфати и се промиваат.

Во почвите што имаат добар водно-воздушен режим, вредностите на Eh се движат од 300 до 800 mV. Во такви услови се наголемува содржината на слободниот молекуларен кислород, се наголемува активноста на аеробните бактерии (нитрификатори и сулфофикатори) и расте содржината на потребните хранливи елементи за растенијата. При повисоки вредности на Eh, железото и манганот се наоѓаат во повисоковалентни форми (Fe^{3+} и Mn^{4+}), што се слабо растворливи и недостапни за растенијата.

Редокс-потенцијалот е динамичка вредност и се менува во текот на годината (највисока е во сушниот, летен период, а најниска во влажниот дел на годината).

Вредностите на редокс-потенцијалот, слично како и на реакцијата на почвата се многу значајни за развојот на растенијата и за активноста на микроорганизмите. Растенијата не поднесуваат ниски вредности на редокс-потенцијал, односно не поднесуваат редуциски услови. Растворливоста и достапноста на хранливите елементи за растенијата се во зависност од оксидно-редуциските услови во почвата. Па така, железото и манганот се достапни во редуцирана, а N, S и Mo во оксидирана форма.

Опаѓањето на редокс-потенцијалот во почвата е индикатор за вишок вода, односно недостиг на кислород и за присуство на токсични редуцирани материи.

Одделни елементи или соединенија во почвата како резултат на оксидно-редуциските услови, можат да бидат во оксидирана или редуцирана форма (табела 27).

Табела 27. Редокс-системи поставени според растечката оксидациона сила на оксидационата и растечката редуциска сила на редуциската форма

Оксидациона форма		Редуциска форма	
Na^+			Na
Mg^{2+}			Mg
Al^{3+}			Al
Zn^{2+}			Zn
Fe^{2+}			Fe
Cr^{3+}			Cr^{2+}
Pb^{2+}			Pb
S			H_2S
Cu^{2+}			Cu
J_2			J^-
Fe^{3+}			Fe^{2+}
Ag^+			Ag
Br_2			Br^-
O_2			H_2O
H_2SO_4 (конц.)			SO_2
MnO_2			Mn^{2+}
HNO_3			NO
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$			Cr^{3+}
MnO_4^{2-}			Mn^{2+}
H_2O_2			H_2O
HClO_4 (конц.)			Cl^-
F_2			F^-

Од кажаново се заклучува дека најдобри услови за добра мобилизација на повеќето хранливи елементи за растенијата, како и за истовремено одвивање на аеробните и

анаеробните процеси имаат почвите со умерено влажење и аерација, стабилна структура, со слабо кисела до слабо базична реакција на почвениот раствор, односно почвите со вредности на Eh што се движат од 300 до 400 mV.

На основа Eh-вредностите, почвите можат да се претстават на следниов начин:

- » Eh > 600 mV - во почвата максимално се застапени аеробни процеси;
- » Eh 400 - 600 mV - почвата е добро аерирана;
- » Eh 300 - 400 mV - аерацијата е отежната, можни се процеси на денитрификација;
- » Eh 250 - 300 mV - е границата, над која се застапени процеси на оксидација, а под таа, процеси на редукција и
- » Eh < 250 mV - во почвата се застапени процеси на редукција.

Во земјоделската практика се преземаат мерки за покачување на вредноста на редокс-потенцијалот. Во принцип, сите мерки што ги подобруваат водно-воздушните својства и аерацијата на почвата ги подобруваат и редокс-условите. Такви мерки се: дренажа, баулација, создавање на зрнеста стабилна структура во тешките почви, разбивање на непропустливиот долен хоризонт со подривање, длабока обработка и друго.

15.4. Концентрација и состав на почвениот раствор

Почвениот раствор покажува силна динамичност. Тој е во постојан контакт со другите фази на почвата (цврста и гасовита) и помеѓу нив постои размена на разни материи. Како резултат на тоа, растворот го менува својот состав и концентрација. Тој не само што е различен кај разни почви, туку и во една иста почва се разликува во одделните хоризонти. Најголеми промени во составот и својствата на растворот се изразени во ораничниот хоризонт под влијание на вишите и нижите растенија, како и со примена на некои агротехнички мерки, особено наводнување и ѓубрење, што силно се одразува на плодноста на почвата и приносот од одгледуваните растенија.

Под концентрација на почвениот раствор се подразбира вкупната содржина на растворени материи во него и се изразува во милиграми на литар (mg/l).

Концентрацијата на почвениот раствор постојано се менува, бидејќи тој постојано добива и губи разни материи во молекулска и јонска состојба. Тој добива јони што се истиснати од почвениот адсорптивен комплекс и разни растворливи минерални материи, што се образуваат со хемиско распаѓање на лесно распадливите минерали, со растворање на лесно растворливите материи и со минерализација на органските материи. Концентрацијата на растворот во почвата се менува во текот на годината со промената на влажноста на почвата. Во хумидните реони, концентрацијата на почвениот раствор е намалена, поради поголемото промивање, а во сувите, обратно, е поголема. Со промената на влажноста се менува и составот на растворот. Со наголемување на влажноста се раствораат и потешко растворливите материи, а со намалување на влажноста од растворот прво излегуваат потешко растворливите материи (прво CaCO_3 , а потоа и CaSO_4), а понатаму и полесно растворливите материи (разни растворливи соли).

Концентрацијата на почвениот раствор во услови на хумидна клима изнесува 0,05 %. Во алакните почви, концентрација на почвениот раствор може да биде 1 и повеќе проценти. Во некои почви и над 100 g/l. Во нашата земја, во почвениот раствор на солените почви највисока концентрација е констатирана од околу 10 %, односно 100 000 mg/l.

Растворените материи се наоѓаат во дисоцирана состојба. Нивната растворливост расте со наголемување на температурата на растворот и со присуството на CO_2 во водата. Поголемите концентрации во голема мера влијаат врз намалување на приносот. Па така, концентрации поголеми од 25 до 30 g/l предизвикуваат појава на деосмоза, при што растенијата изумираат.

Почвите што содржат под 0,2 % соли се означуваат како нормални незасолени, а со наголемување на нивната содржина над 0,2 %, започнува салинизацијата со сите негативни последици за растенијата.

Содржината на разни материи во почвениот раствор зависи од повеќе фактори, меѓу кои, најважни се следниве: хемискиот состав на геолошкиот супстрат и на плитките подземни води, хемискиот состав на цврстата и гасовитата фаза, како и од правецот на педогенетските процеси и активноста на живите организми во почвата. Исто така, врз содржината и составот на материите во растворот влијаат и други фактори, како: влажноста и температурата на почвата, смената на сезоните во текот на годината и примената на некои агротехнички и мелиоративни мерки (наводнување, ѓубрење со органски и минерални ѓубрива).

Во почвениот раствор се наоѓаат следниве три групи растворени материи:

- › разни гасови;
- › разни минерални соли (понекогаш и киселини);
- › органски материи и
- › колоидни дисперзии.

Растворените гасови во почвениот раствор доаѓаат од почвениот воздух. Тој помалку или повеќе ги содржи сите гасови присутни во почвениот воздух. Најголема растворливост покажуваат: CO_2 , CH_4 и H_2S , многу помала O_2 и два пати послаба растворливост од кислородот покажува N_2 .

Растворливоста на одделните гасови зависи од нивната природа, од температурата и содржината на соли во растворот и од парцијалниот притисок на гасовите во почвениот воздух. Растворливоста се наголемува со намалување на температурата и концентрацијата на соли и со наголемување на парцијалниот притисок на одделните гасови во почвениот воздух.

Во атмосферскиот воздух, односот помеѓу N_2 : O_2 изнесува 4 : 1, а во почвениот раствор, поради нивниот различен парцијален притисок и растворливост, тој однос изнесува 2 : 1. Тоа значи дека во почвениот раствор има поголем процент кислород (изразен во % од сите растворени гасови), отколку што е % во атмосферскиот воздух. Истото тоа важи и за CO_2 , бидејќи и неговиот парцијален притисок е повисок во почвениот воздух.

Постои извесна динамичка рамнотежа меѓу содржината (парцијалниот притисок) на одделните гасови во почвениот воздух и на растворените во почвениот раствор. Со наголемување на содржината на некој гас во почвениот воздух, се наголемува неговата содржина во почвениот раствор и обратно, сè додека не се воспостави рамнотежа.

Содржината на одделни гасови во почвениот раствор се изразува во mg/l. Содржината на O_2 варира од 0 до 14 mg/l, при што најниска (понекогаш 0 mg/l) се јавува во почвениот раствор кај почви, односно хоризонти што се долго време заситени со вода (горни или долни подземни води) или во подлабоките послабо аерирани слоеви на почвата во однос на површинските. Спротивно на кислородот, содржината на CO_2 е поголема во подлабоките, послабо аерирани слоеви и понекогаш може да изнесува повеќе од 100 mg/l.

Како резултат на намалено присуство на кислород и интензивни анаеробни процеси, во почвениот раствор се наголемува содржината на некои редуцирани гасови (NH_3 , CH_4 , H_2 , PH_3 и H_2S и др.).

Присуството на разни гасови во почвениот раствор влијаат врз плодноста на почвата. CO_2 и NH_3 се користат за исхрана на растенијата, а O_2 покрај неговата улога во образување на високо оксидирани соединенија (нитрати, сулфати, фосфати) важни за исхраната, истиот е неопходен и за дишење на претставниците на живиот свет во почвата (растенија, фауна, аеробни микроорганизми).

Од вкупното присуство на минерални соли во почвениот раствор, главно

доминираат: бикарбонати, нитрати, сулфати, фосфати и хлориди на Ca, Mg, Na и NH_4 . Во почвите со кисела реакција има поголемо присуство на Al-соли, и феро и Mn-соли во слабо аерирани почви.

Во почвениот раствор се присутни разни катјони и ањони. Тој е огледало на атсорбираните јони во почвата (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , H^+ , Al^{3+} и Fe^{3+}). Катјоните на Ca^{2+} и Mg^{2+} , а помалку K^+ и Na^+ , најчесто се јавуваат во бескарбонатните почви, додека Na^+ и Mg^{2+} се среќаваат во почвениот раствор на засолените почви. Во многу помали количини се наоѓаат и следниве микроелементи: Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} и др.

Меѓу концентрацијата на атсорбираните катјони и концентрацијата на истите тие во почвениот раствор постои определена динамичка рамнотежа. Во услови кога се наголемува присуството на некој катјон во почвениот раствор, тој минува во атсорбирана состојба и истиснува еквивалентно количество од некои други атсорбирани катјони. На тој начин се менува составот и односот на атсорбираните катјони во почвениот атсорптивен комплекс и во почвениот раствор.

Од почвениот раствор, растенијата ги примаат јоните на биогените елементи во форми прикажани на табела 28.

Меѓу ањоните во почвениот раствор, најважни се: HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- , Cl^- , SO_4^{2-} , H_2PO_4^- и HPO_4^{2-} .

Катјоните и ањоните во почвениот раствор не се хомогено распределени, бидејќи врз нив, како наелектризирани честички, дејствува негативниот електричен полнеж на почвените колоиди. Катјоните како позитивно наелектризирани се јавуваат во поголема концентрација поблизу до негативно наелектризираните колоидни честички. Со оддалечување од нив, концентрацијата на катјоните опаѓа. Состојбата со ањоните е целосно спротивна бидејќи се негативно наелектризирани.

Глинестите почви, при еднакви други услови имаат малку поголема концентрација на почвениот раствор отколку песоковите почви, како резултат на поголемото количество атсорбирани јони (повеќе колоиди) и поради послабото промивање.

Табела 28. Катјони и ањони на биогените елементи

Елементи	Симбол	Главни јони во почвениот раствор
1. Макроелементи што се примаат од водата и воздухот		
Јаглерод	C	CO_3^{2-} , HCO_3^-
Кислород	O	со други елементи
Водород	H	H^+ , OH^-
2. Макроелементи што се примаат од почвениот раствор		
Азот	N	NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-
Фосфор	P	HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-
Калиум	K	K^+
Сулфур	S	SO_4^{2-} , SO_3^{2-}
Калциум	Ca	Ca^{2+}
Магнезиум	Mg	Mg^{2+}
3. Микроелементи		
Железо	Fe	Fe^{2+} , Fe^{3+}
Манган	Mn	Mn^{2+} , Mn^{4+}
Молибден	Mo	MoO_4^{2-}
Бакар	Cu	Cu^{2+}
Цинк	Zn	Zn^{2+}
Бор	B	BO_3^{3-}
Хлор	Cl	Cl^-
Кобалт	Co	Co^{2+}

Во сите почви, а посебно кај силно киселите и алкални почви има одредено присуство на молекуларно растворени специфични и многу неспецифични органски материи. Во најголем дел од вкупната маса се присутни органските материи со специфична природа, како фулво и хуминските киселини и нивните соли (фулвати и хумати). Во помал дел, присутни се бројни органски соединенија од неспецифична природа, меѓу кои најчесто се: шеќери, алкохоли, ферменти, штавни материи, антибиотици, витамини, аминокиселини, токсини, ниско молекуларни киселини (оксална, оцетна, мравја, јаболчна, винска и др.). Ниско молекуларните киселини заедно со слободните хумински и агресивните фулво киселини се значајни за хемиско распаѓање на примарните и секундарните минерали и за промивање на продуктите од нивното распаѓање во подлабоките слоеви на почвата.

Во споредба со сите претходно растворени материи, колоидните дисперзии (хумински киселини и нивни соли, протеини, некои полиурониди, комплексни соединенија на хумусните киселини со хидроксидите на Fe и Al, најситни микроорганизми, глинени честици од типот на смектити) се застапени во многу помала количина во почвениот раствор. Најголемо нивно присуство е карактеристично за почвениот раствор на силно киселите и алкални почви.

Активноста на живите организми во почвата го менуваат составот и концентрацијата на почвениот раствор. Растенијата тоа го прават со земање на различни елементи од почвениот раствор за нивна исхрана во текот на вегетациониот период, а микроорганизмите учествувајќи во многу процеси на хумификација и минерализација постојано го снабдуваат почвениот раствор со разни органски и минерални материи, како и со разни гасови.

Конечно, примената на некои агротехнички мерки (ѓубрење, наводнување и др.) го менуваат составот и концентрацијата на почвениот раствор. Правилното ѓубрење на почвата со претходно направена контрола на плодноста на почвата има за цел да обезбеди оптимално присуство на хранливи елементи во почвата во поволен однос за растенијата во текот на вегетациониот период. Со додавање на арско ѓубре се наголемува содржината на органски растворливи материи, CO_2 и на разни минерални материи (нитрати, карбонати и др.) што се добиваат при минерализацијата. Со примена на минералните ѓубрива директно се наголемува концентрацијата на оние јони што ги содржат ѓубривата. Составот на почвениот раствор силно се менува и со хемиските мелiorации (калцизација и гипсирање).

Наводнувањето со некавалитетни води во кои има различна концентрација на загадувачки материи или соли може да предизвика промени во концентрацијата и составот на почвениот раствор со негативно влијание врз земјоделските култури.

Познавањето на концентрацијата и составот на почвениот раствор, како и факторите од кои тие зависат, имаат големо практично значење во земјоделството.

Тука е добро да се спомне и објасни осмотскиот притисок на почвениот раствор од што зависи примањето вода од страна на растенијата. Осмотскиот притисок на почвениот раствор зависи од неговата концентрација и дисоцијација на растворените материи во него. Со наголемување на концентрацијата и дисоцијацијата на растворените материи, се наголемува осмотскиот притисок. Во различни почви неговите вредности се движат од 20 па до повеќе од 10 000 kPa. Неговите вредности се менуваат и во ист хоризонт на почвата во текот на годината, со менување на влажноста на почвата. Во незасолените почви, осмотскиот притисок на почвениот раствор не преминува од 100 до 300 kPa.

Водата навлегува во растението поради разликите во осмотскиот притисок меѓу сокот на растението и почвениот раствор. Осмотскиот притисок е поголем, доколку е поголема концентрацијата на растворот. Водата се движи од места со помал осмотски притисок кон поголем. Во овој случај, растенијата имаат поголема концентрација на нивниот сок и затоа водата навлегува во растението од почвениот раствор. Ако двете концентрации се изедначат, тогаш водата повеќе не може да навлегува во растението.

Тоа венее, иако има доволно вода. Оваа состојба се вика „физиолошка суша“ за разлика од вистинската суша, што е предизвикана од недостиг на вода.

При поголема концентрација на соли во почвата, односно поголем осмотски притисок на растворот во однос на растението, доаѓа до намалување на тургорот и венење на растенијата. Оваа појава е карактеристична за солените (халоморфни) почви, а понекогаш и при стакленичко-пластеничко производство или кога се внесуваат минерални ѓубрива во големи количини во непосредна близина на растителните корени. Единствено халофитните растенија што имаат висок осмотски притисок во своите клетки може да вегетираат на солените почви.

Високата концентрација на растворот, како и присуството на некои токсични материи, негативно влијаат врз растенијата, а со тоа и врз приносот и квалитетот.

15.4.1. Макро и микроелементи во почвата (форми и достапност за растенијата)

Присуството на макро и микроелементи во почвата, посебно во почвениот раствор е многу значајно за исхраната на растенијата. Тие го претставуваат *хранливиот режим* на почвата.

Постојат бројни дефиниции за поимот хранлив режим на почвата. Повеќето од нив подразбираат *содржина на хранливи елементи во почвата во достапни форми за растенијата и нивна промена во текот на вегетациониот период*.

Поголемиот дел хранливи елементи во почвата потекнува од матичниот супстрат, потоа со минерализација на органските резерви во почвата, со абиотска и биотска фиксација од воздухот, а другиот дел се внесува преку ѓубрење, врнежи, подземни води и др. За повеќето почви, значаен извор за хранливи материи претставуваат и растителните остатоци од жетвата.

Во почвата, хранливите елементи се наоѓаат во разни соединенија што главно се тешко растворливи, и само мал дел од нивната вкупна содржина е достапен за растенијата.

Достапните форми хранливи елементи во почвата се наоѓаат во јонска форма растворени во водата (почвен раствор) или адсорбирани на површината од почвените колоиди. Преминувањето на неорганските хранливи елементи од недостапна во достапна форма се означува како *ослободување*, а на органските соединенија, како *минерализација*. Обратниот процес, односно преминување на неорганските соединенија во нерастворлива состојба се означува како *фиксација*, а во органски нерастворливи соединенија, како *имобилизација*.

