

Міністерство освіти і науки України

**Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя**

*Кафедра технічної механіки та
сільськогосподарських машин*

АГРОЗАХИСТ

навчальний посібник

для здобувачів освіти спеціальності
208 «Агроінженерія»

Тернопіль
2025

УДК 631+635

X 76

ISBN: 978-617-7875-89-4

Укладачі:

Н. І. Хомик, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
технічної механіки та сільськогосподарських машин

В. В. Мартинюк, доктор філософії, спеціальність Біологія,
асистент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин

А. В. Бабій, доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин

Г. Б. Цьонь, кандидат технічних наук, старший викладач
кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин

Т. А. Довбуш, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
технічної механіки та сільськогосподарських машин

А.Д. Довбуш, старший викладач кафедри
технічної механіки та сільськогосподарських машин

Рецензенти:

Оксана СТОЛЯР, д.б.н., професор, професор кафедри хімії та методики її навчання
Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка

Ольга КРУПА, к.т.н., доцент, доцент кафедри харчової біотехнології і хімії
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Схвалено й рекомендовано до друку та впровадження у навчальний процес
на засіданні вченої ради ТНТУ імені Івана Пулюя,
протокол № 2 від 19.02.2025 р.

Хомик Н.І.

X 76 Хомик Н.І. та ін. Агрозахист: навчальний посібник / Н. І. Хомик,
В. В. Мартинюк, А. В. Бабій, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш,
А. Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.

Посібник розроблено відповідно до навчальної програми і призначено для здобувачів освіти спеціальності 208 «Агроінженерія», може бути рекомендований і для фахівців інших спеціальностей, які цікавляться рослинництвом, землеробством та ґрунтознавством. У посібнику вміщені матеріали, які висвітлюють такі теми: умови живлення культурних рослин та їх вплив на урожайність; роль макро- і мікроелементів у живленні культурних рослин; рослинна діагностика живлення сільськогосподарських культур; бур'яни та заходи боротьби з ними; шкідники сільськогосподарських культур та їх природні вороги; хвороби сільськогосподарських культур; захист рослин і заходи боротьби зі шкідниками та хворобами сільськогосподарських культур; застосування пестицидів в агропромисловому виробництві та захист навколишнього середовища; запобігання процесам руйнування ґрунтів в агровиробництві.

ISBN: 978-617-7875-89-4

© Хомик Н. І., Мартинюк В. В.,
Бабій А. В., Цьонь Г. Б.,
Довбуш Т. А., Довбуш А. Д., 2025
© ФОП Паляниця В. А., 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	стр. 7
ТЕМА 1. ПРЕДМЕТ, ЗМІСТ І ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ. УМОВИ ЖИВЛЕННЯ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН ТА ЇХ ВПЛИВ НА УРОЖАЙНІСТЬ. РОЛЬ МАКРО- І МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ЖИВЛЕННІ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН. РОСЛИННА ДІАГНОСТИКА ЖИВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР.....	9
1.1. Предмет, зміст і завдання навчальної дисципліни.....	10
1.2. Фактори життєдіяльності рослин і прийоми їх регулювання. Основи живлення рослин.....	10
1.3. Хімічні елементи, їх сполуки у ґрунті та у складі культурних рослин.....	21
1.3.1. Хімічні елементи та їх сполуки у ґрунті.....	21
1.3.2. Хімічні властивості ґрунту.....	32
1.3.3. Хімічні елементи у складі культурних рослин.....	38
1.4. Поживний режим ґрунту та його регулювання.....	42
1.5. Оптимізація умов живлення культурних рослин та їх вплив на урожайність і якість вирощеної продукції.....	44
1.6. Роль макро- і мікроелементів у живленні культурних рослин.....	49
1.6.1. Макроелементи у живленні рослин.....	49
1.6.2. Мікроелементи у живленні рослин.....	54
1.7. Регулювання вмісту макро- та мікроелементів у ґрунті.....	55
1.8. Значення основних сільськогосподарських культур.....	60
1.9. Рослинна діагностика живлення сільськогосподарських культур.....	74
ТЕМА 2. БУР'ЯНИ ТА ЗАХОДИ БОРОТЬБИ З НИМИ.....	88
2.1. Загальні теоретичні відомості про бур'яни. Біологічні особливості бур'янів. Шкідливість бур'янів для сільськогосподарських культур.....	89
2.1.1. Біологічні особливості бур'янів.....	90
2.1.2. Шкідливість бур'янів для сільськогосподарських культур.....	93
2.2. Класифікація бур'янів.....	96
2.2.1. Малорічні бур'яни.....	100
2.2.2. Багаторічні бур'яни.....	108
2.2.3. Карантинні бур'яни.....	117
2.3. Способи визначення забур'яненості полів.....	121
2.4. Заходи боротьби з бур'янами.....	122
2.4.1. Запобіжні заходи.....	122
2.4.2. Агротехнічні заходи.....	124
2.4.3. Хімічні заходи. Класифікація гербіцидів.....	128
2.4.4. Умови ефективного використання гербіцидів.....	131
2.4.5. Розрахунок доз внесення гербіцидів.....	133
2.4.6. Біологічні особливості використання гербіцидів. Запобігання забрудненню навколишнього середовища гербіцидами.....	134
2.4.7. Біологічні заходи.....	136
2.4.8. Інтегрована система боротьби з бур'янами.....	142

ТЕМА 3. ШКІДНИКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ТА ЇХ ПРИРОДНІ ВОРОГИ.....	144
3.1. Біологічна класифікація живих організмів. Основні шкідники сільськогосподарських культур.....	145
3.1.1. Шкідливі нематоди.....	146
3.1.2. Шкідливі членистоногі.....	157
3.1.3. Шкідливі молюски.....	163
3.1.4. Шкідливі хордові.....	165
3.1.5. Заходи спрямовані на боротьбу з гризунами.....	168
3.2. Поняття про ентомологію, причини поширення – комах-шкідників сільськогосподарських культур.....	169
3.3. Загальні відомості про комах – шкідників сільськогосподарських культур.....	172
3.4. Типи пошкодження культурних рослин комахами-шкідниками.....	180
3.5. Комахи-шкідники зернових і зернобобових культур.....	186
3.6. Комахи-шкідники цукрових буряків та інших технічних культур.....	190
3.7. Комахи-шкідники картоплі та овочевих культур.....	192
3.8. Комахи-шкідники садів та ягідників.....	193
3.9. Комахи – багатоїдні шкідники.....	197
3.10. Природні вороги (ентомофаги) шкідливих комах.....	199
ТЕМА 4. ХВОРОБИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР.....	215
4.1. Поняття про фітопатологію, причини появи хвороб сільськогосподарських культур.....	216
4.2. Неінфекційні хвороби рослин.....	224
4.3. Інфекційні хвороби рослин.....	230
4.4. Хвороби зернових і зернобобових культур.....	236
4.5. Хвороби цукрових буряків і технічних культур.....	252
4.6. Хвороби картоплі та овочевих культур.....	257
4.7. Хвороби садів і ягідників.....	262
ТЕМА 5. ЗАХИСТ РОСЛИН І ЗАХОДИ БОРЬОБИ ЗІ ШКІДНИКАМИ ТА ХВОРОБАМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР.....	272
5.1. Поняття про захист сільськогосподарських рослин.....	273
5.2. Агротехнічні заходи захисту сільськогосподарських рослин від хвороб та шкідників.....	275
5.3. Хімічний метод боротьби з хворобами та шкідниками сільськогосподарських культур.....	279
5.4. Біологічний метод боротьби з хворобами та шкідниками сільськогосподарських культур.....	282
5.5. Класифікація пестицидів.....	283
5.5.1. Класифікація пестицидів за хімічним складом.....	283
5.5.2. Класифікація пестицидів за призначенням.....	284
5.5.3. Класифікація пестицидів за механізмом дії.....	286
5.5.4. Класифікація пестицидів за токсичністю або гігієнічна класифікація пестицидів. Ступінь токсичності.....	290
5.5.5. Класифікація інсектицидів.....	297
5.5.6. Класифікація інсектицидів згідно з IRAC.....	299
5.5.7. Класифікація родентицидів.....	301

5.6.	Використання феромонів для захисту рослин.....	302
5.7.	Застосування регуляторів росту, розвитку і розмноження комах для захисту рослин.....	304
5.8.	Застосування фітогормонів для регулювання росту і розвитку рослин.....	309
5.9.	Препаративні форми пестицидів: їх класифікація, особливості та властивості. Маркування пестицидів.....	313
5.9.1.	Компоненти препаративних форм пестицидів.....	313
5.9.2.	Класифікація препаративних форм пестицидів.....	318
5.9.3.	Особливості та властивості препаративних форм пестицидів.....	319
5.9.4.	Препаративні форми протруйників та способи обробки насіннєвого матеріалу.....	324
5.9.5.	Вибір препаративних форм пестицидів, приготування бакових сумішей.....	328
5.10.	Способи застосування хімічних препаратів для боротьби зі шкідниками та хворобами сільськогосподарських культур.....	329
5.11.	Інтегрована система захисту зернових культур.....	330
5.12.	Інтегрована система захисту зернобобових культур.....	340
5.13.	Інтегрована система захисту технічних та овочевих культур.....	342
5.14.	Інтегрована система захисту садів та ягідників.....	343
ТЕМА 6. ЗАСТОСУВАННЯ ПЕСТИЦИДІВ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....		349
6.1.	Хімічні елементи, що входять у склад пестицидів.....	350
6.2.	Загальні принципи нормування гранично допустимих концентрацій пестицидів в об'єктах навколишнього середовища.....	352
6.2.1.	Оцінювання токсичності пестицидних препаратів.....	352
6.2.2.	Нормування вмісту хімічних речовин у довкіллі.....	354
6.2.3.	Дослідження токсичності нових хімічних речовин.....	358
6.3.	Ксенобіотики у довкіллі. Процеси, що впливають на їх перетворення...	363
6.4.	Пестициди в ґрунті: шляхи потрапляння та заходи запобігання забрудненню.....	369
6.4.1.	Основні причини забруднення ґрунту пестицидами.....	369
6.4.2.	Вплив пестицидів на ґрунт, розкладання пестицидів.....	372
6.4.3.	Заходи зменшення шкідливого впливу пестицидів на ґрунт та запобігання його забрудненню.....	375
6.5.	Пестициди в джерелах водопостачання: шляхи потрапляння та заходи запобігання забрудненню.....	376
6.5.1.	Основні причини забруднення водойм пестицидами.....	376
6.5.2.	Заходи зменшення шкідливого впливу пестицидів на водойми та запобігання їх забрудненню.....	379
6.6.	Заходи запобігання забрудненню пестицидами атмосферного повітря.....	380
6.7.	Вплив пестицидів на біогеоценози і здоров'я людини. Заходи запобігання забрудненню пестицидами зібраного врожаю сільськогосподарських культур та продуктів харчування.....	382

6.7.1. Вплив пестицидів на біогеоценози.....	382
6.7.2. Вплив пестицидів на здоров'я людини.....	383
6.7.3. Заходи запобігання забрудненню пестицидами зібраного врожаю сільськогосподарських культур та продуктів харчування.....	384
6.8. Техніка безпеки під час роботи з пестицидами.....	385
ТЕМА 7. ЗАПОБІГАННЯ ПРОЦЕСАМ РУЙНУВАННЯ ГРУНТІВ В АГРОВИРОБНИЦТВІ.....	391
7.1. Роль ґрунту в агровиробництві. Ґрунтоутворюючий процес. Фактори і типи ґрунтоутворення.....	392
7.1.1. Роль ґрунту в агровиробництві.....	392
7.1.2. Ґрунтоутворюючий процес.....	394
7.1.3. Фактори і типи ґрунтоутворення.....	398
7.2. Патологія ґрунтового профілю та генетичних горизонтів. Охорона ґрунтів.....	408
7.3. Основні забруднювачі ґрунту та шляхи усунення їх негативного впливу.....	411
7.3.1. Запобігання забрудненню ґрунтів агрохімікатами.....	411
7.3.2. Захист ґрунту від впливу продуктів техногенезу.....	416
7.4. Запобігання ерозії, дефляції та переущільненню ґрунтів.....	421
7.4.1. Види ерозії ґрунтів.....	421
7.4.2. Комплекс протиерозійних заходів.....	427
7.4.3. Втрати аграрного виробництва та екологічні наслідки від ерозії ґрунтів.....	431
7.4.4. Заходи захисту ґрунтів від ерозії.....	432
7.5. Запобігання ґрунтовтомі, токсикозу та виснаженню ґрунтів.....	441
7.6. Запобігання процесам переосушення, опустелювання, вторинного засолення, осолонцювання, злитизації і вторинної кислотності ґрунтів.....	443
7.7. Захист ґрунту від девегетації та дегуміфікації.....	449
7.8. Родючість ґрунту, її суть, види і характеристика. Підвищення родючості та окультурювання ґрунтів.....	454
7.8.1. Родючість ґрунту, її суть, види і характеристика.....	454
7.8.2. Підвищення родючості та окультурювання ґрунтів.....	457
7.9. Агровиробнича характеристика основних типів ґрунтів України.....	458
7.9.1. Класифікація ґрунтів України.....	458
7.9.2. Ґрунти зони полісся.....	461
7.9.3. Ґрунти зони лісостепу.....	463
7.9.4. Ґрунти зони степу.....	466
7.9.5. Ґрунти гірських територій.....	468
Перелік використаної та рекомендованої літератури.....	471
Термінологічний словник.....	474

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Агрозахист» є обов'язковою дисципліною фахової підготовки бакалаврів спеціальності 208 «Агроінженерія».

Предметом навчальної дисципліни є адаптивна система понять про: ґрунт, його склад, властивості і родючість; поживний режим ґрунту; основні типи ґрунтів України; умови живлення рослин, їх вплив на урожайність; фізіологічну роль окремих макро- і мікроелементів для сільськогосподарських культур; бур'яни та заходи боротьби з ними; основи фітопатології; основи ентомології; захист рослин і заходи боротьби зі шкідниками та хворобами сільськогосподарських культур; застосування пестицидів в агропромисловому виробництві та захист навколишнього середовища; запобігання процесам руйнування ґрунтів.

Мета навчальної дисципліни – фахова підготовка здобувачів освіти до самостійного розв'язування завдань пов'язаних із заходами захисту ґрунту та сільськогосподарських культур від негативного впливу шкідливих факторів.

Завдання вивчення дисципліни – набуття здобувачами освіти відповідних знань з метою використання їх у професійній діяльності.

У посібнику розглянуто: Фактори життєдіяльності рослин і прийоми їх регулювання. Основи живлення рослин. Хімічні елементи, їх сполуки у ґрунті та у складі культурних рослин. Поживний режим ґрунту та його регулювання. Оптимізація умов живлення культурних рослин та їх вплив на урожайність і якість вирощеної продукції. Роль макро- і мікроелементів у живленні культурних рослин. Регулювання вмісту макро- та мікроелементів у ґрунті. Значення основних сільськогосподарських культур. Рослинна діагностика живлення сільськогосподарських культур. Біологічні особливості бур'янів та шкода, якої вони завдають сільськогосподарським культурам. Класифікація бур'янів. Способи визначення забур'яненості полів. Заходи боротьби з бур'янами. Біологічна класифікація живих організмів. Основні шкідники сільськогосподарських культур. Поняття про ентомологію, причини поширення – комах-шкідників сільськогосподарських культур. Загальні відомості про комах-шкідників сільськогосподарських культур. Типи пошкодження культурних рослин комахами-шкідниками. Комахи-шкідники зернових і зернобобових культур, цукрових буряків та інших технічних культур, картоплі та овочевих культур, садів та ягідників, багаторічні шкідники. Природні вороги (ентомофаги) шкідливих комах. Поняття про фітопатологію, причини появи хвороб сільськогосподарських культур. Неінфекційні хвороби рослин. Інфекційні хвороби рослин. Хвороби зернових і зернобобових культур. Хвороби цукрових буряків та технічних

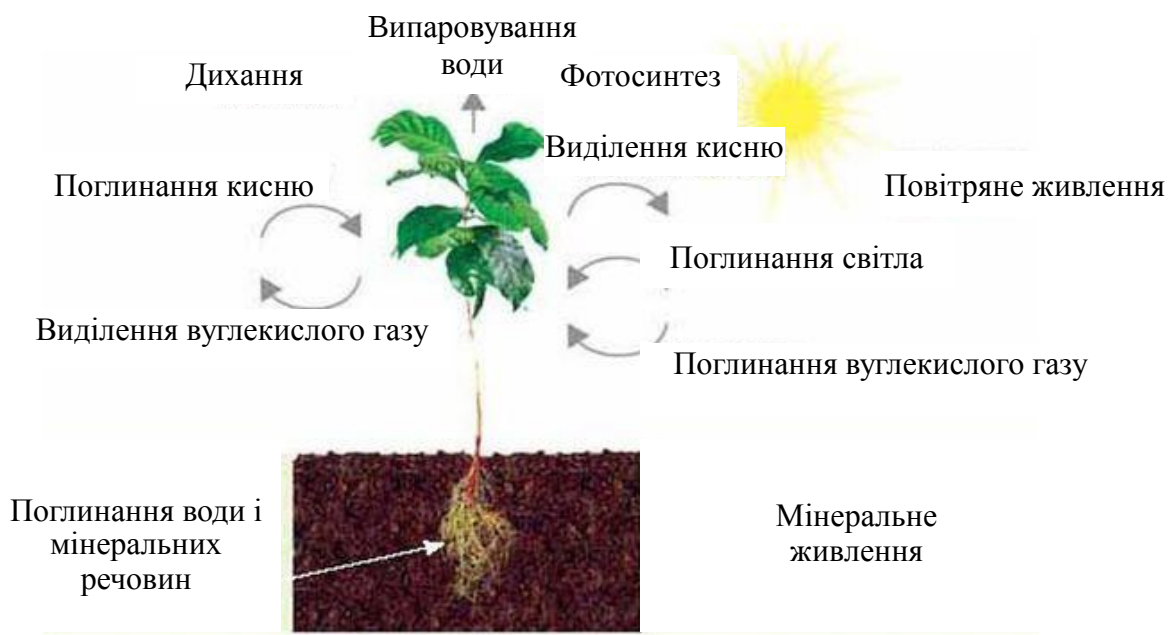
культур. Хвороби картоплі та овочевих культур. Хвороби садів і ягідників. Агротехнічні заходи захисту сільськогосподарських рослин від хвороб та шкідників. Хімічні методи боротьби з хворобами та шкідниками сільськогосподарських культур. Біологічні методи боротьби з хворобами та шкідниками сільськогосподарських культур. Класифікація пестицидів. Використання феромонів для захисту рослин. Застосування регуляторів росту, розвитку і розмноження комах для захисту рослин. Застосування фітогормонів для регулювання росту і розвитку рослин. Препаративні форми пестицидів: їх класифікація, особливості та властивості. Маркування пестицидів. Способи застосування хімічних препаратів для боротьби зі шкідниками та хворобами сільськогосподарських культур. Інтегрована система захисту зернових культур. Інтегрована система захисту зернобобових культур. Інтегрована система захисту технічних та овочевих культур. Інтегрована система захисту садів та ягідників. Хімічні елементи, що входять у склад пестицидів. Загальні принципи нормування гранично допустимих концентрацій пестицидів в об'єктах навколишнього середовища. Ксенобіотики у довкіллі та процеси, що впливають на їх перетворення. Пестициди в ґрунті: шляхи потрапляння та заходи запобігання забрудненню. Пестициди в джерелах водопостачання: шляхи потрапляння та заходи запобігання забрудненню. Заходи запобігання забрудненню пестицидами атмосферного повітря. Вплив пестицидів на біогеоценози і здоров'я людини. Заходи запобігання забрудненню пестицидами зібраного врожаю сільськогосподарських культур та продуктів харчування. Техніка безпеки під час роботи з пестицидами. Роль ґрунту в агровиробництві. Ґрунтоутворюючий процес. Фактори і типи ґрунтоутворення. Патологія ґрунтового профілю та генетичних горизонтів. Охорона ґрунтів. Основні забруднювачі ґрунту та шляхи усунення їх негативного впливу. Запобігання ерозії, дефляції та переущільненню ґрунтів. Запобігання ґрунтовтомі, токсикозу та виснаженню ґрунтів. Запобігання процесам переосушення, опустелювання, вторинного засолення, осолонцювання, злитизації і вторинної кислотності ґрунтів. Захист ґрунту від де вегетації та дегуміфікації. Родючість ґрунту, її суть і характеристика. Підвищення родючості та окультурювання ґрунтів. Агровиробнича характеристика основних типів ґрунтів України.