Билансот на хранливите елементи во почвата зависи од односот меѓу обезбедување на почвата со хранливи елементи (ѓубрење, врнежи, подземни води, биолошка сорпција на азот, минерализација на органските резерви на почвата и др.) и губење на хранливи елементи од почвата (земање од страна на растенијата, промивање, ерозија, денитрификација и др.).

Најмалку 17 хранливи елементи се сметаат како неопходни *есенцијални* елементи.

Под терминот неопходни *есенцијални елементи за исхрана на растенијата* се подразбираат хемиски елементи што се потребни за нормален развој на растенијата, и што ги исполнуваат следниве критериуми:

- » директно се вклучени во исхраната на растенијата поради нивните хемиски или физички својства;
- » нивниот недостаток предизвикува различни проблеми кај растенијата оневозможувајќи ги нормално да го заокружат својот животен циклус и
- » предизвикуваат болести кај растенијата со специфични карактеристики за секој елемент.

Според дефиницијата, хранливи елементи за растенијата се: С (јаглерод), Н

(водород), О (кислород), N (азот), P (фосфор), K (калиум), S (сулфур), Mg (магнезиум), Ca (калциум), Fe (железо), Mn (манган), Zn (цинк), Cu (бакар), Mo (молибден) и B (бор). Елементите Na (натриум), Si (силициум) и Cl (хлор) може исто така да влијаат врз растењето на растенијата, и имаат позитивно влијание врз исхраната кај одредени видови растенија. Тука припаѓа и Co (кобалт) потребен за некои бактерии, па затоа и тој е потребен за исхраната на растенијата.

Јаглеродот, водородот и кислородот, растенијата ги земаат од водата (H_2O) и воздухот (CO_2). Останатите се земаат од почвениот раствор или од површината на колоидните честички во вид на анијони или катијони. Дел од нив се потребни во поголеми количини за исхрана на растенијата и се означуваат како *макроелементи*. Тие се: азот (N), се користи како нитратен јон NO_3^- , нитритен јон NO_2^- или како амониум јон NH_4^+ ; P (фосфор) се користи како PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} и $H_2PO_4^-$; K (калиум), како K^+ ; Ca (калциум), како Ca^{2+} ; Mg (магнезиум), како Mg^{2+} и S (сулфур), како SO_4^{2-} .

Останатите елементи се примаат во мали количества и се означуваат како *микроелементи*: Fe (железо), како Fe^{2+} ; Mn (манган), како Mn^{2+} ; Zn (цинк), како Zn^{2+} ; Mo (молибден), како MoO_4^{2-} ; B (бор), како BO_3^{3-} ; Cu (бакар), како Cu^{2+} ; Na (натриум), како Na^+ и Cl (хлор), како Cl^- .

Содржината на макроелементи во почвата изнесува над 0,10 %, а на микроелементите под 0,10 %.

Во продолжение се објаснети најважните макроелементи: азот, фосфор, калиум, калциум, магнезиум и сулфур, како и некои микроелементи.

Азот

Во почвата, азотот најмногу се наоѓа во органска форма, преку 97 % и тоа во:

- » *аминокиселини* 30 - 40 %
- » *аминошеќери* 5 - 10 %
- » *хетероциклични соединенија со прстенеста структура*.

Со разлагање на овие соединенија под влијание на микроорганизмите се ослободува азот во достапна форма за растенијата.

Хумусот е главен извор на азот за растенијата.

Во некои минерални соединенија, азотот е застапен помалку од 2 %, како нитрати на алкалните и земноалкалните елементи, NH_4 -соли или адсорбирани NH_4^+ -јони.

Во повеќето наши почви, вкупната содржина на азот изнесува од 0,1 до 0,3 %, од кои само 1 до 5 % е достапен за растенијата, а во многу хумусните почви, неговата содржина понекогаш може да изнесува и над 1 %. Во почвата, најмногу се наоѓа во површинскиот хумусно-акумулативен хоризонт и со длабочина неговата содржина се намалува.

Во почвата има недостаток на азот за растенијата, а во атмосферскиот воздух тој е застапен со 79 %. Но, во атмосферскиот воздух, азотот се наоѓа во молекуларна форма (N_2) и како таков растенијата не можат да го користат. N_2 мора да биде претворен во амонијачна (NH_4^+) или во нитратна форма (NO_3^-) за да може да биде апсорбиран од растенијата.

Од почвата, растенијата го земаат азотот како NH_4^+ , NO_2^- и NO_3^- -јони. Многу често во почвата се јавува дефицит на азот, што значи има потреба од постојано губрење на почвата со азотни ѓубрива. Нитратните форми на азот многу лесно се промиваат од почвата поради негативниот полнеж и неможноста да се адсорбираат од почвените колоиди, а амонијачните форми се привлекуваат од почвените колоиди поради позитивниот полнеж и на тој начин подолго време може да се задржат во почвата.

Од една страна азотот е еден од најважните елементи од кого во голема мера зависат висината и квалитетот на приносите, но од друга страна е еден од најмобилните

елементи во почвата, што од еколошка гледна точка претставува сериозен проблем.

Обезбеденоста со азот во почвата се проценува врз основа на граничните вредности на вкупен азот, според Woltmann:

Табела 29. Обезбеденост на почвата со вкупен азот

Ознака	% N	Опис
A	< 0,06	слабо обезбедена
B	0,07 - 0,10	умерено обезбедена
C	0,11 - 0,20	добро обезбедена
D	0,21 - 0,30	богато обезбедена
E	> 0,30	многу богато обезбедена

Оптималната обезбеденост со азот влијае на зголемување на содржината на протеини и зголемување на квалитетот на земјоделските производи. Но, неговото поголемо присуство го намалува квалитетот на некои култури (маслинка, шеќерна репа, диња и др.).

Фосфор

Фосфорот, слично како и азотот, најмногу е застапен во хумусно-акумулативниот хоризонт на почвите. Количината на овој елемент изразена во форма на вкупен P_2O_5 варира, зависи од содржината на хумус и се движи од 0,10 до 0,30 %. Во 1 ha почва во ораничниот слој може да има стотици, дури илјадници килограми фосфор, но во даден момент само 1 kg може да се наоѓа во почвениот раствор, достапен за растенијата.

Изворите на фосфор во почвата се од:

- › литосферата;
- › комерцијални ѓубрива;
- › италско ѓубре;
- › растителни остатоци (зелено ѓубрење);
- › отпад (индустриски и комунален) и
- › природна обезбеденост на почвата во органска или неорганска форма.

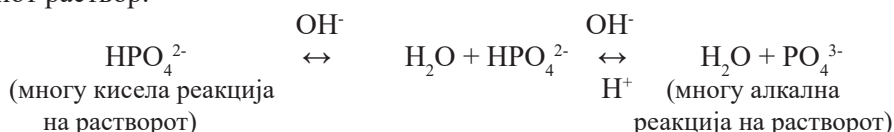
Основен извор на фосфор во почвата е апатит (примарен минерал), кој претставува Са-фосфат со примеси на флуор и хлор. Со негово распаѓање се ослободуваат анјони ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}) достапни за растенијата. 25 % до 90 % од фосфорот се наоѓа врзан во разни органски соединенија: хумус, фосфатиди, фитин, нуклеопротеиди. Во неорганските соединенија се јавува во форма на различни фосфати (Са, Fe, Al-фосфати).

Фосфорот може да биде силно врзан и за глинестите честички. При тоа, фосфатните јони може да ги заменат хидроксилните групи на Al во октаедрите и така фосфатите стануваат дел од глината, односно се фиксираат.

Со разлагање на фосфатните органски соединенија се ослободува H_3PO_4 , која со металните катјони образува три групи фосфати со различна растворливост и достапност за растенијата. Примарните Са, Mg и NH_4 -фосфати лесно се раствораат во вода и се достапни за растенијата. Секундарните и посебно терциерните Са и Mg-фосфати се слабо растворливи во чиста вода. Со наголемување на присуството на органски и неоргански киселини расте нивната растворливост, а со тоа и достапноста за растенијата.

Растворливите форми на фосфор во почвата зависат од реакцијата на почвениот раствор. Најдостапен е фосфорот при pH од 6,5 до 6,8. Во киселите почви се присутни Al и Fe-фосфатите што се многу слабо растворливи во вода и како такви растенијата не можат да ги користат. Во алкалните почви доаѓа до образување на тешко растворливи Са-фосфати, недостапни за растенијата.

Во силно киселите почви се наоѓа само H_2PO_4^- -анјонот. Ако се зголеми pH, прво се јавува HPO_4^{2-} , а потоа и PO_4^{3-} -анјонот, кој станува доминантен во алкална реакција на почвениот раствор.



Содржината на леснодостапни форми на фосфор во почвата најчесто се изразуваат во $\text{mg P}_2\text{O}_5/100 \text{ g почва}$, а може и во mg/kg или kg/ha , а содржината на вкупниот фосфор во %.

Во почвата, фосфорот се движи многу бавно и не се промива лесно како нитратите. Може да се изгуби од почвата со ерозија или со површинско истечување. Кога е почвата сува се намалува неговата дифузија до коренот и затоа растенијата најдобро примаат фосфати кога е почвата влажна. За да се разложат органските фосфати е потребен кислород. Тој е потребен и за корењата на растенијата за да го примат овој нутриент. Тоа значи дека примањето на фосфор од страна на растенијата е добро во растресити добро дренирани почви, наспроти компактните и слабо дренирани почви. За достапноста на фосфорот и негова трансформација во почвата се потребни сите услови што обезбедуваат добра микробиолошка активност (кислород, вода, топлина и др.). Во апсорпцијата на фосфор помага микоризната инфекција на корењата на растенијата и ова е посебно важно за почвите со дефицит на фосфор.

Во споредба со другите елементи, концентрацијата на фосфатниот јон е најниска во почвениот раствор и во повеќето случаи не ја надминува количината од $1,0 \text{ kg P ha}^{-1}$. Според Mengel и Kirkby, таа е многу помала во споредба со јоните на сулфур и хлориди, а во споредба со нитратите е помала за 100 или повеќе пати.

Ниските концентрации на фосфати во почвениот раствор се резултат на неговата брза трансформација во форми помалку достапни за растенијата (фиксација на фосфор).

Хемиската сорпција во почвата придонесува фосфатите лесно да минуваат во нерастворлива, недостапна форма за растенијата. Затоа со нив може да се врши мелиоративно ѓубрење и да се внесуваат во почвата во поголеми количини, без опасност од промивање. Во прв момент ретроградацијата на фосфатите може да биде штетна, но подоцна нерастворливите фосфати минуваат во растворлива форма достапна за растенијата. Ретроградацијата се намалува со употреба на гранулирани фосфорни ѓубрива.

Табела 30. Концентрации на јони или елементи во (mmol/dm^3) во почвениот раствор

Елемент	Ранг во сите почви	Кисели почви	Карбонатни почви
Ca	0,5 - 38	3,4	14
Mg	0,7 - 100	1,9	7
K	0,2 - 10	0,7	1
Na	0,4 - 150	1,0	29
N	0,16 - 55	12,1	13
P	< 0,001 - 1	0,007	< 0,03
S	< 0,1 - 150	0,5	24
Cl	0,2 - 230	1,1	20

Преголемо присуство на фосфор во почвата предизвикува антагонизам со некои други хранливи материи, како што е железото.

Калиум

Во литосферата, просечната содржина на калиум изнесува 2,6 %. Вкупната содржина на калиум во почвата изразена во форма на K_2O е различна и зависи од минералошкиот состав на супстратот, механичкиот состав на почвата и степенот на деалкализација. Повеќето почви со илест и глинест механички состав имаат вкупен K_2O околу 2 %.

Калиумот влегува во хемискиот состав на повеќе примарни силикати: ортоклас, микроклин, мусковит, биотит и др. Со хемиско распаѓање на овие минерали се ослободува калиумот што со анјоните на киселините образува лесно растворливи соли: карбонати, сулфати, фосфати, нитрати, хлориди и др. Еден дел од калиумот се врзува во глинените минерали, посебно во илитот, а другиот се атсорбира од колоидите и на тој начин се чува од промивање.

Во почвата, калиумот се наоѓа во почвениот раствор, атсорбиран на површината од колоидните честици, фиксиран во внатрешноста на кристалната решетка на некои глинените минерали и како конституционален елемент на некои примарни минерали.

За растенијата е достапен калиумот што се наоѓа во почвениот раствор, како и поголемиот дел на атсорбираниот калиум. Најголемиот дел на калиум е врзан во фелдспатите и лискуните. Овие минерали се многу отпорни на распаѓање и даваат релативно мала количина на калиум во текот на вегетациската сезона. Само 1 % до 2 % од вкупната количина е достапна за растенијата.

Достапноста на калиумот за растенијата може да се подели во три групи:

- » *недостапен,*
- » *достапен и*
- » *слабо достапен.*

Во минералните почви, 90 - 98 % од вкупниот калиум е во релативно недостапна форма.

Во почвата, калиумот се движи многу побрзо во однос на фосфорот, но не толку брзо како азотот. Во нашите почви, потребата од ѓубрење со калиум е помала во однос на фосфорот, со исклучок на калифилните растенија. Во почвите со потежок механички состав е помалку подвижен, а лесно се промива во песоковите почви.

Исто како кај фосфорот, содржината на леснодостапни форми на калиум во почвата најчесто се изразуваат во $mg\ K_2O / 100\ g$ почва, а може и во mg/kg или kg/ha , а неговата вкупна содржина во %.

Прекумерната содржина на калиум во почвата може да го намали примањето на калциум и магнезиум од страна на растенијата.

По правило нашите почви се природно обезбедени со калиум. Недостиг се јавува првенствено во песоковите силно промиени почви, особено ако се наводнувани и кај тресетните почви. Прекумерното ѓубрење со азотни ѓубрива може да предизвика недостаток на калиум во растителните ткива. Примањето на калиумот е намалено во сувите, ладни и слабо дренирани почви. Растенијата најмногу го примаат калиумот при неутрална или близу неутрална реакција на почвениот раствор.

Калциум

Калциумот, магнезиумот и сулфурот се означуваат како секундарни хранливи елементи што се исто така значајни како и примарните (азот, фосфор и калиум). На пример, некои култури имаат многу поголема потреба од калциум во однос на фосфор.

Содржината на калциум во почвата изразена во форма на CaO варира во широки граници и се движи од 0,1 до повеќе од 40 %. Најмногу калциум имаат генетски младите почви образувани на карбонатни супстрати, а најсиромашни се киселите почви

образувани врз кисели еруптивни и метаморфни стени и бескарбонатни седиментни.

Изворите на калциум во почвата се примарните силикати: фелдспати (Са-плагиокласи), амфиболи, пироксени, апатит и др. Со хемиско распаѓање на примарните минерали се ослободуваат Ca^{2+} -јони што во реакција со анјоните на разни киселини образуваат карбонати, нитрати, сулфати, фосфати и други соли. Еден дел од Ca^{2+} -јоните се врзува за глинените минерали или се атсорбираат од почвените колоиди (често и до 90 %). За почвата, јоните на калциумот се значајни за неутрализација на хумусните и другите органски и минерални киселини како резултат на што се намалува можноста за ацидификација и образување на кисел хумус. Овој елемент е значаен и за коагулација на колоидите и за образување на стабилни структурни агрегати во почвата.

Калциумот е главниот катјон во почвениот атсорптивен комплекс и неговите резерви зависат од капацитетот на размена на катјони (Т). Кај почвите со рН над 7, содржината на атсорбиран Ca^{2+} е повеќе од 80 %, а во екстремно киселите шумски почви само 1 до 5 % во почвениот атсорптивен комплекс.

Во услови на хумидна клима лесно доаѓа до промивање на калциумот, при што интензитетот зависи и од механичкиот состав на почвата. Промивањето е поголемо кај песокивите, а помало кај глинестите почви.

Како биоген елемент, калциумот е значаен за исхраната на растенијата, посебно за калцифилните култури. Повеќето култури годишно од почвата земаат 20 до 120 kg/ha СаО, посебно луцерката и црвената детелина.

Недостигот од калциум е поретка појава затоа што растенијата можат да го користат атсорбираниот калциум, при што полесно се користи калциум од илитот, каолинитот и од органската материја, а многу потешко од смектитите. На обработливите површини, недостаток од калциум се јавува на наводнувани песокливи почви, кисели почви или таму каде што има прекумерна содржина на калиум, кој го намалува примањето на калциум.

Недостатокот од калциум се надоместува со ѓубрење и со калцизација на киселите почви каде што едновременно се поправа и реакцијата на почвениот раствор.

Не е добро ниту преголема количина на калциум во почвата. Тоа доведува до дисбаланс со некои други хранливи елементи. Пример, поголема количина на калциум влијае врз примањето на магнезиум, калиум, фосфор и на други микроелементи како: Fe, Mn, B, Co, Zn и други од страна на растенијата. Обично, почвите богати со CaCO_3 имаат потреба од внесување на поголеми количини на K-ѓубрива.

Високите концентрации на Ca^{2+} -јоните во почвениот раствор предизвикуваат појава на хлороза како резултат на слабото обезбедување на растенијата со јони на железо, магнезиум, калиум и фосфатни јони.

Магнезиум

Просечната содржина на магнезиум во почвата изнесува 2,1 %. Неговата количина во почвата во форма на MgO е различна. Во генетски младите почви образувани на серпентини и перидотити, содржината на MgO варира од 20 до 30 %, во површинските хоризонти на бескарбонатните почви од 1 до 2 %, а во киселите, песокливите и тресетните почви изнесува помалку од 0,1 %.

Најголем дел од магнезиумот во почвата потекнува од примарните силикатни минерали: амфиболи, пироксени, оливин и биотит. Во некои алкални почви, магнезиумот може да се наоѓа како доломит и магнезит, а во почвите образувани во аридните и семиаридните реони, како MgSO_4 . По правило, кварцните, песокливи и кисели почви се посиромашни со магнезиум во однос на глинестите почви. Магнезиумот повеќе се врзува за поситните почвени честичи (прав, глина).