В кінці кожної теми вміщені контрольні питання, які допоможуть здобувачам освіти закріпити набуті знання.

ТЕМА 1

ПРЕДМЕТ, ЗМІСТ І ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ. УМОВИ ЖИВЛЕННЯ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН ТА ЇХ ВПЛИВ НА УРОЖАЙНІСТЬ. РОЛЬ МАКРО- І МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ЖИВЛЕННІ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН. РОСЛИННА ДІАГНОСТИКА ЖИВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

- 1.1. Предмет, зміст і завдання навчальної дисципліни.
- 1.2. Фактори життєдіяльності рослин і прийоми їх регулювання. Основи живлення рослин.
- 1.3. Хімічні елементи, їх сполуки у ґрунті та у складі культурних рослин.
 - 1.3.1. Хімічні елементи та їх сполуки у ґрунті.
 - 1.3.2. Хімічні властивості ґрунту.
 - 1.3.3. Хімічні елементи у складі культурних рослин.
- 1.4. Поживний режим ґрунту та його регулювання.
- 1.5. Оптимізація умов живлення культурних рослин та їх вплив на урожайність і якість вирощеної продукції.
- 1.6. Роль макро- і мікроелементів у живленні культурних рослин.
 - 1.6.1. Макроелементи у живленні рослин.
 - 1.6.2. Мікроелементи у живленні рослин.
- 1.7. Регулювання вмісту макро- та мікроелементів у ґрунті.
- 1.8. Значення основних сільськогосподарських культур.
- 1.9. Рослинна діагностика живлення сільськогосподарських культур.



1.1. Предмет, зміст і завдання навчальної дисципліни

Предметом навчальної дисципліни є адаптивна система понять про:

- умови живлення рослин, їх вплив на урожайність сільськогосподарських культур;
- ґрунтоутворення, раціональне використання ґрунтів в агровиробництві та збереження їх родючості;
- бур'яни, основи фітопатології та ентомології, основні хвороби та шкідники сільськогосподарських культур;
- інтегровані системи захисту сільськогосподарських культур;
- запобігання негативному впливу пестицидів та агрохімікатів на навколишнє середовище.

Мета навчальної дисципліни – фахова підготовка здобувачів освіти для набуття знань про:

- умови живлення рослин, їх вплив на урожайність сільськогосподарських культур;
- ґрунтоутворення, склад, хімічні властивості ґрунтів, їх використання в агровиробництві та умови збереження їх родючості;
- заходи боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами сільськогосподарських культур;
- захист навколишнього середовища від негативного впливу пестицидів та агрохімікатів.

Завдання вивчення дисципліни – оволодіння здобувачами освіти основами знань про:

- умови живлення рослин, їх вплив на урожайність сільськогосподарських культур;
- ґрунтоутворення, раціональне використання ґрунтів в агровиробництві та збереження їх родючості;
- захист культурних рослин від бур'янів, хвороб і шкідників.

1.2. Фактори життєдіяльності рослин і прийоми їх регулювання.

Основи живлення рослин

Людина використовує природну рослинність для отримання продуктів харчування для себе, корму для сільськогосподарських тварин, сировини для переробної промисловості.

Величезні запаси використовуваної людством енергетичної сировини, тобто кам'яного вугілля, нафти, торфу – це *органічні речовини*, створені рослинами в минулі геологічні епохи.

Для життєдіяльності рослинам необхідні:

- світло і тепло, отримувані від сонця;

- вода та елементи живлення – із ґрунту;
- вуглекислий газ і кисень – із повітря.

Важлива життєва функція зелених рослин – синтез органічної речовини або фотосинтез, для якого необхідно одночасно прилив світла, тепла, води і поживних речовин.

Вирощування високих урожаїв сільськогосподарських культур має бути спрямоване на повну реалізацію генетичного потенціалу рослин шляхом інтенсивної дії на фактори та умови їх життєдіяльності.

Основне завдання наукового землеробства і рослинництва – вивчення потреб культурних рослин в елементах живлення і розроблення способів їх задоволення.

У процесі росту та розвитку рослини зазнають впливу з боку як природних, так і штучних (антропогенних) факторів, тобто пов'язаних з діяльністю людини.

Фактори життєдіяльності рослин – об'єкти навколишнього середовища, які безпосередньо (матеріально) діють на ріст і розвиток рослин. Ці фактори поділяють на *абіотичні* та *біотичні*.

Абіотичні фактори: космічні (світло, тепло), атмосферні (повітря), земні (вода, поживні речовини). **Біотичні фактори** – це живі організми (мікроорганізми, рослини, тварини, людина).

Умови середовища – зовнішні умови, за яких проявляється дія факторів життя рослин. До **умов життєдіяльності рослин** належать:

- **ґрунтові** (будова орного шару, структура, реакція ґрунту і т.ін.);
- **фітосанітарні** (наявність бур'янів, шкідників і збудників хвороб);
- **агротехнічні** (своєчасність і якість виконання польових робіт).

В період росту та розвитку рослин **фактори та умови діють не ізольовано, а у взаємодії**. У природних рослинних агрофітоценозах взаємодія факторів і рослин створює умови для рівноваги в природі, сприяє її самоочищенню. В штучних агрофітоценозах ця рівновага часто порушується через незнання або ігнорування людиною об'єктивних законів природи і землеробства.

Неправильне використання інтенсивних заходів вирощування культурних рослин, а саме сівозмін, обробітку ґрунту, внесення добрив і пестицидів, меліорації та ін., може призвести до забруднення навколишнього середовища і порушення екологічної рівноваги у природі. Тому, щоб зберегти цю рівновагу і не завдати шкоди природі, землеробство необхідно здійснювати на науковій основі, враховуючи закони природи і землеробства, та правильно використовувати їх у практичній діяльності.

Необхідність переходу до екологічно чистих, енергозберігаючих

технологій вирощування сільськогосподарських культур зумовлює максимальне використання потенціальних можливостей інтенсивних сортів та гібридів. *Здійснюють це спрямованим керуванням життєво необхідними факторами їх росту і розвитку, до яких належать: світло, тепло, повітря, вода і поживні речовини.* Потреба рослин у кожному факторі життя та їх співвідношеннях залежить від біологічних особливостей виду, технології вирощування, погодних умов і визначається спадковістю рослин.

Світло. Всі зелені рослини розвиваються тільки в умовах освітлення. Життя кожного живого організму може проходити тільки при постійному постачанні його сонячною енергією. Зелені рослини використовують сонячну енергію безпосередньо, тобто перетворюють вільну енергію сонця в запасну енергію створюваної ними органічної речовини, а також споживають велику кількість вуглекислого газу, одночасно збагачуючи повітря киснем, необхідним для дихання всіх живих організмів.

Перша важлива роль зелених рослин у природі – це створення органічних речовин, друга – безперервне поповнення повітря запасами кисню.

Світло і тепло потрібні рослинам для:

- проростання насіння;
- формування сходів;
- поглинання рослинами води і поживних речовин;
- вироблення органічної речовини і росту;
- формування різних органів і проходження ними кожного етапу розвитку.

Культурні рослини по-різному реагують на загальну кількість світла протягом періоду вегетації і на довжину світлового дня: одні рослини швидше дозрівають при *довгому світловому дні* (пшениця, жито, овес, ячмінь, горох, льон, картопля), інші – при *короткому* (просо, сорго, кукурудза, соняшник, соя, квасоля, бавовник та ін.). Деякі *тіньовитривалі рослини* (конюшину, люцерну, еспарцет на першому році життя) можна вирощувати під покривом зернових колосових або інших культур.

Нестача світла несприятливо впливає на ріст і розвиток рослин, знижуючи їх продуктивність. Рослини витягуються в рості, механічні тканини їх ослаблюються і вони вилягають. Нестача світла призводить також до погіршення якості продукції – знижується вміст білка в зернових, цукру – в буряках, крохмалю – в картоплі, жиру – в насінні соняшнику тощо.

Продуктивність рослин залежить тільки від тієї частини спектру

сонячного світла, енергія якої бере участь у створенні органічної речовини. Ця частина обмежена хвилями від 380 до 720 нм, її називають **фотосинтетичною активною радіацією** (надалі ФАР). За сучасними уявленнями, оптимальні за структурою, рівнем забезпеченості водою, поживними речовинами та вуглекислим газом посіви найпродуктивніших сортів можуть використовувати від 4...5 до 7...8 % ФАР на фотосинтез, але у виробничих умовах використання ФАР складає лише 1...1,5 %. **Отже, важливим для подальшого зростання врожайності є створення високопродуктивних сортів та гібридів, а також впровадження науково обґрунтованих технологій їх вирощування.**

На інтенсивність фотосинтезу впливають такі фактори зовнішнього середовища: концентрація вуглекислоти в повітрі та ґрунті, інтенсивність світла, температура і вологість ґрунту та повітря, вміст поживних речовин у ґрунті та ін.

У польових умовах практично неможливо змінювати потік сонячної енергії, проте, **в технологіях вирощування сільськогосподарських культур це можливо, використовуючи такі прийоми регулювання світлового режиму:**

- змінюють норми висіву і густоту рослин (проріджування сходів);
- застосовують різні способи сівби (вузькорядні, широкорядні, пунктирні);
- змінюють напрям рядків;
- розміщують культури на південних і північних схилах, або на підвищених чи на понижених ділянках;
- застосовують змішані посіви (багаторічні бобові і злакові трави, вико-вівсяні сумішки та ін.);
- здійснюють боротьбу з бур'янами;
- формують крони дерев;
- впроваджують нові інтенсивні сорти і гібриди;
- використовують штучне освітлення у теплицях і парниках.

Тепло. Всі фізіологічні та біохімічні процеси в рослинних організмах активно відбуваються при плюсових температурах. Фотосинтез у сільськогосподарських рослин починається при температурі повітря вище 0°C, найвища інтенсивність спостерігається при температурі +20...30°C. Дальше підвищення температури різко знижує інтенсивність фотосинтезу, а при температурі +40...45°C він повністю припиняється, при +60...70°C у більшості з рослин припиняється життєдіяльність і руйнуються складні білкові структури. Дихання рослин може проходити і при мінусовій температурі. Нижня її границя у більшості рослин «-10°C», а у зимуючих частин рослин, наприклад, у бруньок дерев, помітне дихання спостерігається

навіть при «-20...-30°C». Рослини при низьких температурах гинуть від зневоднення протоплазми і подальшого руйнування її кристалами льоду. У цілому температурні межі життєвих функцій рослин досить вузькі – від -10 до +70°C. Згубно діють на рослини різкі зміни температури ґрунту взимку. ***Раптові зниження температури, а потім відлига і знову різке похолодання призводять іноді до повної загибелі озимих.***

Одразу після сівби насіння культурних рослин потребує певної температури ґрунту для проростання і подальшого розвитку (табл. 1.1).

Для повного циклу розвитку різним сільськогосподарським культурам потрібна неоднакова кількість тепла, яка визначається загальною сумою плюсових температур за період вегетації.

Таблиця 1.1 – Мінімальні температури для проростання насіння і появи сходів різних культур, °C

Сільськогосподарська культура	Температура, °C	
	для проростання насіння	для появи сходів
Пшениця, жито, ячмінь, овес, конюшина, люцерна, вика, горох, гірчиця	0...1	2...3
Буряки, люпин, льон, кормові боби	3...4	6...7
Картопля, соняшник	5...6	8...9
Кукурудза, просо, суданська трава, соя	8...10	10...11
Квасоля, сорго	10...12	12...13
Рис, арахіс, бавовник	12...14	14...15

Основне джерело тепла для рослин – сонячна радіація. Надходження її змінюється в широких межах залежно від широти та часу доби, а також від стану атмосфери. ***Друге джерело – тепло ґрунту, яке виділяється мікроорганізмами під час розкладання органічної речовини і в результаті екзотермічних хімічних реакцій.*** Всі інші джерела тепла для ґрунту, наприклад, внутрішня теплота земної кулі, енергія радіоактивного розпаду елементів, теплота змочування і конденсації водяної пари мають невелике значення.

Тепловий режим під час вирощування сільськогосподарських культур регулюють такими прийомами:

- снігозатриманням;
- полезахисними лісонасадженнями;
- різноглибоким обробітком ґрунту;
- способами сівби (гребеневі, грядкові посіви);
- мульчуванням;

- внесенням органічних добрив;
- осушенням і зрошенням.

Повітря. Найважливіші складові частини повітря для життєдіяльності рослин і мікроорганізмів – кисень, вуглекислий газ, азот. Біологічні процеси в ґрунті пов'язані з поглинанням кисню і виділенням вуглекислоти. Тому ґрунтове повітря відрізняється від атмосферного меншим вмістом кисню і більшою концентрацією вуглекислого газу. ***Потреба сільськогосподарських культур у кисні починається одразу після сівби, а максимальне використання його припадає на період цвітіння рослин.***

На нестачу кисню в ґрунті рослини реагують неоднаково – злакові менше, ніж бобові та картопля.

Кисень необхідний рослинам не тільки для дихання, а також як джерело енергії, що витрачається при надходженні води і поживних речовин у клітини, синтетичних процесів тощо. Багато кисню потребують ґрунтові мікроорганізми для нітрифікації, засвоєння молекулярного азоту бульбочковими бактеріями і азотобактеріями.

Запас вуглекислоти в атмосфері становить близько 600 білліонів тон, з якого рослини земної кулі щорічно використовують близько 19 білліонів тон. Тому за постійного поновлення вуглекислоти в повітрі створюється кругообіг її у природі і забезпечується безперебійне живлення рослин.

Нестача вуглекислоти в повітрі компенсується вуглекислим газом, що виділяється з ґрунту та під час дихання організмів, особливо вночі, коли припиняється фотосинтез. Життєдіяльність ґрунтових бактерій посилюється і збільшується виділення вуглекислоти при внесенні органічних добрив за сприятливих водного і теплового режимів.

Оновленню ґрунтового повітря сприяють такі фактори: дифузія газів, коливання атмосферного тиску і температури, зміна вологості ґрунту, вітер. На повітрообмін також впливає рослинність і рельєф. Для поліпшення повітряного режиму ґрунту застосовують такі заходи:

- внесення органічних добрив;
- глибока оранка плугами з передплужниками;
- своєчасність та висока якість обробітку ґрунту різними знаряддями;
- поглиблення орного шару;
- правильні сівозміни;
- меліорація ґрунтів.

Вода. Життя на Землі не можливе без води. Значення її для рослин дуже велике. **Вода рослинам необхідна для фотосинтезу, росту і розвитку.** Для появи перших ознак життєдіяльності насіння необхідно збільшення вмісту води до 20...25 % від їх маси, а для повного набухання

і проростання насіння необхідно 120 % від їх маси. Кількість води для проростання насіння неоднакова для різних культур: для проса, кукурудзи потрібно 25...35 %, пшениці – 48...59 %, гороху, цукрових буряків – 110...121 % від маси насіння. Проте, кількість води, що йде на утворення органічної речовини, невелика і складає менше 1 % від кількості вологи, яку споживають рослини. Тобто, *необхідно багато опадів після посіву і незначна їх кількість після появи рясних сходів.*

З надходженням і рухом води в рослинах пов'язані всі їх життєві процеси. **За наявності води, повітря і тепла насіння рослин бубнявіє і проростає, ростуть тканини, надходять у рослини і переміщуються в них поживні елементи, відбувається фотосинтез і кореневе живлення.** В жарку погоду вода запобігає загибелі рослин, охолоджуючи їх і підтримуючи тургор клітин. Вміст води в рослинах коливається: від 8...16 % в сухому насінні до 70...90 % в стеблах, листках, корене- і бульбоплодах. Проте 99,8 % використаної води рослини випаровують і лише близько 0,2 % витрачають на синтез органічної речовини. **Сільськогосподарські культури можуть страждати не лише від нестачі, але й від надлишку вологи в ґрунті.**

Період найбільшої потреби рослин у воді, коли нестача її різко знижує урожайність, називають критичним. В озимих і ярих зернових колосових цей період припадає на вихід у трубку – колосіння, кукурудзи – цвітіння – молочна стиглість, картоплі – цвітіння – бульбоутворення, соняшника – утворення кошиків – цвітіння.

Разом з водою у рослини поступають із ґрунту розчинені в ній елементи живлення: азот, фосфор, калій, сірка та ін. Для засвоєння рослинами зольних елементів (добрив) необхідна невелика кількість води, яка становить 9 % від споживаної кількості. Решта маси води (9/10) випаровується з поверхні рослин для охолодження тканин і підтримання теплових умов, необхідних для життєдіяльності рослин. Цей процес навивають **транспірацією.**

Загальні витрати вологи на створення одиниці сухої речовини рослинами протягом вегетації називають **транспіраційним коефіцієнтом**, який залежить від виду рослин, сорту, метеорологічних і ґрунтових умов, агротехніки і коливається в значних межах. Так, у проса він становить 150...250, пшениці – 400...550, кукурудзи – 250...400, цукрових буряків – 500...600, люцерни – 600...800.

Основні джерела надходження води в ґрунт – атмосферні опади та підґрунтові води за умови неглибокого їх залягання. Значно менше значення відіграє вода, що утворюється під час конденсації водяної пари, яка надходить з атмосфери та глибоких шарів ґрунту. Крім погодних умов, вирішальне значення для забезпечення рослин водою мають фізичні

властивості ґрунту, зокрема, його будова, структура, щільність, гранулометричний склад і характер поверхні.

Водний режим ґрунту і використання води рослинами регулюють поєднанням таких заходів:

- обробітком ґрунту;
- зрошенням або осушенням;
- чергуванням культур і парів у сівозміні;
- снігозатриманням;
- застосуванням органічних і мінеральних добрив;
- полезахисними лісонасадженнями;
- захистом земель від ерозії;
- боротьбою з бур'янами;
- вирощуванням посухостійких сортів;
- хімічною меліорацією ґрунтів.

Поживні речовини. Всі необхідні речовини рослини поглинають із навколишнього середовища: ґрунту і повітря, тому розрізняють ***повітряне і ґрунтове або кореневе живлення рослин.***

Повітряне живлення рослин – це поглинання листками вуглекислого газу для утворення органічної речовини. Середній вміст вуглекислого газу в повітрі не перевищує 0,03 % (у приземному шарі його може бути більше). Збільшення в приземному шарі вуглекислого газу різними способами (внесенням органічних добрив) до 1 % посилює життєдіяльність культурних рослин і помітно підвищує їх урожайність.

ґрунтове або кореневе живлення забезпечує рослини поживними речовинами із ґрунту. Нестача у ґрунті хоча б одного з елементів живлення різко погіршує ріст і розвиток рослин, значно знижує їх продуктивність. За відсутності будь-якого з необхідних елементів живлення, рослини можуть загинути.

Рослини засвоюють понад вісімдесят хімічних елементів. ***Поживні речовини у рослини надходять через кореневу систему із ґрунту і з повітря через листки.*** Повітря містить такі важливі елементи живлення і життєдіяльності рослин: вуглець, кисень, водень. У склад рослин входять також азот, фосфор, калій, кальцій, сірка, залізо, магній, які вони використовують від десятих часток відсотка до кількох відсотків і тому їх називають ***макроелементами***. Такі елементи, як мідь, марганець, бор, цинк, молібден, кобальт, нікель потрібні рослинам у незначних кількостях – у тисячних або навіть мільйонних частках відсотка, тому їх називають ***мікроелементами***. **Макро- та мікроеlementи рослини засвоюють з ґрунту.**

Кореневе живлення рослин – фізіологічний процес, що складається з вбирання мінеральних елементів з ґрунту, переміщення

їх по рослинах, участь у синтезі органічних сполук та використання у процесі росту і розвитку.