Со хемиско распаѓање на примарните минерали, магнезиумот се ослободува и се адсорбира од почвените колоиди, се вградува во кристалната решетка на глинените минерали или со анјоните на разни киселини во почвата образува соли: карбонати, сулфати, нитрати, хлориди, фосфати и др. Заедно со јоните на калциум, учествуваат во неутрализација на разни органски и минерални киселини, како и при образување на структурните агрегати.

Во почвата, магнезиумот е потешко достапен во споредба со калциумот, а полесно во однос на калиумот. Се наоѓа во форма на неоргански и органски соединенија, како и адсорбиран за почвените колоидни честици. Најдобри карактеристики покажуваат почвите во кои односот на Ca^{2+} и Mg^{2+} во адсорптивниот комплекс изнесува 85 до 90 % на калциум и 10 до 15 % на магнезиум. Во принцип, во повеќето почви содржината на адсорбиран Mg^{2+} не надминува 15 до 20 % од капацитетот на адсорпција (Т), со исклучок во некои халоморфни почви, каде неговата содржина може да изнесува и повеќе од 50 %, како и кај некои почви образувани врз перидотити и серпентини. Почвите образувани на перидотити и серпентини, покрај тоа што содржат поголемо количество на магнезиум, содржат и токсични соединенија на Ni, Cr и Co.

Поголемото присуство на Mg^{2+} - јони негативно се одразува на физичките својства на почвата, а индиректно и на развојот на растенијата.

Почвите се добро обезбедени со магнезиум, кога односот Ca : Mg е помал од 7. Тоа одговара на околу 10 % од вкупните катјони на почвените колоидни честици.

Недостатокот од магнезиум се надополнува со ѓубрење.

Сулфур

Вкупната содржина на сулфур во почвата варира и изнесува од 0,1 % во киселите, песокливи и слабо хумусни почви, до повеќе од 5 % во некои халоморфни почви. Содржината на сулфур во магмените стени изнесува од 0,2 до 0,3 g/kg, при што повеќе го има во базичните отколку во киселите стени, најчесто во форма на сулфиди на Fe, Zn, Pb, Cu, Hg, Ni, Ag. Сулфурот се наоѓа и во гипсените стени ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) што содржат до 15 % $\text{SO}_4\text{-S}$. Во анаеробни услови во почвата, сулфурот се наоѓа во вид на железни сулфиди (пиротин FeS , пирит FeS_2). Во почвите образувани во услови на по хумидна клима, содржината на сулфур изнесува 0,1 до 0,5 g/kg, во тресетните почви до 10 g/kg, а во сулфатно киселите мочуришта и до 35 g/kg.

Изворите на сулфур се органските и минералните соединенија во почвата. Од органските се: хумус, протеини, аминокиселини, а од минералните се примарните и секундарните минерали: пирит, гипс, сфалерит и др. Од минералните соединенија доминираат сулфатите на Ca, Mg, K, Na, Al и Fe.

Сулфурот во почвата може да потекнува и од сулфурните гасови (SO_2 , SO_3 и H_2S) што се ослободуваат во атмосферата при вулкански ерупции, од топилниците, како и од согорување на нафтата, јагленот и другите горива што содржат сулфур. Овие гасови можат директно да се адсорбираат од почвените колоиди или да образуваат киселини H_2SO_3 и H_2SO_4 , кои со базите во почвата образуваат соодветни сулфати. При недостиг на бази во почвата, овие киселини предизвикуваат ацидификација на почвата, нарушување на структурата, поизразена ерозија, како и уништување на некои растителни заедници на таквите почви.

Помали количества сулфати може да дојдат во почвата и преку засолени површински и плитки подземни води, како и со инфилтрација или преку капките на солена морска вода со кои се изложени почвите во непосредна близина на морето.

Содржината на сулфур во почвата се наголемува и преку внесување на минерални ѓубрива што го содржат, како K_2SO_4 и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и некои сулфурни соединенија-

фунгициди и инсектициди што се користат за сузбивање на болести и штетници кај растенијата. И неквалитетните води за наводнување што содржат сулфати придонесуваат за наголемување на неговата содржина во почвата.

Сулфидите на железо во почвата даваат морфолошки карактеристики со појава на црни дамки, посебно во глинестите хоризонти.

Сулфурот е биоген елемент потребен во исхраната на растенијата. Тие го примаат во форма на SO_4^{2-} и SO_3^{2-} -анјони. Овој елемент ниту се адсорбира, ниту се фиксира. Тој лесно се промива и затоа површинските слоеви на почвата често содржат помалку сулфур.

Недостаток на сулфур може да се јави во пропустливите и почвите со помала содржина на органска материја.

Микроелементи

Микроелементите опфаќаат група хемиски елементи чија содржина во литосферата и почвата е многу мала, под 0,10 %. Се нарекуваат и како елементи во траги. Сепак нивното присуство во почвата е важно за исхраната на растенијата бидејќи имаат значајна улога за многу физиолошки функции во растенијата, ја наголемуваат биолошката активност, а се сметаат и за важни катализатори на биохемиските процеси не само кај растенијата, туку и кај животните. Нивното присуство во исхраната на растенијата придонесува за добивање на високи и квалитетни приноси.

Од сите микроелементи, тука се опишани: Fe (железо), Zn (цинк), Cu (бакар), Mn (манган), B (бор), Mo (молибден), Ni (никел), Cl (хлор) и Co (кобалт). Некои, како што се: Si (силициум), V (ванадиум) и Na (натриум) се јавуваат како корисни микроелементи за развојот на одделни видови растенија.

Во почвата, дел од микроелементите се наоѓаат во органските, а дел во неорганските соединенија. Од неорганските, главно се примарните силикати, и дел во глинените минерали. Бакар, манган и бор може да се сврзат во помала или поголема количина со некои органски соединенија, образувајќи хелати. Во нив, јонот на металот е опкружен со големи органски молекули. На тој начин металните јони во хелатна форма се заштитени и тешко се разложуваат со микробни процеси. Растенијата можат да користат хелати во вид на цели молекули, па затоа некои микроелементи во вид на хелати се додаваат преку губривата.

Содржината на микроелементи во почвата е различна и зависи не само од составот на почвата, туку и од матичниот супстрат. Достапноста на многу од нив зависи од реакцијата на почвениот раствор, оксидно-редукцискиот потенцијал и др. Во кисели почви расте достапноста на железо, манган, цинк, бакар и кобалт.

При анализирање на микроелементите во почвата, истите се изразуваат во mg/kg или во ppm (дел на милион).

Во земјоделската практика, достапноста на микроелементите за растенијата се обезбедува преку следниве мерки:

- » со промена на pH на почвениот раствор;
- » со контрола на влажност на почвата;
- » со примена на комерцијални микрогубрива и
- » со познавање на потребата на растенијата при нивната сеидба/садење, како и состојбата и формата (табела 31) на микроелементите во почвата.

Поголемо присуство на некои микроелементи во почвата може токсично да влијае врз растенијата. Исто така, помеѓу некои микроелементи се јавува антагонизам, односно присуството на едни, има спротивен ефект на присуството на други елементи во почвата.

Такви примери има многу:

- » преголемо присуство на бакар или сулфати на бакар може да предизвика спротивен ефект на примањето молибден;
- » во почвата се јавува недостаток на железо ако има преголемо присуство на цинк, бакар, манган и молибден;
- » поголемо присуство на фосфор може да предизвика недостаток на цинк, железо или бакар, како и зголемена апсорпција на молибден;
- » неконтролирано, односно внесување на поголеми количини азот предизвикува недостаток на бакар и цинк;
- » поголемо присуство на натриум и калиум е во спротивен однос со примањето манган;
- » внесување на поголеми количини вар при калцизација го редуцира примањето на бор;
- » вишокот на железо, бакар или цинк ја намалува апсорпцијата на манган и др.

Табела 31. Недостаток на микроелементи при вообичаената содржина и препорачаната доза за одредени земјоделски култури

Микроелемент	Растенија што имаат голема потреба	kg/ha	
		Вообичаена содржина	Препорачана доза
Fe	Боровница, праска, грозје, орев, рододендрон	0,5	10
Mn	Грашак, соја, лук, компир, цитруси	5	30
Zn	Цитруси, дрвенести овошки, соја, пченка, грашок	0,5	20
Cu	Цитруси, дрвенести овошки, лук, семе од житни култури	1	20
B	Луцерка, детелина, шеќерна репа, карфиол, целер, јаболка	0,5	5
Mo	Луцерка, брокула, целер	0,05	1

Антагонизмот на наброените меѓусебни реакции може многу ефикасно да се користи за намалување на токсичноста на некој микроелемент. Па така, при одгледување на цитрусите, токсичноста на бакар што останува како резидуи во почвата со примена на фунгициди за прскање, може да се намали со додавање на железни и фосфорни ѓубрива.

Денес во современото земјоделско производство сè повеќе се применува ѓубрење со микроелементи во форма на т.н. микроѓубрива. Со оглед на тоа дека количините на микроѓубрива се многу мали (20 до 100 kg/ha), тие обично се мешаат со макроѓубривата.

Причините зошто треба да се посвети поголемо внимание на микроелементите во модерното интензивно производство се:

- » одгледување на високородни сорти и хибриди, со што се зголемува изнесувањето на микроелементите;
- » намалената употреба на органски ѓубрива (посебно на италското ѓубре) доведува до намалено враќање на микроелементите во почвата (италското е целосно ѓубриво);
- » со влошување на структурата (на пр. газење со машини) се нарушува водно-воздушниот режим на почвата, при што се намалуваат достапните количини на микроелементи во почвата;
- » со одгледување на растенија во монокултура или на пр. пченка-пченица доаѓа до побрзо изнесување на одредени микроелементи од почвата;

- » *микроелементите играат значајна улога во отпорноста на растенијата на одредени болести;*
- » *оптималната количина на микроелементи во почвата позитивно влијае врз квалитетот на растителните производи (содржина на шеќер во грозјето, органски киселини во плодовите итн.).*

Железо

Некои автори го сметаат железото за макроелемент. Просечната содржина на железо во литосферата изнесува околу 5,6 %. Неговата содржина во педосферата во форма на Fe_2O_3 варира во широки граници од 0,01 % до 22 %, во зависност од типот на почвата. Средно, содржината на железо во почвата изнесува 3,8 %.

Најголемиот дел на железо во почвата е вграден во кристалните решетки на многу минерали: магнетит, хематит, пирит, пироксени, амфиболи, биотит и др. што полесно се распаѓаат во почвата. Ослободените железни јони со водата образуваат слабо растворливи хидроксиди што се таложат во вид на аморфен гел $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Со кристализација, аморфниот гел преминува во гетит и лимонит, а со целосна дехидратација во хематит - Fe_2O_3 . Еден дел од ослободеното железо се сврзува со хумусните материи во Fe-хумати и комплексни фери-фери органски соли.

Глинестите почви, како резултат на повисокиот капацитет на адсорпција акумулираат поголема содржина на железо во споредба со почвите што имаат помала содржина на глина.

Содржината на растворливи, достапни форми на железо за растенијата е многу мала во однос на вкупните форми. Растворливата неорганска фракција на железо во почвата ја сочинуваат јоните: Fe^{2+} , Fe^{3+} , $\text{Fe}(\text{OH})^+$ и FeOH^{2+} .

Во почвата, железото во вид на фери се наоѓа во: FeO , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, FeSO_4 , FeCO_3 , FeS , фериамониум сулфат (морска сол) $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, а во фери форма: Fe_2O_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, FeCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

Киселите почви содржат повеќе растворливо железо во споредба со карбонатните, каде што неговата содржина може да биде екстремно ниска и во тој случај кај растенијата се манифестира појава на железна хлороза. Причините што предизвикуваат недостаток на железо и покрај неговата висока содржина во почвата се различни и специфични за одредени климатски, едафски и агротехнички услови. Затоа, појавата на железна хлороза треба да се разбере како последица од нарушување во системот: почва-растение-клима-агротехнички мерки.

Недостатокот на железо во почвата многу зависи од хемиските и физичко-механичките својства на почвата. Тој се јавува кај каменливите и скелетни почви, во силно компактните глинести почви што содржат и карбонати, како и во песоковите и хумусно-песоковите почви што содржат карбонати.

Причините за недостаток на железо во почвата можат да бидат и: преголемата влажност на почвата, компактност, користењето на тешка механизација, односно недостаток на кислород и наголемување на CO_2 во почвата. Високото ниво на подземни води, а со тоа и слабата аерација во почвата, предизвикуваат железна хлороза.

Во добро аерирани почви може да дојде до недостаток на железо бидејќи се одвиваат оксидациони процеси, при што се образуваат тешко растворливи фери соединенија. Спротивно на тоа во анаеробни услови доаѓа до редукција на фери во фери соединенија, при што доаѓа до зголемување на растворливото железо. Во слабо аерирани и кисели почви, содржината на Fe^{2+} делува токсично на растенијата.

За обезбеденоста на растенијата со железо, од големо значење се органските комплекси и хелати на железо, кои во голема мера го оневозможуваат преминувањето

на железото во недостапна форма за растенијата.

При внесување на минерални ѓубрива во почвата, посебно треба да се внимава со фосфорните, бидејќи високите дози при ѓубрење на овошките, на повеќегодишните украсни растенија, па и на некои едногодишни поледелски култури, може да предизвикаат недостаток на железо. При внесување на високи дози фосфорни ѓубрива во почвата се образуваат соединенија на железото што се недостапни за растенијата.

Исто така треба да се внимава и при употребата на шталско ѓубре. Ѓубрењето со недоволно разложените органски материи, пратено со интензивното ослободување на CO_2 може да предизвика недостаток на железо.

Недостатокот на железо се надополнува со ѓубрење и со промена на реакцијата на почвениот раствор.

Цинк

Содржината на вкупен цинк во литосферата изнесува околу 80 ppm, а во површинскиот слој на почвите, најчесто од 10 до 300 ppm, средно 60 ppm. Неговата вкупна содржина во почвата зависи од минералоскиот состав на матичниот супстрат. Киселите стени (гранит и др.) имаат ниска содржина на цинк, средно околу 60 ppm, базичните стени (базалт и др.) се побогати и содржат околу 130 ppm, а во седиментните стени содржината на цинк изнесува околу 80 ppm.

Цинкот е присутен во некои примарни минерали како сфалерит (ZnS) и во секундарни минерали, како смитсонит (ZnCO_3).

Само 1 % од вкупната содржина на цинк во почвата е во достапна форма за растенијата.

Содржината на цинк зависи и од механичкиот состав на почвата и содржината на органска материја. Почвите со поголемо присуство на фини честици имаат повеќе цинк во однос на песоковите почви, каде што присуството на фини честици е помало. Поголема содржина на органска материја во почвата е пропорционална со содржината на цинк.

Во почвата цинкот се наоѓа во соединенија како што се: ZnO , Zn(OH)_2 , ZnCl_2 , ZnS , $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Растворливоста на цинкот е особено ниска во почви со висока рН и во почви во кои има присуство на CaCO_3 . Неговата активност во почвениот раствор се намалува за 100 пати при секое наголемување за единица на рН-вредноста. На почетокот, цинкот се таложи во вид на хидроксиди, а понатаму со наголемување на реакцијата се образуваат цинкати. Во почвениот раствор, цинкот не се задржува долго бидејќи се адсорбира од страна на почвените колоиди, при што интензитетот на адсорпција се наголемува кога се намалува неговата концентрација во почвениот раствор, што не е случај со другите катјони.

Нивото на достапен цинк во почвата зависи и од концентрацијата на фосфати, температурата и длабочината на почвата, како и од присуството на CO_2 во почвениот раствор и др. Со наголемување на концентрацијата на фосфати, се намалува достапноста на цинк, а со наголемување на температурата на почвата, се наголемува неговата достапност. Во почвениот профил, со длабочина се намалува достапниот цинк. Поголемото присуство на CO_2 во почвениот раствор придонесува за наголемување на растворливоста на цинкот во почвата.

Неговиот дефицит во почвата се случува при содржина од 0,002 %, а поголема содржина во почвата над максимално дозволената, делува токсично за растенијата.

Како и железото, недостатокот на цинк во почвата се третира со ѓубрење на почвата и со прскање на листовите со соединенија на цинк или хелати.

Бакар

Содржината на бакар во литосферата во просек изнесува 55 ppm. Во обработливите почви неговата вкупна содржина варира во широки граници од 1 до 390 ppm, а најчесто од 5 до 50 ppm, или средно околу 26 ppm. Вкупната содржина на бакар во почвата зависи од хемискиот состав на матичниот супстрат. Најмалку бакар содржат киселите стени (околу 30 ppm), нешто повеќе (околу 57 ppm) седиментните стени, а најмногу бакар содржат базичните стени (околу 140 ppm).

Бакарот го има во примарните минерали: куприт (Cu_2O), халкозин (Cu_2S), ковелин (CuS), халкопирит (CuFeS_2), малахит ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ или $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$).

Соединенија во кои бакарот се наоѓа во купро форма се: Cu_2O , CuCl , Cu_2SO_4 и во купри: CuO , $\text{Cu}(\text{OH})_2$, CuCl_2 , CuSO_4 .

Во почвата бакарот се среќава во следниве форми:

- » водорастворливи соли (нитрати, хлориди, сулфати, фулвати, лактати, ацетати и др.);
- » бакар во вид на катјон сврзан со органските и минералните колоиди во разменлива и неразменлива форма;
- » тешко растворливи соли (карбонати и фосфати) и оксиди;
- » алумосиликати и други минерали што содржат бакар и
- » бакарно-органски комплексни соединенија.

За растенијата најважна форма е содржината на водорастворливиот бакар што се наоѓа во почвениот раствор и ја претставува најдинамичката фракција на бакар во почвата. Неговата концентрација во почвениот раствор е многу мала и изнесува помалку од 1 % од вкупната количина на бакар во почвата.

Јоните на Cu^{2+} , како и јоните на другите метали, се атсорбираат на површината на почвените колоиди (минерални и органски), при што јоните на бакарот се нешто посилено атсорбирани и на тој начин се заштитени од промивање во споредба со другите биогени метали, на пример цинк или калциум. Со наголемување на рН на почвата, се намалува ресорпцијата на бакар. Со ова може да се објасни недостатокот на бакар во карбонатните, алкални почви. Под рН 6, достапноста на бакар се наголемува. Исклучок прават силно киселите почви (рН < 4,5) во кои интензивното примање на други јони може да го намали примањето на бакар. Покрај тоа, во таквите почви, алуминиум-силикатните, фосфатните и други јони можат да го намалат нивото на водорастворлив бакар. Во киселите почви, како резултат на поголема растворливост, може да дојде до промивање на достапниот бакар, а и до поголемо изнесување од почвата преку приносите.