У процесі еволюції зелені рослини пристосувалися до умов розвитку. Для повнішого використання сонячної енергії рослини розвивають величезну поверхню зеленого листя, яка перевищує у кілька разів площу, яку займає сама рослина. Загальна листова поверхня більшості сільськогосподарських рослин на 1 га посіву складає 3...5 га.

Для забезпечення елементами живлення корені сільськогосподарських рослин проникають у ґрунт на значну глибину:

- пшениці на 100...120 см;
- соняшника до 245 см;
- цукрових буряків до 250 см;
- картоплі до 150 см;
- льону, проса до 100 см.

Крім цього корені дуже сильно розростаються в сторони. Загальна довжина коренів зі всіма їх розгалуженнями вимірюється сотнями метрів, у баштанних культур – кілометрами.

Високі врожаї сільськогосподарських культур отримують за достатньої кількості поживних речовин і сприятливого співвідношення необхідних для нормального росту і розвитку факторів зовнішнього середовища (вологи, тепла, світла).

Вміст хімічних речовин у рослинах непостійний і залежить від клімату, типу ґрунту, добрив та ін. Тому вивчення цих умов – одне із основних завдань сільськогосподарської науки.

Залежно від реакції ґрунтового розчину, вмісту в ньому доступних речовин, біологічних особливостей вирощуваних культур вносять певні мінеральні та органічні добрива, за допомогою яких поповнюють вміст у ґрунті поживних речовин у потрібному для рослин співвідношенні. Це найбільш **ефективний спосіб регулювання поживного режиму ґрунту**. На живлення рослин можна впливати також застосовуючи правильний обробіток ґрунту, сівозміни, боротьбу з бур'янами, захист від ерозії, осушення, зрошення, вапнування, гіпсування.

Всі елементи живлення входять у склад рослин у неоднакових кількостях і співвідношеннях, проте відсутність одного елемента не можна компенсувати надмірним вмістом іншого.

Взаємодія факторів життя рослин під час їх росту та розвитку надзвичайно складна, багатогранна й протягом тривалого часу є предметом вивчення біологічних та агрономічних наук. На основі даних численних дослідів та їх узагальнення, було сформульовано ряд закономірностей дії факторів життя рослин під час формування врожаю. В агрономічній науці ці закономірності відомі як **закони землеробства**.

Вони відображають взаємозв'язки не тільки між ґрунтом, рослинами і навколишнім середовищем, але й між ними і людиною, яка впливає на них у процесі сільськогосподарського виробництва.

Вивчають закони землеробства у курсі «Технології вирощування сільськогосподарських культур».

Основи живлення рослин

Сільськогосподарські рослини існують одночасно у двох середовищах: у ґрунті та нижньому шарі атмосфери. Через зелене листя вони поглинають вуглекислий газ з повітря, а коренями – воду, мінеральні та деякі органічні речовини з ґрунту. Отже, *живлення рослин поділяють на повітряне і кореневе.*

Повітряне живлення зелених рослин. В середньому в сухій речовині рослин міститься біля 45 % вуглецю, 42 % кисню, 7 % водню. *Джерелом вуглецю та кисню для синтезу органічних речовин рослинами є повітряне живлення.*

Вуглець, кисень, водень та азот є основою специфічних сполук живого світу, зумовлює будову високомолекулярних речовин – вуглеводів, білків, ліпідів, нуклеїнових кислот та інших. Вуглець надходить у рослини з неорганічної природи (з повітря) в процесі фотосинтезу.

Фотосинтез – основний фізіологічний процес, під впливом якого завдяки сонячній енергії в зелених частинах рослин створюються органічні речовини (вуглеводи, органічні кислоти, амінокислоти, білки). *Головне у фотосинтезі* – перетворення енергії сонячних променів у хімічну енергію та синтез нових органічних сполук за рахунок енергії фотохімічних реакцій. **На інтенсивність фотосинтезу впливають:**

- *вміст вуглекислого газу в повітрі;*
- *вміст елементів мінерального живлення у ґрунті;*
- *вологозабезпеченість посівів;*
- *умови освітлення;*
- *температура повітря й ґрунту;*
- *сортіві особливості рослин.*

Для нормального росту і розвитку рослин, протікання складних реакцій обміну необхідна хімічна енергія, яка вивільнюється в процесі їх дихання.

Дихання – це складний окисно-відновний процес розкладання органічних речовин, який забезпечує енергією процеси обміну та синтезу нових органічних сполук. Основним *енергетичним матеріалом для дихання є вуглеводи, а також білки, жири та органічні кислоти.* Цей процес обумовлює інтенсивність вбирання рослинами мінеральних елементів, їх зв'язування та включення в обмін речовин. В процесі дихання рослини збагачують атмосферу киснем.

Кореневе живлення. Головною і найбільш важливою функцією кореневого живлення є *здатність рослин через кореневу систему поглинати з ґрунту воду та мінеральні речовини*. Це складний фізіологічний процес. Він поєднує вбирання елементів мінерального живлення з ґрунту, їх переміщення в рослинах, участь у синтезі органічних сполук, які обумовлюють наростання органічної маси, тобто *створення урожаю*.

Катіони та аніони ґрунтового розчину поглинаються рослинами вибірково, тобто *інтенсивніше поглинаються речовини, які необхідні для росту та розвитку рослин*. Інтенсивність процесу обміну іонів, їх переміщення в рослинах та зв'язування їх з органічними речовинами обумовлена *фізіологічною активністю рослин* (фотосинтезом, диханням, обміном речовин). Процес вбирання і засвоєння поживних речовин з ґрунту – це активний фізіологічний процес, на який витрачається певна кількість енергії. Він пов'язаний з особливостями живої плазми, процесами фотосинтезу, дихання та обміну речовин у тканинах рослин.

На процес живлення рослин впливає реакція ґрунтового розчину. За даними наукових установ більшість сільськогосподарських культур найкраще поглинають поживні речовини при *реакції ґрунтового розчину близькій до нейтральної (рН 6...7)*.

Вміст у ґрунті тих чи інших іонів впливає на реакцію його розчину: кислотність або лужність. Ці властивості мають надзвичайно важливе значення для росту і розвитку рослин, бо кожний їх вид найкраще розвивається тільки за певної реакції ґрунту. *Якщо в ґрунтовому розчині є значна кількість іонів водню, то такий ґрунт має кислу реакцію, тобто високу активну кислотність*. Кислотність прийнято виражати латинськими буквами **рН**. Чим менше число рН, тим вища кислотність ґрунту. ґрунт, у якого рН сольової витяжки 4...5, дуже кислий; 5...6 – кислий; 6...6,5 – слабо кислий; 7 – нейтральний. ґрунти, в яких рН вище 7, лужні. Крім активної ґрунти мають обмінну і гідролітичну кислотність.

Важливою якістю ґрунту є його **буферність**, тобто *властивість протистояти змінам реакції ґрунтового розчину*. Високу буферність мають ґрунти важкого механічного складу з великим вмістом гумусу.

Деякі сільськогосподарські культури завдяки біологічним особливостям по-різному реагують на реакцію ґрунтового розчину. Дуже чутливі до кислої реакції ґрунту озима пшениця, горох, кукурудза, ячмінь, цукрові буряки. Краще інших кислу реакцію ґрунтового розчину переносять озиме жито, картопля, льон.

У ґрунтах з кислою реакцією ґрунтового розчину (рН ≤ 5) складаються несприятливі умови для розвитку корисних мікроорганізмів, які беруть участь у мінералізації органічної речовини і

нагромадженні в ґрунті доступних для рослин поживних речовин.

Інтенсивність вбирання поживних речовин з ґрунту рослинами неоднакова протягом вегетації, інтенсивніша вона в молодих рослин. Наприклад, **початковий період росту сільськогосподарських культур – критичний щодо фосфорного живлення.** Нестача фосфору в ранньому віці настільки пригнічує рослини, що врожай дуже знижується навіть при надмірному рівні забезпеченості фосфором у наступні періоди.

Поживний режим ґрунтів складається з вмісту валових та рухомих форм поживних речовин, а також елементів живлення, які надходять у ґрунт з добривами. Вміст поживних речовин у різних ґрунтах коливається в широких межах залежно від генетичних особливостей (гранулометричний склад, типи ґрунтоутворення та ін.), а також від інтенсивності використання земельних угідь.

Головним фактором впливу на поживний режим ґрунтів є застосування органічних і мінеральних добрив. Залежно від генетичних особливостей ґрунту та його агрохімічних показників вносять відповідно органічні та мінеральні добрива, завдяки яким у ґрунті збільшується вміст гумусу, створюється необхідний запас засвоюваних поживних речовин у потрібному для рослин співвідношенні та підвищується ефективна родючість ґрунту.

1.3. Хімічні елементи, їх сполуки у ґрунті та у складі культурних рослин

1.3.1. Хімічні елементи та їх сполуки у ґрунті

Елементний хімічний склад ґрунту – це кількісне співвідношення хімічних елементів у ньому.

Елементний склад ґрунту – це основна хімічна характеристика ґрунту, яка необхідна для розуміння його властивостей, генезису і родючості. Елементний склад ґрунтів залежить від:

- механічного складу ґрунту;
- типу ґрунту;
- властивостей хімічних елементів. Наприклад, в легких ґрунтах велика концентрація кремнію (основна сполука SiO_2).

Ґрунти містять майже всі відомі хімічні елементи. За вмістом цих елементів та їх кількісним співвідношенням ґрунти відрізняються від живих організмів, мінералів і гірських порід.

У ґрунтах всі елементи є обов'язковими і необхідними.