Бакарот цврсто се сврзува и за органската материја во почвата. Органските комплекси на бакар имаат важна улога во регулацијата на неговото движење во почвата и достапноста за растенијата. Бакарот сврзан за органската материја е тешко достапен за растенијата. Оттука, почвите што содржат голема количина на органска материја (тресетни почви) имаат недостаток на бакар за растенијата.

Содржината на достапен бакар во почвата зависи и од механичкиот состав. Песокливите почви се сиромашни со бакар. Недостаток на бакар се јавува и во хумусно-песокливите почви со делувилално и алувијално потекло, во некои хидроморфни и тресетни почви.

Недостатокот на бакар во почвата не мора секогаш да се поврзува со високата содржина на органска материја во почвата. Може да се случи и во почвите образувани во услови на аридна клима и мала содржина на органска материја.

Растенијата го земаат бакарот од почвениот раствор и од почвениот атсорптивен комплекс.

Неправилното ѓубрење исто така може да предизвика недостаток на бакар во почвата. Тоа важи при внесување на високи дози фосфорни ѓубрива во тресетните почви

сиромашни со бакар, како и поголема количина на азот и цинк во почвите со ограничена количина достапен бакар.

Недостатокот од бакар во почвата се надоместува со ѓубрење. Постојат минерални и органски ѓубрива збогатени со бакар. Исто така се употребуваат и фолијарни ѓубрива.

Содржина на бакар над 0,1 ppm во почвениот раствор негативно влијае врз порастот на растенијата. Поголемо присуство на бакар во почвата може да се јави во реони каде што подолго време се одгледуваат овошни и лозови насади. Причината за ова е употребата на бордовска чорба за заштита на растенијата од пепелница во чиј состав е бакар (II) сулфатот. Вишокот на бакар во почвата предизвикува стерилна средина и со тоа индиректно негативно влијае врз одгледувањето на културните растенија.

Манган

Просечната содржина на манган во литосферата изнесува 0,09 %. Неговата вкупна содржина во почвата се движи од 200 до 4 000 ppm. Потекнува од силикатните примарни минерали на магмените стени во форма на оксиди, како што се: пиролизит MnO_2 , браунит Mn_2O_3 , манганит $\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, хаусманит Mn_3O_4 . Со висока содржина на манган се минералите оливин и пироксен ($> 2\,000\text{ mg/kg}$). Во седиментните стени, манганот се наоѓа во слични форми како и во почвата. Најраспространетите соединенија на манган во почвата се: сулфати, хлориди, нитрати, фосфати и карбонати. Во алкалните почви најчесто се образуваат потешко растворливи соединенија, а во киселите леснорастворливи соединенија на манган.

Во природата, манганот се наоѓа во форма на оксиди. Неговите соединенија опфаќаат степен на оксидација од + 2 до + 7. Соединенија на Mn во почвата:

- » Mn^{2+} : MnO , Mn(OH)_2 , MnSO_4 ,
- » Mn^{3+} , Mn_2O_3 , Mn(OH)_3 ;
- » Mn^{4+} : MnO_2 , Mn(OH)_4 ,
- » Mn^{6+} : H_2MnO_4 манганова киселина,
- » Mn^{7+} : Mn_2O_7 , KMnO_4 , HMnO_4 .

Со хемиско распаѓање на примарните и секундарни минерали (родохрозит MnCO_3), ослободениот манган се адсорбира од почвените колоиди или се оксидира под влијание на бактериите, и потоа се таложи во форма на оксиди.

Растворливоста и достапноста на манганот за растенијата зависи од степенот на неговата оксидација. Во почвата најчесто се наоѓа во дво-, три- и четивалентна форма. Шесто- и седмовалентните форми се силно оксидирани и многу е мала веројатноста дека се наоѓаат во почвата.

Во почвата се разликуваат следниве форми на манган:

- » водорастворлив Mn^{2+}
- » разменлив (адсорбиран) Mn^{2+}
- » лесно редуциран (MnOOH) и
- » тешко редуциран MnO_2 .

Првите три форми заедно го сочинуваат т.н. активен манган и од неговата количина зависи обезбеденоста на растенијата со овој микроелемент.

Динамиката на различни форми манган во почвата зависи од повеќе фактори: редокс-потенцијалот, pH на почвениот раствор, содржина на органска материја, влажност на почвата, микробиолошката активност и др. Во услови кога во почвата доминираат процесите на оксидација, двовалентниот манган се оксидира во повеќевалентни форми што се недостапни или многу малку достапни за растенијата. До оксидација на манганот доаѓа во карбонатни, добро аерирани почви при реакција на почвениот раствор pH над 6. Калцизацијата и обработката на почвата го наголемуваат интензитетот на процесите

на оксидација, при што се намалува достапноста на манганот за растенијата. Обратно, компактоста, врнежите, наводнувањето, примената на органски ѓубрива, фаворизираат редукциски процеси и со тоа се наголемуваат достапните форми на манган за растенијата. Во мочурливите и плавни почви каде што редукциските процеси се доминантни, содржината на достапен манган може да биде и токсична за растенијата. Со наголемување на киселоста во почвата се наголемува растворливоста на манганот, при што киселите почви се карактеризираат обично со поголема содржина на достапен манган во однос на неутралните, солените или алкалните почви. Во насока на наголемување на достапноста на манган во почвата се препорачува примена на физиолошки кисели ѓубрива како што е на пример $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Манганот во почвата се наоѓа и во органските соединенија. Со органските киселини (оцетна, мравја, млечна и др.) што се образуваат со разлагање на органските отпадоци, манганот образува лесно растворливи соли. Покрај овие, тој се сврзува и со хуминските и фулво киселините, но овие соединенија растенијата не се во можност директно да ги користат.

Двовалентниот манган е лесно подвижен во почвата и затоа лесно се промива. Ова најмногу се случува во киселите почви во услови на влажна, хумидна клима.

Од вкупната содржина на манган во почвата само 0,1 до 1 % е достапен.

Дефицитот на манган во почвата се надоместува со додавање ѓубрива што го содржат овој микроелемент. Исто така, листовите на растенијата може да се прскаат со фолијарни ѓубрива.

Симптоми за зголемена содржина на манган кај растенијата се манифестираат кога се одгледуваат на почви со кисела реакција и висок редокс-потенцијал (анаеробни услови). Во такви почви содржината на достапен манган обично е висока, при што растенијата многу го акумулираат во своите органи и истиот станува токсичен за нив. Калцизацијата ја намалува токсичноста на манганот во киселите почви.

Кобалт

Просечната содржина на кобалт во литосферата изнесува 0,003 %. Во повеќето почви кобалтот се наоѓа во многу мали количини (0,0008 %). Нешто повеќе кобалт има во почвите образувани на габро и серпентини (0,001 до 0,002 %).

Изворите на кобалт во почвата се некои примарни минерали во кои тој се наоѓа заедно со други елементи, како сулфур, арсен, антимон (кобалтит CoAsS , смалит CoS_2 , кобалтин (CoAsS) и др.

Со хемиско распаѓање на примарните минерали се ослободува во форма на разменлив (атсорбиран Co^{2+}) и соли на кобалт. Се наоѓа во следниве соединенија во кобалто форма 2^+ : CoO , $\text{Co}(\text{OH})_2$, CoCl_2 , $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, CoSO_4 и во кобалти форма 3^+ : Co_2O_3 , $\text{Co}(\text{OH})_3$.

За Co^{2+} -јоните е карактеристично дека посилно се атсорбираат од почвените колоиди во споредба со Ca^{2+} -јоните. Со некои хумусни материи кобалтот образува комплексни соединенија. Неговата мобилност и достапност за растенијата се намалува во неутрална и алкална реакција на почвениот раствор. Поголем број култури добро се развиваат ако во почвениот раствор концентрацијата на кобалт е до 0,1 ppm. Штетни ефекти од кобалт на живиот свет не се проучени.

Никел

Спаѓа во групата на неопходни елементи потребни во многу мало количество за растенијата. Се наоѓа во примарните минерали: никалин NiAs , герстдорфит NiAsS ,

милерит NiS .

Во почвата се наоѓа во различни соединенија како што се: двовалентен никел, никло соединенија: NiO , Ni(OH)_2 , NiCl_2 , $\text{Ni(NO}_3)_2$, NiSO_4 , и тривалентен, никли соединенија, кои се непостојани и ова особено се однесува на никли солите.

Неговата содржина во почвата се движи од 5 до 500 ppm, средно 40 ppm. Тој е обично адсорбиран од колоидите или се сврзува со силикатните јони и образува комплексни подвижни соединенија.

Дефицит од никел во почвата е ретка појава. Може во мали количини да биде и токсичен за некои растенија. Неговата токсичност во почвата се намалува со додавање на фосфати, при што се образуваат тешко растворливи соединенија, $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{NiHPO}_4$.

Претходните метали – микроелементи, растенијата ги примаат во катјонска форма. Следните три елементи се однесуваат како ањони. Молибденот иако е метал, се однесува и како ањон, исто така.

Бор

Овој елемент се разликува од останатите микроелементи по тоа што не спаѓа во групата на метали и за разлика од нив не е неопходен во исхраната на човекот и животните. Просечната содржина на бор во литосферата изнесува 0,0003 %. Почвите образувани врз магмени стени се посиромашни со бор во однос на почвите образувани врз седиментни стени. Присуството на бор во почвата во однос на литосферата е поголемо како резултат на неговата акумулација во текот на процесите на хемиско распаѓање на минералите и генезата на почвата. Најголеми количини на бор има во примарните минерали: турмалин и аксинит. Со хемиско распаѓање на овие минерали се образува борна киселина H_2BO_3 , боракс $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ или се образуваат комплексни соединенија со хумусните материи, кои тешко се оксидираат и слабо се промиваат.

Во почвата, борот се наоѓа во различни форми: врзан за почвените (минерални и органски) колоиди и во почвениот раствор. За растенијата најлесно е достапен борот од почвениот раствор, како и борот од борната киселина (H_2BO_3).

Органската материја има големо позитивно влијание врз достапноста на бор во почвата. Тој се врзува за органската материја, пример за карбоксилните киселини на хумусните колоиди и на тој начин хумусните колоиди претставуваат најзначајниот резервоар на бор во повеќето земјоделски почви. Со неговото врзување за хумусните колоиди, тој се заштитува од промивање и се акумулира во горниот дел на почвата. Па така, во почвите со голема содржина на хумус, како и во хумусно-акумулативниот хоризонт има повеќе бор, а со длабочина неговата содржина опаѓа. Во почвите образувани во аридни услови (некои халоморфни почви), борот се акумулира во извесни количини во форма на борати на натриум, заедно со хлоридите, сулфатите и карбонатите на натриумот, а во хумидните реони се промива во подлабоките слоеви на почвата и во подземните води.

Количините на достапен бор во почвата за растенијата се менуваат во текот на годината. Во летните месеци кога недостатокот на вода ја ограничува активноста на почвените микроорганизми и ја намалува минерализацијата на органската материја може да дојде до недостаток на бор, посебно за растенијата што имаат поголема потреба за него. Условите што го ограничуваат разлагањето на органската материја, го ограничуваат и количеството на достапен бор во почвата. Во хумидни реони, посебно на песокливи почви доаѓа до негово промивање, поради што почвите со полесен механички состав се посиромашни со бор во однос на тие со потежок механички состав.

За достапноста на овој елемент има значење и реакцијата на почвениот раствор,

при што таа се намалува со наголемување на pH, со исклучок на солените почви. Во киселите почви, како резултат на промивање, може да се јави негов недостаток. Високата концентрација на калциум и калиум при ниска обезбеденост со бор исто така може да предизвика недоволна обезбеденост со бор за растенијата.

Овој елемент во мали количини е неопходен за растенијата, а во поголеми делува токсично. Токсичното дејство на бор е поизразено во аридните и семиаридните реони, кај почвите образувани врз супстрати богати со бор или во услови кога се наводнува со вода што содржи бор.

Недостатокот на бор се надоместува со ѓубрење на почвата и со фолијарно прскање на листовите на растенијата. Но, треба многу да се внимава бидејќи разликата помеѓу доволно и премногу бор е мала, така што и неговото ниско ниво за некои растенија може да биде штетно. Тоа значи дека овој елемент не треба да се внесува во почвата без претходно извршена контрола на истата.

Молибден

Од сите неопходни биогени елементи, молибденот во почвата е најмалку застапен (0,0001 – 0,0005 %). Потекнува од примарните минерали: молибденит MoS_2 , повелит CoMoO_4 , вулфенит PbMoO_4 и феромолибденит $\text{Fe}(\text{MoO}_4) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

Во обработливите почви неговата содржина се движи од 0,6 до 3,5 ppm, средно 2,0 ppm, а достапната форма за растенијата околу 0,2 ppm. Во различни соединенија се јавува како дво-, три-, четири-, пет- и шествалентен. Најважни се шествалентните.

Во почвата се наоѓа во составот на разни минерали, потоа сврзан со сесквиоксидите на железо и алуминиум, адсорбиран од страна на глинените минерали, сврзан со органската материја и во водорастворлива форма. Само мал дел од молибденот е достапен за растенијата и тоа во анјонска форма MoO_4^{2-} .

Молибденот што се наоѓа цврсто врзан за органската материја станува достапен за растенијата по минерализацијата. Во киселите почви и врзан за органската материја е достапен за растенијата.

Достапноста на молибден во почвата зависи од повеќе фактори: реакцијата pH на почвениот раствор, механичкиот состав, содржината на органска материја, влажноста, присуството на некои јони во почвата и др.

За разлика од другите неопходни микроелементи чија достапна форма за растенијата е поголема во кисела реакција, молибденот во таков случај цврсто се врзува и станува недостапен за растенијата. Неговата достапност се наголемува во услови на алкална реакција каде што се разменува со OH-анјоните и на тој начин станува достапен. Неговата достапност за растенијата се зголемува и со наголемување на содржината на вода во почвата.

Во добро обезбедените почви со достапен фосфор се наголемува достапноста на молибденот, а високата содржина на слободен Fe_2O_3 предизвикува негово намалување. Високата содржина на сулфати и бакар, поради антагонизмот при земање од страна на растенијата, предизвикува намалување на неговата акумулација во растенијата.

Недостаток од молибден се јавува кај киселите, промиени, песокливи почви со мала содржина на органска материја, како и во киселиот тресет.

Хлор

Од сите халогени елементи во педосферата најмногу има хлор. Неговата концентрација во почвата е променлива и се движи од 0 до 1 %. Содржината на

водорастворливи форми хлор се движи од 100 до 1 000 kg/ha.

Во педосферата овој елемент доаѓа со распаѓање на стените и минералите (апатит, борацит и др.), потоа преку атмосферските врнежи, органските и минерални ѓубрива, посебно калиумови ѓубрива, преку цврстите и течни комунални отпадоци и наводнување со води што содржат хлор.

Во почвата, хлорот се јавува во анјонска форма (Cl^-), во разни соли и врзан за органските материи. Неговата анјонска форма е присутна во поголема количина, така е многу мобилен и се карактеризира со висок коефициент на дифузија.

Скоро со сите катјони (алкални, земноалкални, манган, железо, алуминиум и др.) од почвениот раствор, хлорот образува соли што се лесно растворливи во вода.

Врзаниот хлор од органските материи се ослободува со нивна минерализација и преминува во почвениот раствор. Не се атсорбира од страна на почвените колоиди.

Во почвите со полесен механички состав и во услови на хумидна клима доаѓа до лесно промивање на хлорот од почвата, а негово акумулирање се случува во аридните реони, во солени почви и морски седименти.

Како микроелемент е потребен во исхраната на растенијата во мала количина. Поголем проблем за растенијата претставува неговото поголемо присуство, кое може да биде токсично, посебно за некои осетливи растенија (некои повеќегодишни овошни растенија, грав, памук) во споредба со недостатокот.

Натриум

Содржината на вкупен натриум во почвата во форма на Na_2O , се движи од 0,6 до 1 %. Во некои халоморфни (солени) почви, неговата содржина изнесува повеќе од 20 %, а учеството на атсорбираните Na^+ -јони во почвениот атсорптивен комплекс може да биде и до 80 % од Т. Најмногу натриумови јони има во примарните силикатни минерали: албит и нефелин (Na-плагиокласи). Со нивно распаѓање доаѓа до ослободување на натриумовите јони.

Се смета дека овој елемент не е неопходен во исхраната на растенијата. Слободните Na^+ -јони со анјоните NO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} и Cl^- образуваат леснорастворливи соли, кои во услови на повлажна клима се промиваат во подземните води, а во услови на аридна клима се акумулираат во поголема количина и се фактор за образување на солени почви.

Поголемата содржина на атсорбирани Na^+ -јони негативно влијае врз физичките, хемиските и биолошките својства на почвата. За растенијата, поголемата содржина на атсорбирани Na^+ -јони ја намалува достапноста на атсорбираните K^+ , Ca^{2+} -јони, а често и на NH_4^+ -јоните. Повеќето култури може успешно да се одгледуваат на почви богати со натриум, но само по успешно спроведени мелиоративни мерки (гипсирање).

15.4.2. Мерки за регулирање на хранливиот режим на почвата

Во претходните поглавја на учебникот каде што одделно се опишани и објаснети својствата (физички, физичко-механички и хемиски), како и режимите на почвата (воден, воздушен и тоplotен), разгледани се и бројни агротехнички и мелиоративни мерки со цел подобрување на условите во почвата за добивање на високи и квалитетни приноси од земјоделските култури. Сите тие мерки се значајни и за регулирање на хранливиот режим на почвата. Па, затоа земјоделците треба плански успешно (позитивно) да влијаат врз сите фактори од кои тој зависи, што е многу голема и сложена задача и бара многу знаење и практично искуство. При тоа, континуираната едукација и соработка на земјоделците со образовните и научните институции од областа на земјоделството се

приоритет за успешно земјоделско производство.

Најважната задача во регулирањето на хранливиот режим е да се обезбеди позитивен биланс на хранливите елементи во почвата. Тоа може да се постигне со наголемување на резервите на хранливи материи во почвата и со подобрување на условите за нивна мобилност, односно истите да бидат во достапна форма за растенијата. Паралелно со ова, треба да се влијае врз елиминација на непродуктивните загуби на хранливите елементи од почвата преку промивање, ерозија и ослободување во гасовита форма (волатизација) во приземната атмосфера.

Тука многу кратко се опишани неколку мерки, кои според повеќе автори најмногу придонесуваат за подобрување на хранливиот режим во почвата: ѓубрење, обработка, разни постапки за нега на посевите, борба против плевели, наводнување и плодород.

Ѓубрење е мерка преку која директно се внесуваат хранливи елементи во почвата. За да биде ѓубрењето рационално и ефикасно, потребно е да се направи контрола на плодност на почвата, како и на некои други својства што се поврзани со хранливиот режим на почвата. Исто така, треба да се води сметка и за потребите на културите што се одгледуваат во однос на хранливите елементи што се внесуваат преку ѓубривата (минерални, органски, микробиолошки, зелено ѓубрење и др.).

Хранливиот режим на почвата се подобрува со правилна и благовремена обработка на почвата, која опфаќа длабока есенска обработка, а во некои почви и продлабочување на ораничниот и подораничниот хоризонт, разровкување и разбивање на компактен хоризонт во почвата. Со тоа се овозможува подобрување на својствата и водно-воздушниот и топлотниот режим на почвата, како и лесно пробивање на коренот на растенијата. При овие услови, во почвата се наголемува содржината на достапни хранливи елементи што претходно се врзани за органските и минералните материи и како такви се недостапни за растенијата.

Разни постапки за нега на посевите, како што се разбивање на покорицата, растресување на компактниот површински слој на почвата и борбата против плевели, овозможуваат наголемување на резервите на вода во почвата, намалување на непродуктивните загуби преку евапорација, а со тоа и подобрување на водно-воздушниот режим, активноста на микроорганизмите и др. Сите постапки придонесуваат за наголемување на достапните хранливи елементи за растенијата.

Борбата против плевели која во денешно време сè повеќе се спроведува со помош на хемиски средства (хербициди), а не со обработка, го подобрува водниот и хранливиот режим на почвата. Кога плевелите се застапени во голема мера, тие се конкурентни на одгледуваните земјоделски култури и им ги „крадат“ хранливите елементи, водата, сончевите зраци, како резултат на што доаѓа до сериозно намалување на висината и квалитетот на приносите.

Бидејќи водата е еден од најзначајните фактори што влијае врз хранливиот режим на почвата, тоа значи дека сите мерки спроведени за подобрување на водниот режим (наводнување и одводнување) го подобруваат и хранливиот режим на почвата.

Плодородот (менување на културите во простор и време) е многу важна мерка за регулирање на хранливиот режим на почвата. При тоа, од големо значење е правилниот избор на култури и нивниот редослед во плодородот, бидејќи различни култури имаат различни потреби, некои поголеми, а некои помали во однос на хранливите елементи и вода во почвата. Од големо значење е воведувањето на многугодишни тревни растенија (луцерка, црвена детелина, граор и др.) во плодородот. Овие растенија го подобруваат хранливиот режим во почвата, посебно на азот (симбиотска азотофиксација), како и структурата и стабилноста на агрегатите што понатаму позитивно се одразува на физичките својства на почвата.

16. ПЛОДНОСТ И ПРОДУКТИВНОСТ НА ПОЧВАТА

Во претходните делови на учебникот, при опишување на педогенетските фактори и процеси, составот (минерален и органски дел) и својствата на почвата (физички, физичко-механички и хемиски) е објаснето како сите тие се одразуваат на плодноста на почвата.

Тука е направено кратко резиме, потенцирајќи ја плодноста на почвата како нејзино најсложено својство (карактеристика), и истовремено најважно за одгледување на културните растенија.

Знаејќи го сево ова, се дава одговор на прашањето: Зошто почвата треба да се проучува?

Па така, проучувањето на плодноста на почвата, како и на мерките за нејзиното одржување и наголемување, претставуваат една од најважните задачи во педологијата како наука од нејзиното појавување до денес.

За правилен раст и развој и за добивање на високи и квалитетни приноси од одгледуваните културни растенија, потребни се повеќе фактори и тоа: светлина, топлина, вода, воздух, храна (хранливи материи), механичка потпора и отсуство на инхибиторни материи (фактори).

Со исклучок на факторот светлина, сите останати целосно или делумно се обезбедуваат преку почвата, при што сите фактори се еднакво важни, незаменливи и треба да бидат постојано присутни во почвата за да се добијат високи, квалитетни и здрави приноси.

Оттука може да се заклучи дека плодноста на почвата претставува концепт што ги вклучува сите претходно наброени фактори. Плодноста е ново квалитетно својство на почвата како природно-историско тело по кое таа се разликува од компактните стени. Со плодноста се поврзуваат начинот на користење на почвата и добивањето на приноси од одгледуваните растенија.

Во педолошката литература постојат многу дефиниции за плодност на почвата. Помеѓу нив, најкоплетна е дефиницијата на Филиповски (1993), според која: *Под плодност на почвата се подразбира нејзината способност да ги снабдува културните растенија во текот на целиот нивни живот (вегетативен период), без прекин, истовремено и со потребно количество храна, вода, воздух и други потребни услови.*

Од дефиницијата се заклучува дека, во педологијата, на плодноста на почвата се гледа многу пошироко, за разлика од некои други дисциплини, каде што плодноста на почвата се поврзува само со нејзината обезбеденост со вкупно количество физиолошки активни материи (достапни хранливи елементи).

Се разликуваат повеќе видови плодност на почвата:

- » природна,
- » антропогена и
- » ефективна плодност.

Некои автори спомнуваат *потенцијална, релативна и економска* плодност на почвата.

Природната плодност, самото име кажува дека претставува плодност што почвата ја добива по природен пат како резултат на нејзиното образување под влијание на педогенетските фактори и процеси. Па така, во текот на педогенезата, за разлика од супстратот, образуваната почва добива три основни карактеристики значајни за одгледување на растенијата и тоа: *да задржува вода, воздух и хранливи материи.*

Во текот на физичкото и хемиското распаѓање на стените се образува растресита маса што задржува вода и воздух, а со хемиското распаѓање на примарните минерали се добиваат, меѓу другото, и растворливи соединенија на разните биогени елементи, со исклучок на азотните. Со ова, во растреситата маса се создаваат услови за населување на

вишите растенија, кои заедно со другите живи организми се главен фактор во синтезата и декомпозицијата на органската материја и во малото (биолошко) кружно движење, со кои се создава органскиот дел на почвата (органски отпадоци, хумус) и се акумулираат биогените елементи во површинскиот дел на почвата. Во сите овие процеси, организмите акумулираат големи количества енергија во почвата и овозможуваат егзистенција на идните генерации растенија и на целиот екосистем.

Антропогената плодност е карактеристична за земјоделските почви и се создава под влијание на човекот со преземање на соодветни агротехнички и мелиоративни мерки. Антропогената плодноста се менува и зависи од различното влијание на човекот, при што, може да се наголеми, но за жал, може и да се намали.

Двете заедно (природната и антропогената) ја сочинуваат *ефективната плодност* на почвата. Таа е синоним за продуктивност на почвата, според западноевропските и американските автори.

Плодноста на почвата како нејзино квалитетно својство не претставува константна големина. Таа се менува под влијание на различни фактори и процеси што се случуваат во самата почва, но и во непосредната околина.

Во литературата постои уште еден термин – *продуктивна способност на почвата*, што е поврзан со приносите од одгледуваните растенијата. Ова значи дека за добивање на високи и квалитетни приноси, покрај квалитетот на почвата, уште се значајни и климатските услови, биолошкиот капацитет на растенијата и друго.

продуктивност на почвата = висината на приносите = функција од плодноста на почвата, климата, растението и дејствувањето на човекот

Плодноста на почвата може да има релативно значење во однос на продуктивната способност. Тоа може да се објасни со следниов пример: Една иста почва не е еднакво продуктивна за секое растение, во сите климатски услови и во сите системи на агротехника. Посебно во нашите климатски услови, треба да се истакне фактот дека во реони каде што нема систем за наводнување и покрај сите навремено и правилно спроведени агротехнички и други мерки, продуктивната способност на почвата зависи од количината и распоредот на врнежите што доаѓаат од атмосферата во текот на вегетацијата, и понатаму имаат влијание врз водниот, воздушниот, топлотниот и хранливиот режим во почвата, а оттука и на висината на приносите од растенијата. Во контекст на ова многу често се слуша познатата фраза „родни и неродни години“.

Бидејќи плодноста на почвата е во тесна корелација со нејзините физички, хемиски и биолошки својства, како и од процесите што се одвиваат во неа, тоа значи дека почвите со висока плодност треба да исполнуваат некои услови и карактеристики.

Од физичките карактеристики, особено значење за плодноста имаат: длабочината на физиолошкиот активен слој во кој се развива коренот на растенијата, потоа механичкиот состав, структурата, порозноста, физичко-механичките и водно-воздушните и топлотните својства на почвата.

Плодните почви имаат длабок физиолошки активен и растресит слој во кој коренот лесно се развива, без никаков отпор при неговото пробивање низ почвената маса. Таквите почви се илести по механички состав, со стабилна зрнеста структура и образувани најчесто на лесни илести и глинести алувијални и делувијални наноси и на езерски седименти.

Во плодните почви има оптимално количество физиолошки активна вода, а со неа и мобилни достапни хранливи елементи во текот на целата вегетативна сезона.

Важен фактор за високата плодност на почвата е добрата порозност и аерираност, како и присуството на стабилни структурни агрегати, што ѝ овозможуваат на почвата обезбедување на оптимални количини на воздух (кислород) неопходен за дишење на коренот, педофауната, аеробната микрофлора и за интензивирање на процесите на

оксидација од кои зависи достапноста на хранливите елементи за растенијата.

Од физичките карактеристики, за плодноста на почвата значаен е поволниот топлотен режим за одвивање на сите животни функции на растенијата и за микробните, хемиските и физичките процеси во почвата.

Од хемиските карактеристики, особено значење, директно или индиректно за плодноста на почвата имаат: количината, составот и формите на хумус, реакцијата на почвениот раствор, пуферноста, високиот капацитет на адсорпција со полна доминација на адсорбираните Ca^{2+} -јони, високите вредности на редокс-потенцијалот, потоа содржината на достапни форми на неопходните макро и микроелементи, стимулативни материи за растенијата, како и отсуството на токсични материи.

Зрелиот хумус има многу позитивно влијание за плодноста на почвата. Неговата постепена минерализација овозможува ослободување на хранливи биогени елементи важни за исхраната на растенијата. Повеќето растенија оптимално се развиваат во слабо кисела до слабо алкална реакција на почвениот раствор со истовремено отсуство на материи што во поголема содржина влијаат токсично за нив: H^+ , OH^- , Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , а од гасовите: CH_4 , H_2S , H_2 , NH_3 и др.

Еден од најважните фактори за плодноста на почвата е поволниот хранлив режим, што подразбира доволна количина на сите потребни елементи во достапна форма, како и нивна добро изразена динамика и мобилност. Сево ова зависи од содржината на вода, воздух, топлина и активност на микрофлората и фауната во почвата.

Плодните почви со добри физички и хемиски својства се карактеризираат и со добри биолошки својства. Во нив има доволен број и застапеност на корисната микрофлора, микро и макрофауна, чија активност влијае и врз продуктивната способност на почвата.

Исто така, за плодните почви е карактеристично отсуството на инхибиторни фактори (непропустлив компактен хоризонт, присуство на плевели, штетници и болести, токсични штетни материи и др.).

Во земјоделските почви, од големо значење се агротехничките и мелиоративните мерки што човекот ги презема за одржување и наголемување на плодноста на почвата.

Крајната цел на ова е создавање на т.н. *културни почви што имаат длабок и растресит ораничен слој, стабилна зрнеста структура, поволен хранлив, воден, воздушен и топлотен режим, поволни хемиски и микробиолошки својства и што се без плевели, штетници и болести.*

Создавањето на културни почви е сложена и комплексна работа што бара многу познавање, работа и современи агротехнички и мелиоративни мерки, како што се:

- » Благовремена и правилна обработка на почвата, вклучително и продлабочување на ораничниот слој, како и повремено растресување на подораничниот слој со што се елиминира евентуална појава од компактност на почвата, како резултат на неправилна примена на тешка механизација;
- » Подобрување на физичките својства, посебно на структурата на почвата и нејзината стабилност, со што истовремено се подобруваат водно-воздушниот и топлотниот режим на почвата;
- » Спроведување на правилен систем на ѓубрење со внесување на минерални и органски (хумизација), па и микробиолошки ѓубрива според потребите на културите и по претходно направена контрола на плодноста на почвата;
- » Примена на наводнување и одводнување;
- » Подобрување на хемиските својства на почвата, пред сè реакцијата на почвата (калцизација на кисели и гипсирање на алкални почви);
- » Подигнување на *ветрозащитни појаси, снегозадржување* и друго.

За техниките на спроведување на одделните мерки за наголемување и одржување на плодноста на почвата на високо ниво се говори во други дисциплини (предметни програми) што се предаваат на нашиот факултет.

ЛИТЕРАТУРА

- Андреевски М. (1996): Состав на хумусот на почвите образувани врз варовник и доломит на планината Јабланица. Магистерски труд, ракопис, Скопје, стр. 1-42.
- Андреевски М., Петковски Д., Мукаетов Д. (2000): Состав на хумусот на кафеавите почви врз варовник и доломит и црвеница на планината Галичица. Симпозиум „Почвите и нивното искористување“, МАНУ, Скопје, стр. 93-103.
- Андреевски М. (2005): Услови за образување на лесивираните почви во Република Македонија и нивните својства. Докторска дисертација, ракопис, Скопје, стр. 1-162.
- Андреевски М., Мукаетов Д., Петковски Д., Василевски К. (2006): Прилог кон проучување на механичкиот состав на лесивираните почви во Република Македонија. Шумарски преглед, год. 41, Скопје, стр. 128-133.
- Андреевски М., Мукаетов Д., Митрикески Ј. (2007): Состав на хумусот на лесивираните почви во Република Македонија. Јубилеен годишен зборник на Факултетот за земјоделски науки и храна, година 53, Скопје, стр. 105-115.
- Андреевски М., Мукаетов Д., Миткова Т. (2008): Хемиски својства на лесивираните почви во Република Македонија образувани под различна вегетација. Годишен зборник на Факултетот за земјоделски науки и храна, година 53, Скопје, стр. 41-49.
- Андреевски М., Мукаетов Д., Миткова Т. (2011): Матичниот супстрат како педогенетски фактор за образување на лесивираните почви во Република Македонија. Годишен зборник на Факултетот за земјоделски науки и храна, Година 56, стр. 53-59, Скопје.
- Андреевски М., Мукаетов Д., Миткова Т. (2011): Релјефот како педогенетски фактор за образување на лесивираните почви во Република Македонија. Годишен зборник на Факултетот за земјоделски науки и храна, Година 56, стр. 61-68, Скопје.
- Андреевски М., Мукаетов Д., Миткова Т. (2011): Климата како педогенетски фактор за образување на лесивираните почви во Република Македонија. Годишен зборник на Факултетот за земјоделски науки и храна, Година 56, стр. 69-73, Скопје.
- Андреевски М., Миткова Т. (2010): Состав на хумусот на лесивираните почви во Република Македонија образувани врз различен матичен супстрат. Годишен зборник на Факултетот за земјоделски науки и храна, Скопје, Год. 55, стр. 93-103.
- Андреевски М. (2015): Почвите на подрачјето опфатено со листовите Охрид 1, 2, 3 и 4, Корча 1 и 2, Битола 1 и 3 и Лерин 1 на топографските карти 1: 50 000 (Источно од Гринич). Толковник. Издавач: Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје, Земјоделски институт - Скопје.
- Antić M., Jović N., Avdalović V. (1980): Pedologija, Naučna knjiga, Beograd.
- Antonović G. (1999): Pedološki leksikon. Unija bioloških naučnih društava Jugoslavije, Beograd, str. 1-493.
- Antonović G., Mrvić V. V. (2008): Zemljište sliva Nišave. Institut za zemljište. Beograd. str. 43 - 120.
- Bartlová J., Badalíková B., Pospíšilová L., Pokorný E., Šarapatka B. (2015): Water Stability