Хімічні елементи за вмістом у ґрунті поділяють на:

- **макроелементи:** кремній (Si) і кисень (O₂) (оксиген O), вміст яких у сумі складає 80...90 %; алюміній (Al), залізо (ферум Fe), кальцій (Ca), магній (Mg), натрій (Na), калій (K), їх вміст коливається від десятих долей до декількох відсотків;

- **мікроелементи:** азот (нітроген N), фосфор (P), сірка (сульфур S), водень (гідроген H), титан (Ti), їх вміст коливається в межах 0,01...0,001 %;

- **ультрамікроелементи:** барій (Ba), бор (B), стронцій (Sr), рубідій (Rb), мідь (купрум Cu), ванадій (V), хром (Cr), нікель (Ni), кобальт (Co), літій (Li), молібден (Mo), цезій (Cs), селен (Se), їх вміст до 0,000001 %.

Хімічні елементи за геохімічною спорідненістю поділяють на п'ять груп:

Літофільні елементи – група хімічних елементів (п'ятдесят чотири елементи), що становлять основну масу мінералів земної кори (літосфери) – близько 93 % маси земної кори і близько 97 % маси сольового складу океанічної води. До них відносять: кремній (Si), титан (Ti), сірка (S), фосфор (P), фтор (F), хлор (Cl), алюміній (Al), селен (Se), натрій (Na), калій (K), кальцій (Ca), магній (Mg) та інші.

Халькофільні елементи – хімічні елементи, які в природних умовах створюють стійкі сульфідні сполуки, а саме: мідь (Cu), цинк (Zn), свинець (Pb), кадмій (Cd), срібло (аргентум Ag), марганець (манган Mn), залізо (Fe).

Сидерофільні елементи – група перехідних хімічних елементів (всього одинадцять елементів), що належать в основному до VIII групи періодичної системи. *За геохімічними властивостями їх вважають близькими до заліза*, кобальт (Co), фосфор (P), вуглець (карбон C), платина (Pt), золото (аурум Au), олово (станум Sn), молібден (Mo) та інші.

Атмофільні елементи – хімічні елементи, які в природних умовах найбільше концентруються в атмосфері. За геохімічною класифікацією до них належать *благородні гази*: гелій (He), неон (Ne), аргон (Ar), криптон (Kr), ксенон (Xe), радон, а також інші елементи, а саме: азот (N), вуглець (C), вуглець (в сполуці CO₂), водень (H), оксиген (O), хлор (Cl), бром (Br) та винятково дисперсний йод (I).

Біофільні елементи – це головні компонентами живих організмів: вуглець (C), водень (H₂), кисень (O₂), азот (N), фосфор (P), сірка (S), хлор (Cl), йод (I), бор (B), кальцій (Ca), магній (Mg), калій (K), натрій (Na), ванадій (V), марганець (Mn), залізо (Fe), мідь (Cu).

Ґрунти містять багато *вуглецю і кремнію*, що вказує на два **фактори ґрунтоутворення**:

- *ґрунтоутворюючі породи;*
- *живі організми.*

Елементи, які є життєво необхідними для живлення культурних рослин і **накопичуються в ґрунті з гумусом**, називають – **біогенні елементи**. До них відносять: вуглець (C), азот (N), фосфор (P), сірку (S).

Скелетні елементи ґрунту: кремній (Si), алюміній (Al), залізо (Fe), магній (Mg), калій (K), натрій (Na) також є життєво необхідними. Вони **успадкоковуються від ґрунтоутворюючої породи**.

Багато **вуглецю** міститься у ґрунтах, які утворились на карбонатних породах. У червоноземах знижений вміст кремнію, підвищений – алюмінію (Al) і заліза (Fe). Оскільки ґрунт є верхньою частиною кори **літосфери**, утворився завдяки **вивітрюванню**, то саме він майже повністю успадковує її хімічний склад (табл. 1.2). Однак, внаслідок впливу живої речовини, вміст деяких елементів зазнає кардинальних змін порівняно з літосферою.

Отже, як у літосфері, так і в **ґрунті близько половини займає кисень**. Друге місце (майже четверта частина) – кремній. Приблизно десятую частину – алюміній та залізо. Всього лише декілька відсотків займають кальцій, магній, натрій, калій. На всі інші елементи, за винятком вуглецю, припадає менше одного відсотка.

Хімічний склад ґрунту та культурних рослин характеризується двома показниками: елементним і фазовим.

Окрім хімічних елементів, у ґрунті є **вода, гази та органічні речовини**.

Таблиця 1.2 – Вміст основних хімічних елементів у літосфері та ґрунті, %

Елемент	Вміст у літосфері	Вміст у ґрунті	Елемент	Вміст у літосфері	Вміст у ґрунті
O	47,2	49,0	Mg	2,10	0,63
Si	27,6	33,0	C	0,10	2,00
Al	8,8	7,13	S	0,09	0,085
Fe	5,1	3,80	P	0,08	0,08
Ca	3,6	1,37	Cl	0,045	0,01
Na	2,64	0,63	Mп	0,09	0,085
K	2,60	1,36	N	0,01	0,10

Суттєві зміни у вмісті біогенних елементів у ґрунті пов'язані з живою фазою. Зокрема, вуглецю у ґрунтах у понад двадцять разів більше, ніж у літосфері, азоту – у десять. Оскільки водень є елементом води, то і його вміст у педосфері вищий.

ґрунти майже на 90 % складаються з мінеральних елементарних ґрунтових частинок, тому їх валовий хімічний склад буде визначатись в основному складом і кількісним співвідношенням мінералів. Серед основних мінералів крупну фракцію складають кварц і польові шпати, а

тонкодисперсну – глинисті алюмосилікати. Відповідно до цього, у валовому хімічному складі ґрунтів мало заліза, титану, кальцію та натрію, інші елементи – у мікрокількостях.

Хімічний склад ґрунтів варіює з глибиною. Різницю у валовому хімічному складі окремих горизонтів ґрунтового профілю використовують для визначення хімічного перетворення породи.

В Україні прийнята і використовується індексація генетичних горизонтів, запропонована О.Н. Соколовським. Літери латинського алфавіту безпосередньо означають назву генетичного горизонту, або того процесу, який сформував цей горизонт (рис. 1.1, 1.2):

Н – це гумусово-акумулятивний горизонт (від латинського humus – гумус);

Е – елювіальний (від латинського eluo – вимивати);

І – ілювіальний (від латинського illuo – вмивати);

Р – горизонт материнської породи (від грецької petra – камінь).

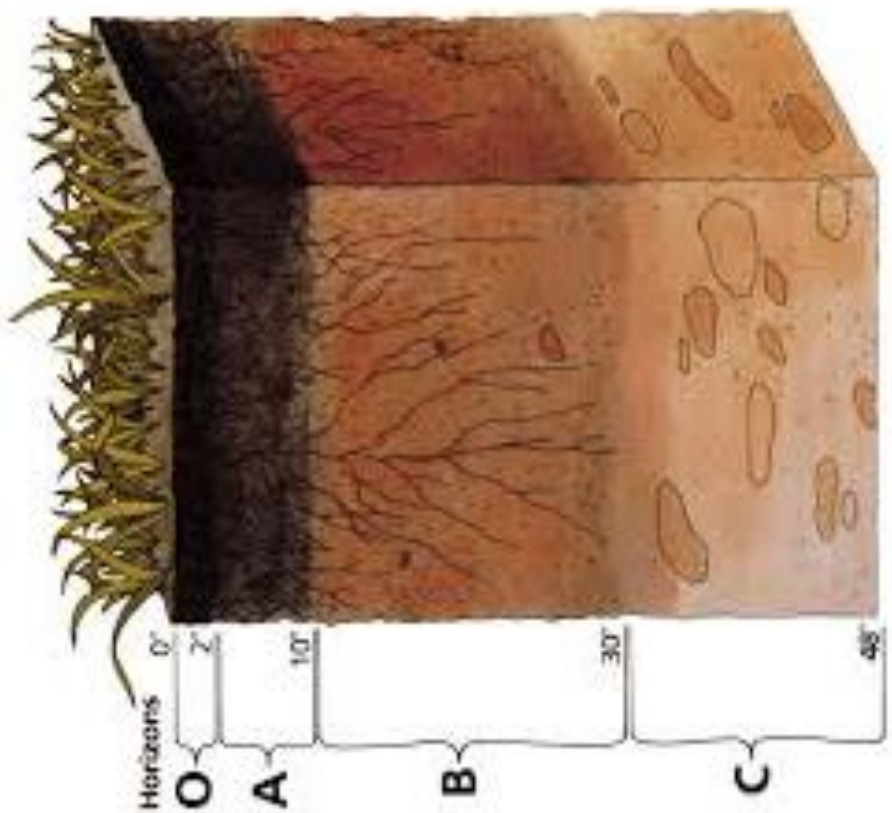
Елювіально-ілювіальний профіль характерний тим, що в елювіальному горизонті спостерігається збіднення півтораоксидами й збагачення кремнеземом; в ілювіальному спостерігається зворотна картина.

Однаковий за хімічним складом профіль ґрунту може сформуватися під впливом таких елементарних ґрунтоутворчих процесів:

- опідзолення;
- знемулення;
- лесиваж;
- відбілювання (зняття залізних плівок з крупних частинок у верхній частині профілю та їх перенесення у нижню, ілювіальну);
- осолодіння (руйнування мінералів у лужному середовищі у верхній частині та винесення продуктів руйнування до ілювіальної частини);
- глесеелювіальний процес (руйнування мінералів у відновних умовах у верхній частині профілю та винесення продуктів руйнування в ілювіальну).

Отже, напрям та інтенсивність прояву ґрунтоутворчого процесу безпосередньо впливає на перерозподіл хімічного складу ґрунту за профілем. Тому за характером профільних змін валового хімічного складу можна здійснювати **діагностику ґрунтоутворення.**

Для розуміння причин формування особливостей валового хімічного складу ґрунту та його варіювання за профілем завжди необхідно враховувати, що **вміст окремих елементів визначається наявністю їх у ґрунті в складі різноманітних конкретних мінеральних та органічних сполук.**



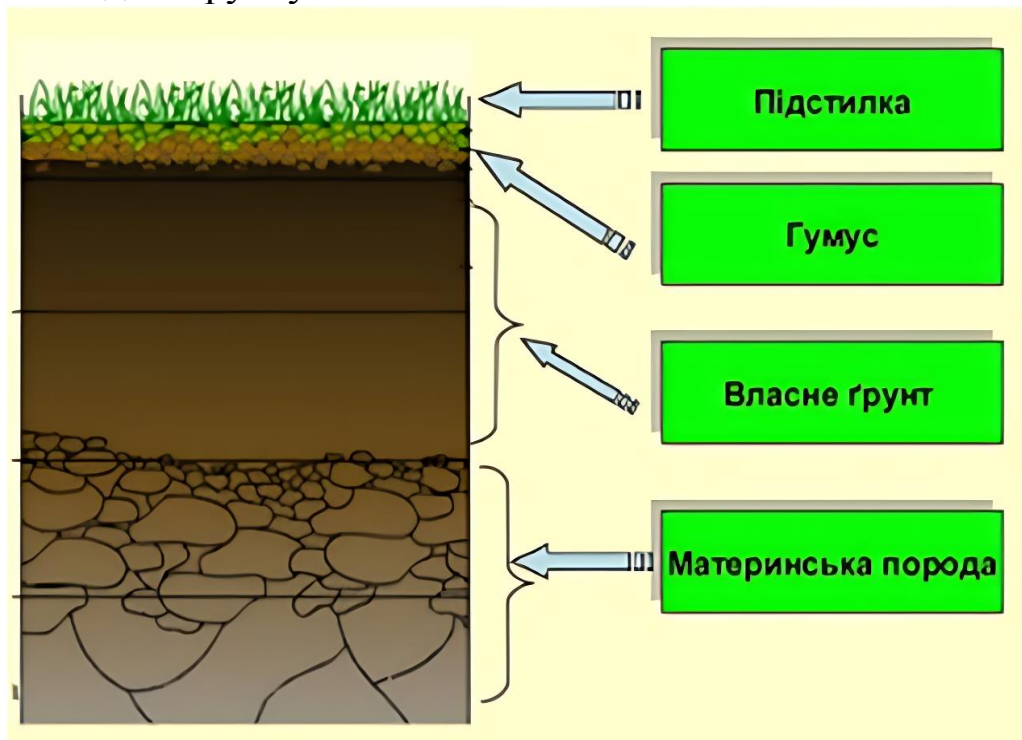
дерново-підзолистий



чорнозем

Рисунок 1.1 – Індексація генетичних горизонтів ґрунту

Складові ґрунту



A ₀	1-3 см	Лісова підстилка, степова повстина
A ₁	20-150 см	Перегнійно-аккумулятивний (гумусовий) горизонт
A ₂	0-20 см Si	Елювіальний (вимивний) горизонт
B	10-30 см Fe, Al, Ca, Na	Ілювіальний (вимивний) горизонт
C	До 180 см	Перехідний до материнської породи
D	Лес, морена	Материнська порода

Рисунок 1.2 – Генетичні горизонти ґрунту

Вміст деяких хімічних елементів у ґрунтах (в %): **Si** (кремній) 26...44; **Ti** (титан) 0,2...0,5; **Al** (алюміній) 1...14; **Mn** (марганець) 0,01...0,3; **Fe** (залізо) 0,5...12; **Ca** (кальцій) 0,5...5; **N** (азот) 0,05...0,2; **K** (калій) 0,2...3; **P** (фосфор) 0,02...0,1; **Na** (натрій) 0,2...2; **S** (сірка) 0,02...0,2; **Mg** (магній) 0,1...2; **H₂** (водень) 0,04...0,2.

Кисень (оксиген) – найпоширеніший елемент земної кори; складає майже половину її маси і входить до складу майже всіх гірських порід.

Кисень – хімічно дуже активна сполука. *Він реагує з більшістю хімічних елементів, утворюючи оксиди. Реакція кисню з різними сполуками відноситься до реакцій окислення. Дуже важливим для рослин, мікроорганізмів і тварин, що мешкають у ґрунті, має вміст у ґрунтовому повітрі вільного кисню (O₂).*

Кремній. За розповсюдженням у земній корі займає друге місце після кисню. Він входить до складу багатьох гірських порід і мінералів кремнезему SiO₂ та ін. Кислотний оксид кремнію SiO₂ має атомну кристалічну ґратку (решітку), не реагує з водою. При нагріванні реагує з основними оксидами і розчинами лугів з утворенням солей кремнієвої кислоти. *Реакція руйнування природних силікатів під дією H₂O (води) і CO₂ (вуглекислого газу) призводить до утворення глини і піску.* Водні розчини силікатів гідролізовані і мають лужну реакцію. Валовий вміст SiO₂ у ґрунті коливається від 40...70 % у глинистих ґрунтах і до 90...98 % у піщаних. Вміст цього елемента визначається в основному наявністю в ґрунті кварцу і меншою мірою первинних і вторинних силікатів і алюмосилікатів. Інколи може бути наявним, зокрема у великих кількостях, аморфний кремнезем у вигляді опала або халцедону, генезис і накопичення яких у ґрунті спричинені *біогенними* (опалові фітолітарії, спікули губок, кістяки діатомей і т. ін.) або *гідрогенними* (окремніння ґрунтів) *процесами*. Валовий вміст SiO₂ у ґрунті коливається від 40...70 % у глинистих ґрунтах, до 90...98 % у піщаних, тоді як у фералітних ґрунтах тропіків може бути і набагато нижчим.

Алюміній. За розповсюдженням у земній корі алюміній займає третє місце після кисню і кремнію, зустрічається в основному в складі складних сполук алюмосилікатів (до них належать глини, польовий шпат, слюда, нефелін).

Алюміній – дуже активний метал, але на повітрі та у воді він стабільний, завдяки міцній поверхневій плівці оксиду Al₂O₃. При її видаленні алюміній швидко реагує з киснем повітря, а з води витісняє водень. При вивітрюванні первинних і вторинних мінералів вивільняється гідрооксид алюмінію, значна частина якого залишається на місці (як малорухомий) і лише незначна кількість переходить у розчин. У кислому середовищі (pH<5) він стає рухомим і

зумовлює появу у ґрунтовому розчині іонів $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ та AlOH_2^+ , які виявляють **фітотоксичність** для багатьох рослин.

Водорозчинна і колоїдна форма гідроксиду алюмінію при взаємодії з органічними кислотами створюють рухомі комплекси сполук, які здатні переміщуватись по профілю ґрунту.

Вміст гідроксиду алюмінію у ґрунтах зумовлений в основному наявністю польових шпатів, глинистих мінералів та деяких інших, багатих алюмінієм первинних мінералів, наприклад, слюд, епідотів, граната, корунду. Може бути у вільному глиноземі, у вигляді різноманітних гідроксидів алюмінію (діаспор, беміт, гідраргаліт) в аморфній або кристалічній формі. Валовий вміст Al_2O_3 у ґрунтах коливається від 1...2 до 15...20 %, у фералітних ґрунтах тропіків і бокситах може перевищити 40 %.

Залізо. Цей елемент присутній у ґрунтах у складі як первинних, так і вторинних мінералів. Він є компонентом магнетиту, гематиту, титаномангнетиту, глауконіту, рогових обманок, піроксенів, біотиту, хлоритів, глинистих мінералів, мінералів групи оксидів заліза. У ґрунтах міститься багато аморфних сполук заліза, особливо різноманітних гідроксидів (гетит, гідрогетит і т. ін.). Загальний вміст у ґрунті Fe_2O_3 коливається в дуже широких межах (у %): 0,5...1,0 – у кварцово-піщаних ґрунтах, 3...5 – у ґрунтах на лесах, 8...10 – у ґрунтах на елювії щільних феромагnezіальних порід і до 20...50 у фералітних ґрунтах і латеритах тропіків. У ґрунтах також часто спостерігаються залізисті конкреції і прошарки.

Сполуки заліза в ґрунтах (за С.В. Зонном, 1982 р.) представлені такими формами:

- **силікатним залізом**, що входить до складу кристалічних решіток первинних мінералів та вторинних (глинистих) мінералів;

- **несилікатним (вільним) залізом**. Це можуть бути слабо або сильноокристалізовані оксиди заліза і гідроксиди; залізисті і гумусово-залізисті аморфні сполуки; обмінні і воднорозчинні рухомі сполуки.

В сильноокислому середовищі рухомість гідроксиду заліза збільшується і в ґрунтовому розчині з'являються іони заліза. При перезволоженні, в умовах анаеробіозису, окисна форма заліза в результаті відновлювальних процесів переходить у закисну форму з утворенням розчинних сполук карбонатів FeCO_3 , $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ та сульфатів FeSO_4 , де **залізо стає доступним для рослин. Надмірна концентрація закисного заліза шкодить рослинам. У ґрунтах з нейтральною або лужною реакцією, де переважають окислювальні процеси, рослини можуть відчувати нестачу заліза, що проявляється через хлороз** (пожовтіння листя при зниженні вмісту та активності хлорофілу).

Кальцій. Вміст кальцію (Ca) у безкарбонатних суглинистих ґрунтах складає 1...3 % і визначається наявністю глинистих мінералів тонкодисперсних фракцій, а також гумусом і органічними рештками. Завдяки цьому відбувається біогенне збагачення кальцієм верхньої орґано-акумулятивної частини профілю ґрунту. Підвищений валовий вміст кальцію може бути зумовлений наявністю у великих фракціях уламків карбонатних порід і первинних мінералів, кальцієвмісних мінералів (кальциту, гіпсу, основних плагіоклазів та ін.). У ґрунтах сухостепової й аридної зон підвищений валовий вміст кальцію може бути зумовлений утворенням і накопиченням вторинного кальциту або гіпсу в процесі ґрунтоутворення. Багато кальцію може акумулюватись в ґрунті гідрогенним шляхом, аж до утворення вапняних або гіпсових кірок. Кальцій відносять до *орґаногенів*, які необхідні для розвитку рослин.