- of Soil Aggregates in Different Systems of Tillage. *Soil & Water Res.*, 10, 2015 (3): 147-154.
- Blinkov V., Petrovski P., Mitkova T. (2000): Soil degradation, current attitudes toward it, prospect as regards concrete actions in the R. Macedonia. *Proceedings of Conference soils in CEC, New Independent States, Central Asian Countries and Mongolia*, European Soil Bureau, Prague, pg. 140-147.
- Блинков И. (2001): Заштита на земјиштето од ерозија. Шумарски факултет, Скопје, стр. 1-292.
- Brady N. S., Well R. R.. (2008): *Nature and Properties of Soil*. The 14th Edition, University of Cornell and University of Meriland.
- Ćirić M. (1984): *Pedologija*, I izdanje, „Svjetlost“, OOUR Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Sarajevo.
- Cukaliev O, Mitkova T, Vukelic Sutovska M, Tanaskovik V, Markoski M. (2017): Soil and Water Resources as a Function of the Agricultural Production in the Republic of Macedonia. *Book of Abstracts, 3rd International Symposium for Agriculture and Food- ISAF*, pp. 319, Ohrid.
- Cunha L., Brown G., Stanton D. W. G., et al. (2016): Soil Animals and Pedogenesis, The Role of Earthworms in Anthropogenic Soils. *Soil Science*. https://journals.lww.com/soils-ci/Fulltext/2016/03000/Soil_Animals_and_Pedogenesis__The_Role_of.3.aspx?WT.mc_id=HPxADx20100319xMP.
- Cvetkovska M., Mitkova T., Mitrikeski J., Gjorgeva S., Markoski M. (2007): Overview of soil information and soil protection policies in the former Yugoslav Republic of Macedonia, *European Soil Bureau Research*, EUR 22646 EN, Ispra, pg. 55-62.
- Cvetkovska M, Mitkova M., Gjorgeva S, Vasilevski K. (2011): Producing an environmental progress indicator in management of contaminated sites. *International Scientific Thematic Conference „Soil Protection Activities and Soil Quality Monitoring in South Eastern Europe“*, JRC Scientific and Technical Reports, pg. 1-7, EUR 24889 EN, Ispra, Italy.
- Daniels L. W. Basic Soil Science. <https://www.dcr.virginia.gov/soil-and-water/document/nmtmscbss.pdf>.
- Driessen M. P., Dudal R. (1989): *Lecture notes on the Geography, formation, properties and use of the major soils of the World*. Agricultural University, Wageningen.
- Dugalić G.J., Gajić B.A. (2005): *Pedologija, Praktikum*. Agronomski fakultet, Čačak, str. 7-167.
- Dugalić J. G., Gajić A. B. (2012): *Pedologija*. Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Čačak.
- Duchaufour P. (1977): *Pédologie 1 Pedogenèse et Classification*, Masson, Paris.
- Durn G., Ottner F., Slovenec D. (1999): Mineralogical and geochemical indicators of the poly-genetic nature of terra rossa in Istria, Croatia. *Geoderma*. 91. p. p. 125 - 150.
- Djordjević A. (1993): Geneza, klasifikacija i osobine zemljišta krečnjačkog masiva Rajca kao osnove za njihovo racionalnije korišćenje. Univerzitet u Beogradu. Poljoprivredni fakultet, Zemun. Magisterski rad. str. 1 - 127.
- Edwards W. M. (1991): Soil structure: Processes and Management. In: *Soil Management for Sustainability*. Soil and Water Conservation Society. Ankeny, Iowa, pp. 7 - 14.
- Filipovski G., Ćirić M. (1963): *Zemljišta Jugoslavije*. Posebna publikacija. JDPZ. Beograd. N° 9.
- Filipovski G. (1982): Osnovne zakonitosti u geografiji zemljišta SR. Makedonije, *Zemljište i biljka*, vol. 31, N° 2, Beograd.
- Филиповски Ѓ., Митрически Ј., Петковски Д. (1985): Малеш и Пијанец, VI Почви. Одделение за биолошки и медицински науки, МАНУ, Скопје, стр. 5-186.
- Филиповски Ѓ. (1993): *Педологија*. Четврто и преработено издание. Универзитет „Кирил

- и Методиј“, Земјоделски факултет, Скопје.
- Филиповски Ѓ. (1993): Терминологија од областа на науката за почвата. Македонска терминологија, МАНУ, Скопје, стр. 3-362.
- Филиповски Ѓ. (1995): Почвите на Република Македонија, том I. Педогенетски фактори и класа на почви со (A)-C и (A)-R тип на профилот, МАНУ, Скопје.
- Филиповски Ѓ., Ризовски Р., Ристевски П. (1996): Карактеристики на климатско-вегетациско-почвените зони (региони) во Република Македонија. МАНУ, Скопје, стр. 11-177.
- Филиповски Ѓ. (1996): Поделба на Р Македонија во осум климатско-вегетациско-почвени подрачја (зони, региони). Македонска земјоделска ревија, № 43 (1-2), Скопје.
- Филиповски Ѓ. (1996): Почвите на Република Македонија, том II: Класа на хумусно-акумулативни почви со A-C и A-R тип на профилот, МАНУ, Скопје.
- Филиповски Ѓ. (1997): Почвите на Република Македонија, том III: Класа камбични почви со A-(B)-C и елувијално-илувијални почви со A-E-B-C тип на профилот, МАНУ, Скопје.
- Филиповски Ѓ. (1999): Почвите на Република Македонија, том IV: Хидроморфни почви, МАНУ, Скопје.
- Филиповски Ѓ. (2001): Почвите на Република Македонија, том V: Халоморфни почви, МАНУ, Скопје.
- Филиповски Ѓ. (2003): Деградација на почвите како компонента на животната средина во Република Македонија. МАНУ, Скопје, стр. 31-41.
- Филиповски Ѓ. (2004): Почвите на Република Македонија, том VI: Антропогени почви (антропосоли), МАНУ, Скопје.
- Филиповски Ѓ. (2015): Почвите на подрачјето опфатено со листовите Штип 2 и 4, Берово 1, 2, 3 и 4 и дел од Разлог 3 на топографските карти во размер 1 : 50 000 (Источно од Гринич). Толковник. Издавач: Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје. Земјоделски институт - Скопје.
- Филиповски Ѓ. (2015): Почвите на Република Македонија на топографските основа 1 : 200 000 (Источно од Гринич). Толковник. Издавач: Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје. Земјоделски институт - Скопје.
- Ганев С. (1990): Съвременна почвена химия, Издателство наука и изкуство, София.
- Gorbunov N.I. (1962): Zemljišni koloidi, Jugoslovansko društvo za proučavanje zemljišta, Beograd - Zemun.
- Ѓорѓевиќ Р. А., Радмановиќ Б. С. (2016): Педологија. Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Београд.
- Гюров Г., Артинова Н. (2001): Почвознание. Издателство „МАКРОС 2001“, Пловдив, стр. 8-474.
- Hakeem K.R., Akhtar J., Sabir M. (2017): Soil Science: Concepts and Applications. University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan, file: ///C:/Users/DELL/Downloads/soilscience-book%20(1).pdf.
- Husnjak S. (2014): Sistematika tala Hrvatske str. Hrvatska Sveučilišna Naklada, Zagreb, 7-43.
- Јекиќ М., Филиповски Ѓ. (1997): Терминологија од областа на агрохемијата со исхрана на растенијата. Македонска терминологија, МАНУ, Скопје, стр. 5-291.
- Jones M.N., Bryan N.D. (1998): Colloidal properties of humic substances. Adv. Colloid. Interface Sci. 78: 1-48.
- Јованов Д. (2010): Водно-физички и физичко-механички својства на смолниците распространети во штипскиот, пробиштипскиот и светиниколскиот регион (магистерски труд). Факултет за земјоделски науки и храна, Скопје.
- Jovanov D., Mitkova T., Ilievski M. (2012): Aggregate composition and water stability of structural aggregates of vertisols spread out in Stip, Probistip and Ovce Pole valleys. Scientific Journal in Agriculture, JCEA, Vol. 13, № 3, p. 483-492.

- Јовановски М., Гапковски Н., Пешевски И. (2012): Инженерска геологија. Градежен факултет, Скопје.
- Kostic N. (2000): Agropedologija. Beograd, str. 132-149.
- Lascano R.J., Sojka R.E. (2010): Irrigation of Agricultural Crops. Agronomy Monography, N°30, Second Edition, pp. 29-101.
- Louwagie G., Hubertus G. S., Bure A. (2009): Final report on the project „Sustainable Agriculture and Soil Conservation (SoCo)“. JRC Scientific and Thematic Reports, EUR 23820 EN.
- Маркоски М., Митrikesки Ј., Миткова Т. (2004): Генеза и својства на колувијалните почви распространети во околината на с. Драгожани - Битолско. Годишен Зборник на Факултетот за земјоделски науки и храна, Скопје, Година 49, стр. 179-185.
- Маркоски М. (2008): Физички и физичко-механички својства на черноземите распространети во Овче Поле (магистерски труд), Факултет за земјоделски науки и храна, Скопје.
- Markoski M., Mitkova T., Mitrikeski M., Cukaliev O., Tanaskovic V. (2009): The influence of mechanical composition on the retention curves at soil moistour in the chernozems. Soil and Plant, Vol. 58, N° 2, pg. 119-129, Beograd.
- Markoski M., Mitkova T. (2011): Physico-mechanical properties of the chernozems widespreaded in Ovce Pole, R. Macedonia. Soil and Plant, Beograd, Vol. 60, N° 2, pg. 53-66.
- Markoski M., Mitkova T., Rubinic V. (2011): Mineral composition of clay fraction of the chernozems spread out in Ovce Pole R. Macedonia. Agriculturae Conspectus Scientificus, 76,1. pg. 71-75.
- Markoski M., Mitkova T. (2012): „Soil Moisture Retention Changes in Terms of Mineralogical Composition of Clays Phase“. Book Clay Minerals in Nature - Their Characterization, Modification and Application, ISBN 978-953-51-0738-5, edited by Marta Valaškova and Gražyna Simha Martynkova.
- Маркоски М. (2013): Генеза и својства на почвите образувани врз варовници и доломити во Република Македонија (докторска дисертација). Факултет за земјоделски науки и храна, Скопје.
- Markoski M., Mitkova T., Tanaskovic V., Vasilevski K., Neckovski S. (2013). The influence of mechanical composition and organic matter on the retention curves at soil moistour in the Humic Calcaric Regosol. Book of Abstracts. The 1st International Congress on Soil Science XIII National Congress in Soil Science. Soil-Water-Plant, pg. 589-600.
- Маркоски М., Митrikesки Ј., Миткова Т. (2015): Почвите распространети на подрачјето опфатено со листовите Струмица 1, 2, 3, 4 и Демир Капија 2 и 4 на топографска основа 1:50 000 (Источно од Гринич). Толковник. Издавач: Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје. Земјоделски институт - Скопје.
- Markoski M., Mitkova T., Vasilevski K., Tomić Z., Andreevski M., Tanasković V., Nečkovski S. (2015): Natural conditions for the formation of the soils upon limestone and dolomite in the Republic of Macedonia. 02_SYMPOSIUM PROCEEDINGS_VOL II-URL. pdf, pp. 659-672.
- Markoski M., Mitkova T., Vasilevski K., Tomic Z., Tanaskovic V. (2015): The influence of texture on the water retention curves in the soil formed upon limestones and dolomites in the Republic of Macedonia. The XII Congress of the Croatian Society of Soil Science with International Participation „Sustainable Soil Management for Food and Environment Safety“, Dubrovnik, R Croatia, Agriculturae Conspectus Scientificus, Vol 80, N°1, pp. 31-37.
- Markoski M., Mitkova T., Vasilevski K., Tomic Z., Andreevski M., Tanaskovic V. (2015): Mechanical composition of the soils formed on limestones and dolomites in the Republic of Macedonia. MASA, Vol. 36, N° 1, pp. 43-50.

- Markoski M., Arsov S., Mitkova T., Janeska-Stamenkovska I. (2015): The Benefit GIS Technologies and Precision Agriculture Principles in Soil Nutrient Management for Agricultural Crop Production. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21 (N^o 3), pp. 554-559.
- Markoski M., Mitkova T., Vasilevski K. (2016): Genesis and properties of rankers spread out in the region of Konar-Pehchevo, R. Macedonia. III Savetovanje sa međunarodnim učešćem „Kvalitet zemljišta, održiva poljoprivreda i životna sredina“ i VI Konferencija sa međunarodnim učešćem „Remedijacija 2016“, Zbornik radova, Vršac, pp. 71-77.
- Markoski M., Mitkova T., Tanaskovik V., Spalevic V., Zgorelec Z. (2016): The influence of the parent material on the texture and water retention curves in the soil formed upon limestones and dolomites. *The Journal „Agriculture and Forestry“ Časopis „Poljoprivreda i šumarstvo“*, Podgorica, Montenegro, 62 (4): 175-192. DOI: 10.17707/AgricultFor-est.62.4.20.
- Markoski M., Mitkova T., Tanaskovik V., Spalevic V. (2018): Soil distribution in Strumica river basin and its importance for agricultural production. *Agriculture & Forestry*, Vol. 64 Issue 4: pp. 121-128.
- Markoski M., Barovic G., Mitkova T., Tanaskovic V., Spalevic V. (2018): Contents of exchangeable cations of soils formed upon limestones and dolomites. *Journal of Environmental Protection and Ecology* 19, N^o1, pp.127-138. ISSN.
- Markoski M., Mitkova T., Tanaskovic V., Spalevic V. (2019): Content of humus and soil pH of the soils formed upon limestones and dolomites. *CONTRIBUTIONS, Section of Natural, Mathematical and Biotechnical Sciences, MASA*, Vol. 40, N^o 2, pp. 151-160.
- Маркоски М., Миткова Т. (2020): Прирачник за добра земјоделска пракса и упатство за правилно земање на почвени проби за анализа на почвата во тутоуно производство. Сојуз на земјоделски здруженија, Прилеп и Факултет за земјоделски науки и храна во состав на УКИМ, Скопје.
- Markoski M., Mitkova T., Tanaskovik V., Nechkovski S., Spalevic V. (2020): The influence of soil texture and organic matter on the retention curves at soil moisture in the humic calcaric regosol of the Ovche Pole region. *Agriculture and Forestry*, 66 (2): pp. 33-44, Podgorica, Montenegro.
- Markoski M., Mitkova T., Tanaskovik V., Spalevic V., Novicevic, R. (2021): Soil distribution in Crna River basin and its importance for agricultural production. *Agriculture and Forestry*, 67 (1): 125-138.
- Martinović J. (1997): Tloznanstvo u zaštita okoliša. Priručnik za inženjere. Državna uprava za zaštitu okoliša Zagreb. p. 1 - 278.
- Mehra R. K. (2018): Textbook of Soil Science. Indian Council of Agricultural Research. <https://archive.org/details/textbookofsoilsc00unse/mode/2up>.
- Миткова Т. (1992): Состав на разменливите (атсорбирани) јони на циметните шумски почви во Кумановскиот и Прилепскиот реон. Магистерски труд, Скопје, стр. 1-80.
- Миткова Т., Митrikesки Ј. (1995): Состав на атсорбираните (разменливи) катјони на циметните шумски почви во Кумановскиот произведен реон. Македонска земјоделска ревија, Скопје, 1, стр. 19 - 26.
- Миткова Т., Митrikesки Ј., Трајкоски О. (1996): Состав на разменливите јони на циметните шумски почви во Прилепскиот регион. Македонска земјоделска ревија, Скопје, 1 - 2, стр. 15 - 19.
- Миткова Т. (1998): Генеза и својства на черноземите во Р Македонија (докторска дисертација). Земјоделски факултет, Скопје.
- Миткова Т., Митrikesки Ј. (1998): Состав на атсорбираните катјони на черноземите распространети во Тиквеш. Годишен зборник на Земјоделскиот факултет, Скопје, Година 43, стр 7-18.

- Миткова Т. (1998): Состав на хумусот во черноземите на Република Македонија. Македонска земјоделска ревија, Скопје бр. 45, (1-2), стр. 1-10.
- Миткова Т., Митrikesки Ј. (2000): Образување, генеза, еволуција и класификација на черноземите во Република Македонија. Зборник на трудови, МАНУ, Скопје, стр. 45-55.
- Mitkova T., Mitrikeski J. (2003): Humus composition of chernozems in Ovce Pole Region, Journal of Ecological Science, Vol. II, N^o 3-4, Sofia, pg. 60-63.
- Mitkova T., Mitrikeski J. (2005): Soils of the Republic of Macedonia, Soil Resources of Europe, Secound Edition, N^o9, Ispra, pg. 225-234.
- Mitkova T., Markoski M. (2008): Properties of the soils for vineyards in the Ramnik locality, Veles. Soil and Plant, Vol. 57, N^o 3, pg. 147-158, Beograd.
- Миткова Т., Митrikesки Ј., Маркоски М., Прентовиќ Т. (2009): Одржливо искористување на почвите во земјоделството како можност за нивна заштита. Меѓународен научен симпозиум - Географијата и одржливиот развој, Зборник на трудови, Македонско географско друштво, стр. 191 - 201, Охрид.
- Mitkova T., Markoski M., Mitrikeski M. (2009): Aggregate composition and aggregate stability of the chernozems spread out in Ovce Pole. Soil and Plant, Vol. 58, N^o 2, pg. 81-94, Beograd.
- Миткова Т., Маркоски М., Митrikesки Ј. (2011): Својства на почвите распространети во околината на Пехчево наменети за подигнување на насад од лешник. Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences, Vol. 57, 003, стр. 18-22.
- Mitkova T., Markoski M. (2012): Establishment of Soil Monitoring System in Republic of Macedonia. Symposium Proceedings, International Symposium for Agriculture and Food, Faculty of Agricultural Sciences and Food, Skopje, pg. 727-734.
- Mitkova T., Markoski M., Vasilevski K. (2013): Properties of the soils for olive plantation in the Selemli locality, Gevgelija. Book of Abstracts. The 1st International Congress on Soil Science XIII National Congress in Soil Science. Soil-Water-Plant, pg. 608-617.
- Миткова Т., Маркоски М. (2013): Прирачник за почвени анализи. Рурална коалиција, Здружение на фармери, УСАИД, Скопје.
- Миткова Т., Митrikesки Ј., Маркоски М. (2015): Почвите распространети на подрачјето опфатено со листовите Велес 2 и 4 и Штип 1 и 3 на топографска основа 1:50 000 (Источно од Гринич). Толковник. Издавач: Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје. Земјоделски институт - Скопје.
- Mitkova T., Markoski M., Prentovikj T. (2015): The influence of the substrate on properties of chernozems in the Republic of Macedonia. 02_SYMPOSIUM PROCEEDINGS_VOL II-URL.pdf, pp. 623-630.
- Миткова Т., Маркоски М., Блинков И., Димитриевски Д. (2016): Практичен водич и мерки за санација на почвите во поплавени подрачја. Издавач Федерација на фармерите на РМ, поддржано од проектот Институционална поддршка на ФФРМ заедно со We Effect (Шведски кооперативен центар).
- Mitkova T., Markoski M. (2017): Soil distribution in Bregalnica river basin and its importance for agricultural production. 2nd International and 14th National Congress of Soil Science Society of Serbia, Solutions and Projections for Sustainable Soil Management, Congress Proceedings, pp. 22-27, Novi Sad.
- Миткова Т., Манасиевска Симиќ С., Маркоски М. (2018): Влијание на загадувањето врз земјоделското производство во урбаните и периурбаните средини и можноста за производство на квалитетна и безбедна храна. Pollution Impact to Agricultural Production and Food Quality and Safety in Urban and Periurban zones. Book of Abstracts, „Загадување на градовите во Република Македонија: кои се решенијата?“, МАНУ, Скопје, pp. 60-61.
- Mitkova T., Markoski M. (2019): A review to the genesis, evolution and classification of the

- soils formed on limestones and dolomites in the Republic of Macedonia. CONTRIBUTIONS, Section of Natural, Mathematical and Biotechnical Sciences, MASA, Vol. 40, No 1, pp. 63-72.
- Митрикески Ј., Миткова Т., Петковски Д. (1991): Својства на смолниците распространети во околината на Липљан. Годишен зборник на Земјоделски факултет, Скопје, XXXV, стр. 17 - 26.
- Митрикески Ј., Петковски Д. (1988): Генеза, физиографија и калсификација на почвите на Тројачката котлина. Научна трибина. Тројачка котлина. Друштво за наука и уметност, Прилеп.
- Митрикески Ј., Миткова Т. (2000): Педолошка студија како неопходна подлога на водостопанската основа. Водостопанство на Република Македонија, Седмо советување, Струга, стр. 319 - 327.
- Митрикески Ј., Миткова Т., Ангелески А. (2000): Температурни промени во алувијалните почви во Гевгелиско, Кочанско и Беровско Поле. Зборник на трудови, МАНУ, Скопје, стр. 143-151.
- Mitrikeski J., Mitkova T. (2003): Humus composition of brown forest soils in the Republic of Macedonia, Bulgarian Journal of Ecological Science, Sofia, Vol. II, No 3-4, pg. 64-70.
- Митрикески Ј., Миткова Т. (2013): Практикум по педологија. Трето издание. Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Факултет за земјоделски науки и храна, Скопје.
- Митрикески Ј., Миткова Т., Маркоски М. (2015): Почвите распространети на подрачјето опфатено со листовите Прилеп 2 и 4, Демир Капија 1 и 3 и Кајмакчалан 2 на топографска основа 1:50 000 (Источно од Гринич). Толковник. Издавач: Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје. Земјоделски институт - Скопје.
- Morison J. I. L., Morecroft M. D. (2009): Plant Growth and Climate Change. Издадено на македонски јазик од Академски печат, Скопје, стр. 1-211.
- Мукаетов Д., Петковски Д., Андреевски М. (2000): Состав на разменливите јони на кафеавите почви врз варовник и доломит и црвеница на планината Галичица. Симпозиум „Почвите и нивното искористување“, МАНУ, Скопје, стр. 83-92.
- Mukaetov D., Andreevski M., Petkovski D. (2006): Hidrophysical and phisico-mechanical characteristics of the hydromorphic black soils in Pelagonija Valley. Zemljište i biljka, Beograd, Vol. 55, No1, pp. 11-18.
- Мулев М. (2006): Еколошки лексикон. „Алфа 94“ М.А., Скопје, стр. 1-249.
- Нинков Ј., Јакшић Д., Васин Ј., Перовић В., Јакшић С., Бањац Д., Живанов М., Маринковић Ј., Бјелић Д., Милић С., Томић Н., Марковић С., Васиљевић С., Милошевић Б. (2017): Карактеристике земљишта Нишког виноградарског рејона. Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, стр. 13-238.
- Пацаноски З., Костов Т. (2011). Енциклопедиски речник на агроеколошки и агротехнички поими и термини. Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Факултет за земјоделски науки и храна, Скопје, стр. 1-235.
- Пенков Д. М. (1996): Почвознание, „Агроинженеринг“- ЕООД, ИК „Агропрес“, 1-357, Софија.
- Петковски Д., Мукаетов Д., Андреевски М. (1994): Генеза, својства и распространетост на почвите во Полог. Годишен зборник на Земјоделскиот институт, книга XIII-XIV, Скопје, стр. 247-273.
- Петковски Д., Мукаетов Д., Андреевски М. (1995): Генеза и својства на почвите од Прилепско Мариово. Годишен зборник на Земјоделскиот институт на Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“, том XV, Скопје, стр. 145-168.
- Петковски Д., Мукаетов Д., Андреевски М. (1996): Почвите на планината Галичица. Македонска земјоделска ревија, година 43, бр. 1-2, Скопје, стр. 21-27.
- Петковски Д., Мукаетов Д., Андреевски М. (1997): Састав хумуса и атсорбованих катјона земљишта образованих на перидотитима и серпентинитима у Охридско-

- Струшком региону. Радови деветог конгреса Југословенског друштва за проучавање земљишта, Нови Сад, стр. 550-559.
- Петковски Д., Андреевски М. (2004): Генеза и својства на смолниците од околната на с. Делјадровце - Скопско. Годишен зборник на Факултетот за земјоделски науки и храна, година 49, Скопје, стр. 187-196.
- Petkovski D., Andreevski M., Mukaetov D., Vasilevski K. (2006): Genesis and characteristics of rankers at the Osogovo Mountains. *Zemljište i biljka*, Beograd, Vol. 55, N^o1, pp. 1-10.
- Петковски Д. (2015): Почвите на подрачјето опфатено со листовите Кустендил 3 и 4, Крива Паланка 1, 2, 3, 4 и дел од Куманово 2 и 4 на топографските карти во размер 1 : 50 000 (Источно од Гринич). Толковник. Издавач: Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје. Земјоделски институт - Скопје.
- Plaster J. E. (2009): *Soil Science and Management*. Published by Delmar, Cengage Learning Company. Издадено на македонски јазик од APC Ламина, ДОО, Скопје, 2011, стр. 1-485.
- Resulović H., Čustović H. (2002): *Pedologija*. Univerzitetski udžbenik. Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo.
- Sekulić P., Kastori R., Hadžić V. (2003): *Zaštita zemljišta od degradacije*. Naučni Institut za ratarstvo i povrtarstvo, pp. 11-223, Novi Sad.
- Smith K.A., Mullins C. (2001): *Soil and Environmental Analysis - Physical Methods*. Издадено на македонски јазик од APC Ламина, ДОО, Скопје, 2012, стр. 1-629.
- Snapp S., Pound B. (2008): *Agricultural Systems-Agroecology and rural innovation for development*, Elsevier Inc. Издадено на македонски јазик од APC Ламина, ДОО, Скопје, 2012, стр. 2-122.
- Soil Survey Division Staff (1993): Chapter 3. Examination and description of soils. Particle size distribution. In *Soil Survey Manual*, Soil Survey Division Staff (Ed.), pp. 136–140. United States Department of Agriculture Handbook No. 18, United States Government Printing Office, Washington, D.C
- Srinivasan A. (2006): *Handbook of Precision Agriculture*. Published by CRC Press. Издадено на македонски јазик од Нампрес, Скопје, стр. 3-85.
- Sumner M. E. (1999): *Handbook of Soil Science*. CRC Press. Boca Raton-London-New York-Washington, D.C.
- Škorić A. (1986): *Postanak, razvoj i sistematika tla*, Posebna izdanja poljoprivredne znanstvene smotre, Zagreb.
- Škorić A. (1991): *Sastav i svojstva tla*. Sveučilišta u Zagrebu, Fakultet poljoprivredni znanosti. Zagreb.
- Tančić N. (1993): Физички, хемијски и биолошки агенси контаминације земљишта. Универзитет у Београду, Полјопривредни факултет, Београд - Земун, стр. 15-26.
- Tančić N. (1994): *Pedologija I deo*. Универзитет у Београду, Полјопривредни факултет, Београд - Земун, стр. 1-245.
- Tomić Z. (2010): *Osnovi mineralogije*. Полјопривредни факултет, Универзитета у Београду, стр. 1-187.
- Toth G., Stolbovoy V., Montanarella L. (2007): *Soil Quality and Sustainability Evaluation*, A JRC Position Paper, EU 22721 EN.
- Totsche T. U., Amelung W., Gerzabek M. H., Guggenberger G., Klumpp E., Knief C., Lehn-dorff E., Mikutta R., Peth S., Prechtel A., Ray N., Knabner I. K. (2018): Microaggregates in soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2018, 181, 104-136.
- Tripathi D., Mani S., Mohinder Sh. (2020): *Fundamentals of Soil Science*. Singhhttps://rvskvv.net/images/EBook_Soil-Science_16.04.2020.pdf.
- Vajt R.E. (2009): *Understanding vineyard Soils*. Oxford University Press, Inc. Издадено на македонски јазик од APC Ламина, ДОО, Скопје, стр. 3-230.

- Василевски К., Маркоски М. (2015): Почвите распространети на подрачјето опфатено со секциите Гостивар 1, 2, 3, 3а и 4 и Скопје 1 и 3 на топографска основа 1 : 50 000 (Источно од Гринич). Толковник. Издавач: Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ -Скопје. Земјоделски институт - Скопје.
- Возбуцкая А. Е. (1968): Химия почвы. Издательство Висшая школа, Москва.
- Vukadinović V., Lončarić Z. (1998): Ishrana bilja. Poljoprivredni Fakultet, Osijek, pp.1-293.
- Vukadinović V., Vukadinović V. (2018): Zemljišni resursi, Vrednovanje poljoprivrednih zemljišnih resursa. Elektronsko izdanje (e- knjiga), ISBN 978-95358897-1-7, Osijek, pp.1-181.
- Vučić N. (1987): Vodni, vazdušni i toplotni režim zemljišta, VANU, Matrica srpska, Novi Sad, str. 1-320.
- Wilkinson D. M. (2006): Fundamental Processes in Ecology. Oxford University Press, Inc. Издадено на македонски јазик од Издавачки центар ТПИ, 2009, стр. 122-142.
- Živković D. M., Đorđević A. (2003): Pedologija. Prva Knjiga. Geneza, sastav i osobine zemljišta. Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2006). The impact assessment for the Thematic Strategy for Soil Protection (COM 231), Brussels.
 - Планетата Земја. (2006): Голема илустрирана енциклопедија, Младинска книга, Скопје.
 - <http://www.maksoil.ukim.mk/masis/>
 - <http://agroekologija.mk/>



ПОИМНИК (ПРЕГЛЕД И ОБЈАСНУВАЊЕ НА ТЕРМИНИ)**А**

абразија - ерозија под влијание на морските и езерските води.

агрегација - процес на образување на агрегатите со слепување на примарни честичици или микроагрегати.

аерација на почвата - размена меѓу целиот почвен воздух и атмосферскиот воздух или почесто меѓу одделните нивни гасови.

аеробни процеси - процеси што се јавуваат само во присуство на молекуларен кислород.

азотофиксација - процес на биолошко минување на молекуларниот азот (N_2) во органска форма или во форми достапни во биолошките процеси под влијанието на почвените микроорганизми - азотофиксатори.

аквифер - потповршински слој или слоеви на стени или други геолошки формации со задоволителна порозност и водопропустливост, кои што овозможуваат црпење на значајни количества подземни води.

активна киселост - слободни дисоцирани H^+ -јони во почвениот раствор.

акумулација - процес во педогенезата што се одвива со синтеза на нови материи од минерално и органско потекло или со нивни транспорт од еден и акумулација во друг хоризонт.

алкализација - обогатување на адсорптивниот комплекс со адсорбирани Na^+ -јони, што истиснуваат, обично, земноалкални јони (Ca^{2+} и Mg^{2+}).

амонификација - биохемиски процес со кој се добива амонијачен азот од азотните органски материи.

аморфен - без форма, некристален.

амфолитоид - колоидна честичка што може истовремено да има и позитивен и негативен полнеж.

анаеробни процеси - процеси што се јавуваат само во отсуство на молекуларниот кислород.

анизотропност - разлика помеѓу својствата и параметрите на објектот или средината во различни насоки.

анјон - негативно наелектризиран јон.

антропогена педотурбација - процес на физичко мешање на почвата под влијание на човекот и хомогенизација на почвата.

апсорпција - физиолошки процес на навлегување вода, минерални и органски материи и гасови во клетката.

аргилна педотурбација - физичко мешање на почвата под влијание на глината, како резултат на наизменично бабрење и собирање на волуменот со образување пукнатини во почвата.

аргилна обвивка (аргилан) - обвивка што се состои доминантно од минерална глина, често смешана со органска материја, оксиди на железото, манган и др.

аргилогенеза (аргилосинтеза) - процес во кој се образуваат глиненни минерали со распаѓање на примарните минерали.

ариден - се карактеризира со истакната сушност, т.е. со недоволна влажност за одгледување на културни растенија без наводнување.

асцедентно - движење на водата во почвата од долу нагоре.

атмосфера - воздушна обвивка околу Земјата.

атсорпција - задржување на катјоните на површината на негативно наелектризираните колоиди и на анјоните на позитивно наелектризираните колоиди на почвата.

атсорпција, супституциона - задржување на катјоните во почвата и нивна размена со катјоните од почвениот раствор.

атхезија - сили на молекуларно привлекување што држи површини на две супстанции во контакт (на пр. вода со почвени честици).

ацидификација - процес на атсорбирање на водородните јони во атсорптивниот комплекс наместо истиснатите бази.

ацидоид - минерални и органски колоиди во почвата што се негативно наелектризирани и затоа можат да атсорбираат катјони.

ацидофилни растенија - растителни видови што се приспособени да вегетираат на кисели станишта.

Б

базидофилни (базофилни) растенија - растенија што поднесуваат слабо алкална реакција на почвата.

базоид - колоид во почвата што се однесува како слаба база, бидејќи е способен да атсорбира катјони.

баулација - поусовершен начин на создавање гребени. На рамни терени и на потешки почви, при влажна клима се формираат големи и фиксни (постојани) блокови (прегони) за обработка и сеидба. Тие блокови, според италијанската терминологија се викаат баули, а целиот комплексен зафат се вика баулација. Баулацијата се изведува на тој начин што прво се врши риголовање на почвата, а потоа неколкукратно орање на гребените.

биотизација - населување на живите организми во мртвата литосфера.

бонитирање на земјиштето - операција на оценување на квалитетот на еден терен (земјиште), во која кон бонитетот на почвата се додава и оценувањето на главните фактори на природната средина (клима, релјеф, подземни води и др.).

биолошка атсорпција - процес во кој растворливите минерални хранливи материи на почвата минуваат во нерастворливи органски материи под влијание на живите организми.

биосфера - целокупен простор на планетата Земја во кој егзистира живот.

В

вклучок, вклученија - туѓо тело во почвата (школки, коски од животни, парчиња јаглен, парчиња тули и ќерамиди, разни остатоци на материјалната култура).

волатизација - процес на испарување на лесно испарливи течности. Волатизацијата на амонијакот е еден од начините на губење на азот од почвата.

Г

генетски - што е резултат на дејствувањето на педогенетските процеси (на пр. генетски хоризонт, генетски почвен профил, генетски почвен тип и др.).

гилгај - микрорелјеф што се добива со бабрење и контракција на почвата при промена на влажноста (педотурбација). Се јавува во почви богати со глинени минерали што бабрат и се контрахираат.

гипсирање - додавање гипс на почвата со цел да се неутрализира алкалната реакција и да се заменат адсорбираните Na^+ -јони со Ca^{2+} -јони во халоморфните почви.

Д

деалкализација - истиснување на Na^+ -јони од адсорптивниот комплекс и нивна замена најчесто со H^+ и Al^{3+} -јони.

деградација - снижување, влошување, губење на првобитните својства и др. (на пр. нарушување на физичките, хемиските и биолошките својства на почвата како резултат на намалување на содржината на хумус, закиселување, наголемување на компактоста, нарушување на водно-воздушниот режим, намалување на биолошката активност и др).

деагрегација - процеси во кои се разрушуваат агрегатите во почвата.

декарбонатизација - делумно или целосно промивање на карбонатите (примарни и секундарни) од почвата или од некој нејзин хоризонт.

декомпозиција - разлагање на органската мртва материја и нејзино понатамошно минерализирање.

деконтаминација - ослободување на корисните површини (почва, вода и др.) од разни видови загадувачи или штетни материи преку примена на деконтаминирачки агенси и активности.

денитрификација - микробиолошка трансформација (редукција) на нитратите и нитритите до гасовит азот N_2 , кој оди во атмосферата.

денудација - процес на отстранување на растреситиот материјал од земјината површина, најчесто целиот профил или дел од него и соголмување на цврстата стена под влијание на ветерот, водата, глечерите и др.

депозит, нанос - депозит натрупан на површината на Земјината кора како резултат од пренос и таложење од физичка, хемиска или биолошка природа. Преносните сили во природата се: вода, ветер, земјина тежа, човек.

депозиција (мокра) - таложење на материите што доаѓаат во почвата. Најчесто се случува со врнежите, при што материи се таложат од атмосферата во почвата.

десалинизација, отсолување - промивање на леснорастворливите соли од халоморфните почви, било природно било под влијание на нивното мелиорирање (антропогено промивање).

десикација - сушење или потполно исушување на организмот, негов дел или супстрат.

деструкција - процес на разрушување на некои карактеристични својства на почвата, како структурните агрегати, или адсорптивниот комплекс или некои други карактеристики на генетските почви.

десцендентно - движење на водата во почвата од горе надолу.

детритација (реголитизација) - образување на реголитот како резултат на физичко и хемиско распаѓање под влијание на надворешните фактори.

дефлокулација - дисперзија на честици во суспензија.

дефолијација - агротехничка мерка со која се предизвикува опаѓање на листовите на земјоделските култури со цел остварување на полесна жетва.

дехидратација - губење на водата од телото на одреден организам.

дијагенеза - стврдување на седиментни стени.

дипол - водородни врски за молекули што содржат водород. Молекулата на водата е електричен дипол.

дифузија - размена меѓу одделни гасови од почвениот и атмосферскиот воздух.

дренажа - одводнување, т.е. отстранување на излишната вода од почвата и спуштање на нивото на подземните води со поставување дренажи.

Ѓ

ѓон, плужен - потпочвен хоризонт или слој што има повисока привидна густина и пониска вкупна порозност отколку почвата над и под него, како резултат на обработката и други вештачки начини.

ѓубре, шталско - природно органско ѓубре што се состои од цврсти и течни животински екскременти смешани со постилка (слама и др.) во различна степен на разложеност.

ѓубрење - додавање ѓубре во почвата со цел да се наголеми нејзината плодност или на кој било супстрат што служи за пораст на растенијата.

Е

евапорација - испарување на водата од површината на почвата.

евапотранспирација - испарување на водата од површината на почвата и површината на водените базени (евапорација) и испарување на водата од растителните организми (транспирација). Евапорацијата е физички процес, а транспирацијата е физичко-физиолошки процес. Евапотранспирацијата ја опфаќа вкупно испарената вода по пат на евапорација и транспирација.

екскавација - длабење, ископување, вадење на нешто со помош на багер-екскаватор (машина за копање и вадење на земјата).

експозиција - изложеноста на теренот во однос на страните на светот, односно сончевата радијација.

ексфолијација - лупење на надворешните слоеви на стените.

елувијација - процес на промивање на одделни елементи, глина, хумус, сесквиоксиди и др.