Калій. Вміст калію (K_2O) у ґрунтах складає 2...3 %. Цей елемент наявний частіше в глинистих мінералах тонкодисперсних фракцій, особливо в гідролюдах, а також у складі таких первинних мінералів крупних фракцій, як біотит, мусковіт, калієві польові шпати. Найбільша кількість калію міститься в глинистих і суглинкових ґрунтах. У ґрунтах легкого гранулометричного складу (піщаних і супіщаних), його вміст значно менший. Дуже бідні на калій торфові ґрунти. Калій також відносять до *орґаногенів*, необхідних для розвитку рослин. Інколи калій може бути в дефіциті, тому його внесення в ґрунт позитивно позначається на родючості.

Магній. Валовий вміст магнію (Mg) у ґрунті близький до вмісту кальцію й зумовлений наявністю глинистих мінералів, особливо монтморилоніту, вермикуліту, хлориту. У крупних фракціях магній міститься в уламках доломітів, олівіні, рогових обманках, піроксенах. У ґрунтах аридної зони багато магнію акумулюється при засоленні ґрунтів у вигляді хлоридів і сульфатів.

Натрій. Валовий вміст у ґрунті натрію (Na_2O) становить біля 1...3 %. У ґрунті натрій присутній у складі первинних мінералів, переважно в натрієвмісних польових шпатах. Вміст Na_2O в окремих складових крупних фракцій може досягати 5...6 %, тоді як у мулистій фракції не перевищує 0,5...1 %. У засолених ґрунтах сухостепової й аридної зон у значних кількостях може бути присутнім у вигляді хлоридів або входити в поглинальний комплекс ґрунтів, у таких випадках вміст Na_2O зростає до декількох відсотків. У ґрунті дефіциту цього елемента звичайно не спостерігається. Натрій у підвищених кількостях у складі рухомих сполук зумовлює формування несприятливих фізичних і хімічних властивостей ґрунту – засоленість.

Рослини нестачу натрію не відчують, скоріше навпаки – пригнічуються ним на галофітних (засолених) ґрунтах.

Засолюватися можуть будь-які ґрунти (каштанові, чорноземи, лучні, лучно-болотні, болотні тощо). Засолені (галогенні) ґрунти зберігають властивості тих ґрунтів, з яких вони утворилися. Розвиток солонцевого процесу починається із засолення ґрунтів легкорозчинними у воді солями (карбонатами, гідрокарбонатами, сульфатами і хлоридами).

Марганець. Вміст марганцю (Mn) у ґрунті – не більше декількох десятих або навіть сотих часток відсотка й зумовлений наявністю марганцевих конкрецій, що утворилися в результаті мікробіологічної діяльності. У розсіяному вигляді марганець може входити до складу деяких первинних мінералів (олівінів, піроксенів, епідоту).

Сірка. Вміст сірки (S) у ґрунті звичайно не перевищує декількох десятих відсотка. Сірка в ґрунті присутня у складі різних органічних сполук рослинного і тваринного походження. У засолених ґрунтах при наявності значних кількостей сульфатів валовий вміст сірки може зростати до декількох відсотків. ***Підвищений вміст сірки у вигляді рухомих сполук може спостерігатися при забрудненні ґрунтів промисловими відходами*** (випадання з опадами газоподібних викидів сполук сірки). У крупних фракціях ґрунту сірка присутня у складі сульфідів (пірит), гіпсу, вторинних сполук заліза, що утворюються при болотному процесі.

Вуглець, азот, фосфор. Ці елементи належать до найважливіших ***органогенів***. Наявність їх у ґрунті спричинена впливом живої речовини і процесами ґрунтоутворення.

Вуглець. У ґрунті вуглець міститься в основному в складі гумусу, а також органічних залишків. Багато вуглецю може знаходитися в складі карбонатів. Вміст вуглецю в ґрунті коливається від часток відсотка в бідних органічною речовиною піщаних ґрунтах до 3...5 і навіть 10 % – у багатих гумусом чорноземах (у торфових ґрунтах і торфових горизонтах вміст може бути більше десяти відсотків). ***Значна частина ґрунтів, що використовуються у землеробстві, потребує внесення вуглецю у вигляді органічної речовини (органічних добрив).***

Азот. У ґрунтах азот знаходиться переважно в ***органічних сполуках, безпосередньо недоступних для використання рослинами. Материнські породи, на яких виникли ґрунти, азоту не містять.*** Практично весь ґрунтовий азот – ***біологічного походження***. Так само, як і вуглець, азот майже повністю зв'язаний у ґрунті з його органічною частиною – ***гумусом*** і складає 1/10...1/20 від вмісту вуглецю. Незважаючи на невелику кількість (не більше 0,3...0,4, а часто 0,1 і менше відсотка), ***азот відіграє надзвичайно важливу роль у родючості ґрунтів, тому що***

він життєво необхідний рослинам, для яких він доступний тільки у формі нітратного й амонійного іонів. Іон NH_4^+ легко поглинається ґрунтом з частковим переходом в *необмінний* (фіксований) *стан*, а іон NO_3^+ *не поглинається ґрунтом ні хімічно, ні фізико-хімічно, знаходячись переважно в ґрунтовому розчині і легко використовується рослинами, які споживають його у великій кількості.*

За вмістом у рослинах азоту належить першість із елементів мінерального живлення, які надходять з ґрунту, тому постійно існує потреба в поповненні його запасів.

Більшість культурних ґрунтів потребує систематичного внесення цього елемента живлення. У природних умовах поповнення в ґрунті резервів азоту в доступних для рослин формах здійснюється *азотфіксуючими бактеріями*. Від 5 до 15 кг азоту на 1 га за рік зв'язується вільноживучими мікроорганізмами. Від 70 до 200 кг азоту на 1 га зв'язується бульбочковими бактеріями.

Фосфор. Цей елемент є у ґрунті в дуже незначних кількостях. Валовий вміст P_2O_5 складає не більше 0,1...0,2 %. *Фосфор життєво важливий для рослин*, але в більшості ґрунтів, особливо в піщаних, знаходиться у значному дефіциті. *Систематичне внесення фосфорних добрив у ґрунт є необхідним*, особливо при його інтенсивному використанні в агровиробництві. У ґрунті фосфор є у складі гумусу, органічних залишків, у мінеральній частині ґрунтів у складі апатиту, вторинного болотного мінералу – вівіаніту.

Поряд із описаними *макроелементами*, у ґрунті, в дуже невеликих кількостях (тисячні частки відсотка), наявні розсіяні елементи і *мікроеlementи*, однак *вони надзвичайно важливі для життєдіяльності рослин*. Валовий вміст цих елементів переважно пов'язаний із вмістом у ґрунті первинних мінералів, почасти глинистих мінералів й органічної речовини.

Хімічний склад ґрунтів впливає на їхню родючість безпосередньо, визначаючи властивості ґрунту, що мають вирішальне значення в життєдіяльності рослин. З одного боку, це може бути *дефіцит* певних елементів живлення рослин, наприклад, фосфору, азоту, калію, заліза, деяких мікроелементів; з іншого – *токсичний для рослин надлишок*, як у випадку засолення ґрунтів.

У процесі ґрунтоутворення відбуваються дуже суттєві *перетворення хімічного складу вихідних материнських порід*. Це спричинено такими загальними *ґрунтовими процесами*:

- перехід хімічних елементів з одних сполук в інші завдяки мінеральним перетворенням;
- надходження елементів з атмосфери з опадами й імпульверизацією;

- винос елементів низхідним рухом води в ґрунтові води, потім у гідрографічну мережу, у подальшому – в океан;
- привнесення елементів із ґрунтовими водами;
- циклічне залучення елементів у біологічний кругообіг.

Тому **профіль ґрунтів завжди диференційований за хімічним складом.**

Хімічні елементи знаходяться в ґрунтах у вигляді різних сполук, які визначають основні властивості ґрунтів. Важливим є доступність хімічних елементів та сполук рослинам, здатність їх до пересування в межах профілю ґрунту, здатність до взаємодії з іншими елементами та органічними речовинами ґрунту.

1.3.2. Хімічні властивості ґрунту

Ґрунтоутворення відбувається в результаті великої кількості хімічних процесів, які мають складний характер. ***Це зумовлено специфікою ґрунту як природного тіла, а особливо хімічними особливостями ґрунту.***

Виділяють такі **хімічні особливості ґрунту**:

- **поліхімізм.** Ґрунт містить велику кількість хімічних елементів і речовин. Один елемент може бути представлений декількома сполуками, а одна й та сама сполука може бути в різних кристалічних чи аморфних станах;
- **гетерогенність і полідисперсність.** Ґрунт – це багатозфазна система з неоднорідними поверхнями стикання, на яких відбуваються процеси сорбції і десорбції органічних і мінеральних речовин;
- **орґано-мінеральні взаємодії.** У ґрунтах формуються не лише прості і комплексні сполуки, а й складні адсорбційні комплекси, які складаються з мінералів та органічних речовин – **симплекси**;
- **просторова неоднорідність** спричинена просторовою неоднорідністю факторів ґрунтоутворення;
- **динамічність ґрунтових процесів.** Для ґрунтів характерна добова, сезонна, річна і вікова динаміка. Зміни відбуваються безперервно, що зумовлює зміни хімічного складу ґрунтів;
- **нерівноважний стан і термодинамічна незворотність процесів.**

Ґрунт – відкрита термодинамічна система, через яку постійно проходить потік енергії та речовин, що не дає можливості досягнути рівноважного стану. Ґрунт також має своєрідну **кінетику ґрунтового-хімічних процесів**, в якій поєднуються дуже швидкі і дуже повільні реакції.

Неорґанічні речовини ґрунту. Для мінерального живлення рослин найбільше значення мають сполуки трьох основних елементів: азоту, сірки і фосфору.

**Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя**

Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин

**Хомик Надія Ігорівна
Мартинюк Вікторія Валентинівна
Бабій Андрій Васильович
Цьонь Ганна Богданівна
Довбуш Тарас Анатолійович
Довбуш Анатолій Дмитрович**

АГРОЗАХИСТ

навчальний посібник

для здобувачів освіти спеціальності 208 «Агроінженерія»

Комп'ютерний набір: Надія Хомик, Вікторія Мартинюк,
Ганна Цьонь, Наталія Антончак
Графічне оформлення: Валентин Андріяшик
Фото взяті з інтернету