енцим - сложена органска материја со протеинска природа, продукт на животот на клетката што ги катализира процесите на синтеза и разложување на органските материи.

ерозија - промена на површинскиот слој на земјишниот релјеф, како последица на дејството на дожд, мраз, снег, ветер, температурни разлики, површински води и човекот.

ерозија, браздеста - ерозија со која се формираат многубројни мали канали длабоки само неколку сантиметри.

З

заситеност со базични катјони, степен (V) - количество на сите атсорбирани базични катјони пресметано во проценти од капацитетот на атсорпција, т.е. од сите атсорбирани јони.

засолување - процес со кој почвата се обогатува со лесно растворливи соли.

зета потенцијал - разлика во електричниот потенцијал помеѓу двете обвивки на двојниот електричен слој на колоидната честица.

зол - состојба на еден колоиден систем во кој дисперзната фаза не е коагулирана (пептизирана состојба). Во почвата колоидите најчесто се пептизирани ако се заситени со Na^+ -јони.

И

иловица - текстурна класа (САД) во која почвениот материјал содржи 7 - 27 % глина, 28 - 50 % прав и 4 % песок.

илувијација - задржување на промиените материи (глина, хумус, сесквиоксиди) од елувијалниот хоризонт и образување на илувијален хоризонт.

имобилизација - процес на минување на еден елемент од неорганска во органска форма во растенијата и микроорганизмите, со што станува недостапен за другите растенија и микроорганизми.

инклинација - наклон (пад), аголот што релјефската форма го образува со хоризонталната површина.

инсолација - директно сончево зрачење чиешто траење се изразува со број на светлосни часови во текот на еден ден, месец или година на едно место.

интерцепција - задржување на водата на надземните делови од растенијата и нејзино испарување назад во атмосферскиот воздух.

инфилтрација - впивање, навлегување на водата во почвата.

инфрацрвени зраци - невидливи зраци на сончевиот спектар со бранова должина од 760 до 100 000 nm, кои се одликуваат со топлинско својство.

инхибира - задржува, спречува некој процес.

инхибиторни фактори - фактори што нешто ограничуваат, спречуваат, запираат.

иреверзибилен - неповратен, процеси чиј правец не може да се врати назад.

J

јаловица - исфрлен материјал (почвен, геолошки супстрат, руда, јаглен и разни отпадоци од индустријата).

K

калцизација - а. збогатување на кој било хоризонт со CaCO_3 . б. збогатување на атсорптивниот комплекс со Ca^{2+} -јони. в. мелиоративна мерка за подобрување на киселите почви со додавање на CaCO_3 .

капацитет на атсорпција на катјони - вкупно количество на атсорбирани катјони што една почва може да атсорбира, означено во cmol/kg почва.

капиларни пори - ситни пори (помали од 30 до 75 μm) што се јавуваат во самите агрегати меѓу примарните честички или меѓу микроструктурните агрегати. Се означуваат и како микропори.

катјон - јон со позитивен полнеж.

коагулација - појава во почвата кога диспергираните колоиди под влијание на некој коагулант (најчесто дво- или тривалентни катјони) се здружуваат помеѓу себе и со други честички, формирајќи микроагрегати.

колоид, почвен - органски, неоргански и органоминарални честички помали од 2 μm .

компактност, набивање на почвата - процес на разрушување на структурата и на трансформација на почвата во компактна маса најчесто од тежината на земјоделската механизација при обработка на почвата, при што се намалува вкупната порозност на почвата.

компост - органски отпадоци или мешавина на органски отпадоци и почва, што се мешаат, се ставаат во куп, се навлажуваат со или без додавање на минерални ѓубриња и вар. Тие подлежат на термофилно разложување сè додека органските материи не се изменат значително, и физички и хемиски. Крајниот продукт ѝ се додава на почвата и се меша. Се означува како вештачко шталско ѓубре.

кондукција - спроведување, пренос на топлина.

конкреции - новообразувања што претставуваат стврднати локални насобирања од некои

хемиски соединенија (гипс, CaCO_3 , оксиди на Fe и Mn) во вид на зрнца и јазолчиња што се разликуваат по својата форма, големина, тврдост и боја.

копролити - биолошки новообразувања што се резултат од животната активност на почвената фауна (во прв ред земните глисти и ларвите на инсекти). Тие претставуваат екскременти на оваа фауна и се состојат од агрегати во кои се слепени голем број почвени честици со слузеста материја, бидејќи минале низ телото на животните.

кохезија - сила на привлекување меѓу исти материи.

кротовина - биолошко новообразување, коешто претставува поранешен ходник на животни. Се јавува во еден хоризонт и е исполнет со органска материја или со материјал од друг хоризонт.

Л

лесивирање - процес на промивање (елувијација) на пептизирани честици глина, хумус и останати материи од хоризонтот E во подлабоките слоеви, односно хоризонти и образување на аргилувичен Bt-хоризонт.

лесни кукли - карбонатни конкреции со неправилна форма и разни израсоти што се јавуваат во лесот и личат на кукли.

литичен контакт - претставува остра граница меѓу почвата и тврдиот, сврзаниот матичен супстрат.

литолошки дисконтинуитет - остра граница меѓу два слоја со различни својства во еден седимент или во почвата.

литосфера - во геологијата Земјината камена кора; карпеста обвивка дебела околу 120 km.

М

матичен супстрат - растресит (несврзан) материјал од кој е образуван и солумот со педогенетски процеси.

матичен супстрат, резидуален - реголит образуван на самото место („in situ“) со распаѓање на цврстата стена под него.

матичен супстрат, транспортиран - реголит пренесен од едно и седиментиран (наталожен) на друго место.

матрикс - во микроморфологијата тоа е почвен материјал на најпростиот структурен елемент (педот). Се состои од плазма, скелетни зрнца и празнини.

меланизација - педогенетски процеси со кои се образува рендзина и чернозем.

мелиорација на почвите - комплекс на технички, хидротехнички, педомелиоративни и агрометриоративни мерки, кои се применуваат за радикално и трајно подобрување на непродуктивните или слабо продуктивните почви со елиминирање на факторите што ја ограничуваат нивната плодност.

метаморфоза - промена на обликот, трансформација, преод од еден во друг стадиум.

микроклима - а. клима на мал ареал (локална клима) што се карактеризира со специфични измени поради малите разлики во надморска височина, експозицијата и други локални фактори. б. клима на воздушниот слој непосредно до почвата, во еден мал ареал. Таа е изменета најчесто под влијание на вегетацијата (клима во шумата, клима во пченичното поле до височина на растенијата и др.). Почвата има своја микроклима (педоклима), која се карактеризира главно со својот воден, воздушен и топлински режим.

минерал на глината - минерали со димензија на глината. Претставуваат главно кристали на хидратисани алумосиликати од класата на филосиликати или се аморфни од групата на алофани.

минерализација - процес на биолошко разлагање на органските материи до крајни продукти.

мулчирање - покривање на почвата со различни материјали од органско (слама, растителни остатоци, арско губре, компост и сл.) и неорганско (PVC-фолии, камења и сл.) потекло, со цел намалување на ерозијата на почвата, спречување на прекумерната евапорација, силно загревање и појава на плевели.

Н

наклон - агол што наклонетата површина на релјефот го образува со хоризонталната површина. Се изразува во степени или проценти.

незаситеност - дел од капацитетот на адсорпцијата што е зафатен со адсорбирани кисели јони (H^+ и Al^{3+}).

некапиларни пори - крупни пори (поголеми од 30 до 75 μm) што се јавуваат во вид на големи пукнатини, канали и каналчиња, образувани од фауната и растителните корења и особено во вид на празнини меѓу макроструктурните агрегати и покрупните примарни честички. Се означуваат и како макропори.

неутрофилни растенија - растенија што се развиваат во неутрална реакција на почвениот раствор.

нитрификација - биолошка оксидација на амонијакот или на други редуцирани форми на азот во почвата до нитрати од страна на бактериите нитрификатори.

новообразувања - насобирања од различни материи во почвениот профил образувани и акумулирани во текот на педогенезата.

нутриенти - хранливи материи, односно хранлива супстанција, хемиски елемент или органски или неоргански супстанции што организмите ги користат при примарната продукција.

О

обработка, контурна - што се врши по изохипси со определена толеранција со цел да се заштити почвата од ерозија.

оглејување - редукција на тривалентното железо до двовалентно во анаеробни услови, т.е. во почви заситени со вода.

оксидација - хемиски процес односно реакција во која кислородот се сврзува со друга материја.

оподзолување - педогенетски процес што се карактеризира со транслокација од горниот во долниот хоризонт на сесквиоксидите на железото и/или на алуминиумот и/или на органските материи, со што се формира горен елувијален Е-хоризонт и долен хумо-илувијален Bh, ферум илувијален Bfe или хумо-ферум-илувијален Bfe,h хоризонт.

П

палеосоли - почви чиито профили на полно или делумно се формирани во минатото во поинакви услови од денешните.

педогенеза - или почвообразување. Дел од педологијата што се занимава со изучувањето на педогенетски фактори и процеси со кои се образува и еволуира почвата.

педогенетски фактори - фактори (матичен супстрат, релјеф, клима, живи организми и време) под чие влијание се образува почвата.

педоклима - климата на почвата (температура, влажност и др.) што битно се разликува од атмосферската клима, макар што во голем степен зависи од неа.

педолошка карта - карта што ја покажува дистрибуцијата (распространетоста) на почвените типови, асоцијации, комплекси и други картографски единици, означени во легендите на картата и усогласени со таксономските единици на применетата класификација.

педон - тридимензионално почвено тело со странични димензии, доволно широки за да можат да се проучат хоризонтите и односот меѓу нив. Формата на ова тело е имагинарна и претставува хексагонален паралелопипед. Во хоризонтална насока изнесува 1 до 10 m. Во вертикална насока, границата е меѓу она што е почва и што не е почва.

педосфера - сите почви во природата. Тоа е површински слој на Земјата во кој се образувани почвите/или во кој се одвиваат современи педогенетски процеси.

педотурбација - процес на биолошко и физичко мешање на почвената маса и хомогенизирање на почвата.

педотурбација, фаунална - физичко мешање на почвата со учество на фауната (вишите животни).

пептизација - процес со кој честичките (почвените колоиди) на дисперзионата фаза се суспендирани во дисперзионата средина (почвениот раствор). Со овој процес се ослободуваат индивидуалните честички од коагулираните колоиди.

перколација - вертикално движење на водата во почвата заситена со вода. Се означува и како цedeње.

пермафрост - замрзната почва. Тоа е слој во кој температурата е вечно на 0 °C или под неа.

пестициди - хемиски материи што се користат во земјоделството и шумарството во борбата против болестите, штетниците и плевелите.

петрографија - гранка на геологијата што ги проучува стените од гледиштето на нивните минералозки, структурни, геохемиски и палеобиолошки карактеристики, од гледиштето на нивната генеза и палеографските услови во кои се формирани.

плодоред - сменување на културите на иста парцела секоја година по определен ред, што потоа пак се повторува.

полипедон - два или повеќе педони, чиито својства се во рамките на дефиницијата дадена за најниската таксономска единица - формата. Се означува и како почвено тело.

почвен атсорптивен комплекс - сите минерални и органски материи во почвата што можат да атсорбираат јони и да ги разменуваат со други јони од почвениот раствор.

почвен профил - вертикален пресек на почвата, кој покажува сукцесија на почвени хоризонти образувани во процесот на педогенезата, природен или модифициран антропогено. Во почвениот профил е вклучен солумот и хоризонтот C.

промивање - преместување надолу со помош на водата на молекулско-јонските и диспергираните (глинести) честички низ целата должина на профилот или само во неговиот горен дел.

пуферни материи - состојки на цврстата и течната фаза на почвата што се спротивставуваат на позначајните промени на pH на почвениот раствор.

пуферна способност - својство на почвата да им се спротивставува на промените на својата реакција, благодарейќи на пуферните системи што ги содржи.

Р

растресит - со ниска привидна густина и мошне слаба сврзаност.

реверзибилен - повратен, процеси чиј правец може да се врати назад.

реголит - растресит геолошки супстрат.

редокс потенцијал - пренесување на електрони во почвениот раствор. Едни материи

во почвениот раствор испуштаат електрони, т.е. оксидираат, а други материи примаат електрони, т.е. се редуцираат.

редукција - процеси на примање електрони.

резервна (потенцијална) киселост - сумата на сите адсорбирани H^+ и Al^{3+} -јони изразена во mol/kg почва. Таа е еднаква на незаситеноста на почвата со базични јони.

ретенција - задржување.

рецентни наноси - млади современи наноси.

риголување - мелиоративна мерка на почвата. Риголувањето претставува посебен начин на орање со превртување на почвата на голема длабочина (50 - 100 cm), а понекогаш и до 200 cm. Се применува за садење на дрвенести видови (лозови и овошни насади, шумски видови и сл.).

ригосолизација - антропогени процеси со кои се образуваат ригосоли.

ризосолизација - антропогени процеси со кои се образуваат ризосоли.

ризосфера - зона на почвата во која се јавува кореновиот систем. Тоа е тенка зона на почвата околу корењата на растенијата, во која се манифестира директното влијание на кореновиот систем и во која растителните живи организми укажуваат влијание врз микроорганизмите.

С

салинизација - процес со кој се акумулираат растворливите соли (хлориди, сулфати, сода) во делови на почвениот профил.

седиментација - таложeње на цврсти честици од водна суспензија со слободно паѓање или центрифугирање.

сесквиоксиди - оксиди во кои на металниот јон се сврзува 1,5 јон на кислород.

сидерација - заорување на свежа органска маса во почвата, со цел одржување или зголемување на плодноста на почвата.

симбиоза - заеднички живот на два различни организма, од кој (живот) и двата имаат полза.

слој - геолошките слоеви се јавуваат во седиментите (транспортираниот реголит) и не се резултат на педогенетските процеси, туку од геолошките процеси на седиментацијата.

солум - дел од почвениот профил над матичниот супстрат.

субиригација - метод на наводнување на почвата преку подземни цевки што се наоѓаат на одредена длабочина во почвата. Субиригацијата е релативно скап метод на наводнување, но многу рационален во однос на потрошената вода.

сулфофикација - процес на биолошка оксидација на сулфурот или неговите соединенија до сулфурна киселина. Се врши под влијание на сулфобактериите.

супституција, изоморфна - замена на еден атом со друг со слична големина (но не е потребно да биде со иста валентност) во кристалната мрежа без разрушување или сериозна промена на структурата.

супстрат - цврста или растресита стена што се наоѓа под солумот (хор. С или R).

Т

тераса, алувијална - рамна површина покрај реките формирана со таложeње на речен нанос.

терестричен - земјен, копнен.

транспирација - физиолошки процес со кој се испарува водата од растенијата.

Ф

фиксација - процес на минување на еден елемент во почвата од растворлива, адсорбирана и леснодостапна форма за растенијата во форма што е релативно нерастворлива или недостапна за растенијата.

фитомелиорации - мелиоративна мерка со одгледување на многугодишни треви што ја штитат почвата од ерозија.

фулвокиселина - фракција на почвениот хумус што се раствора во разреден алкален раствор, од кој не се таложи при закиселување. Има светла боја, што варира од светло- до темножолта. Фулвокиселините содржат помалку јаглерод, а повеќе кислород од хуминските киселини, имаат поизразита киселост и понизок степен на кондензација на ароматичното јадро.

Х

халофитска вегетација - вегетација составена од растителни видови што се адаптирани да вегетираат во станишта со висока содржина на соли.

хемиска адсорпција - задржување на соединенија во почвата со хемиски реакции.

хидратација - а. процес на хемиско распаѓање на минералите со сврзување на одделни молекули и јони со молекули на вода. б. меѓудејство на површината на колоидните честици на почвата со електричен полнеж и јоните и молекулите на вода во вид на хидратациона вода.

хидролиза - хемиска реакција меѓу молекулите на една сол и молекулите вода со која се добива киселина (или кисела сол) или база (или базична сол).

хидроморфизам - постојано или повремено дополнително влажење во почвата.

хидропоник - одгледување растенија во хранливи раствори како единствени извори на хранливи материи за растението.

хоризонт - почвениот хоризонт претставува слој (зона) на почвата приближно паралелен со почвената површина, настанат со педогенетски процеси и се разликува од соседните хоризонти, со кои е генетски сврзан, по своите физички, хемиски и биолошки својства или карактеристики какви што се: боја, структура, текстура, конзистенција, вид и број на присутните организми, степен на киселост или базичност и др.

хумизација - мерки што подразбираат внесување на органски материи во почвата со цел одржување и подобрување на плодноста на почвата.

хуминска киселина - фракција на хумусните материи во почвата, со темна боја, растворлива во разредени базични раствори, коишто се таложат во овој раствор со додавање на минерални киселини.

хумификација - преобразба на органските отпадоци во хумус со биолошка активност, микробиолошка синтеза и хемиски реакции.

хумус, мор, суров - тип на шумски хумус при кој нема мешање на површинските органски материи со минералниот дел на почвата.

хумус, мул - тип на зрел хумус добиен со интензивна биолошка активност на трансформација на органските отпадоци од тревната и листопадната вегетација под влијание на црви и бактерии, во услови на умерено топла и топла клима.

хумус, сирозем - форма на хумус што се состои од одделни слабо распаднати растителни отпадоци во минералната маса на почвата.

ПЕЧАТЕЊЕТО НА КНИГАТА ГО ПОТПОМОГНАА:

АГРО ЈУНИКОМ



AGRO JUNIKOM

ХЕМОМАК ПЕСТИЦИДИ



**ХЕМОМАК
ПЕСТИЦИДИ**

АГРОСТАРТ КУМАНОВО



АГРОСТАРТ

ТД ДЗП КЛЕЧОВЦЕ ДООЕЛ

 **Клечовце**

МАКМАНИЯ И КСПЕРТ



ГЕОТЕРМИКА ДРС



ИНТЕР ЕВРОГЕНЕКС



АГРОУНИК МАКЕДОНИЈА ДООЕЛ



МАНОВ ДЕЛЧЕВО



СЕМЕНАРНА СК

SemenarnaSK

АЛКАЛОИД СКОПЈЕ



**АЛКАЛОИД
СКОПЈЕ**

www.alkaloid.com.mk



СЕКЕ ПРИЛЕП

