**Галина Станіславівна Іванюк** – доцент кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університету імені Івана Франка.
У 1999 р. закінчила Львівський державний університет імені Івана Франка за спеціальністю „Географія”, кваліфікація – географ-ґрунтознавець, викладач. 1999–2002 рр. – навчання в аспірантурі. Від 2001 року працює асистентом на кафедрі ґрунтознавства і географії ґрунтів, із 2004 року – доцентом. У 2003 році захистила дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук, тема “Географо-генетичні особливості гумусового стану опідзолених ґрунтів Пасмового Побужжя” (спеціальність 11.00.05 – біогеографія та географія ґрунтів).
Наукова діяльність присвячена дослідженню гумусового стану ґрунтів, біопродуктивності ґрунтів, питанням класифікації ґрунтів.
Член товариства ґрунтознавців і агрохіміків України (УТҐА), міжнародного товариства ґрунтознавства (IUSS), українського географічного товариства.
Автор понад 30 наукових публікацій.

**Основні праці:**


1. Оптична щільність гумінових кислот опідзолених ґрунтів Пасмового Побужжя // Генеза, географія та екологія ґрунтів. Збірник наукових праць. – Львів: Вид-во ЛНУ імені Івана Франка, 2003. – С.298–301.
2. Гумусовий стан автоморфних ґрунтів Пасмового Побужжя. – Монографія. – Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2004. – 192 с. (у співавт. з Позняком С.П.).
3. Лабораторно-аналітичні роботи з ґрунтознавства. Навчальний посібник. – Львів: Вид. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2006. – 96 с. (у співавт. з Гаськевичем В.Г.).
4. Зміна вмісту гумусу в ґрунтах Польщі // Агрохімія і ґрунтознавство. Випуск 67. – Харків: ННЦ “ІГА ім. О.Н. Соколовського”, 2007. – С. 72–81.


БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ҐРУНТІВ

ГАЛИНА ІВАНЮК

ГАЛИНА ІВАНЮК

# БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ҐРУНТІВ

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет імені Івана Франка

**ГАЛИНА ІВАНЮК**

# БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ҐРУНТІВ

Навчальний посібник

*Рекомендовано*
*Міністерством освіти і науки України*

Львів
Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка
2009

**ГАЛИНА ІВАНЮК**

# БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ҐРУНТІВ

Навчальний посібник

Львів
Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка
2009

**Halyna Ivanyuk**

# BIOPRODUCTIVITY OF SOILS

The Textbook

Lviv
Lviv Ivan Franko National University Publishing Centre
2009

УДК 631.45/.46 (075.8)
ББК П 032.6я73+П 147я73
И-23

**Рецензенти:**
д-р геогр. наук, проф. *В.І. Михайлюк*
(Одеський державний аграрний університет);
д-р біол. наук, проф. *Ю.М. Дмитрук*
(Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича)
д-р с/г наук, проф. *М.Т. Ярмолюк*
(с. Оброшино, Інститут землеробства і тваринництва західного регіону УААН)

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*
*як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів*
(Лист № 1/11-1028 від 17.02.09 р.)

**Іванюк Галина**
И-23 Біопродуктивність ґрунтів = Bioproductivity of soils : навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / Галина Іванюк. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. – 350 с.

ISBN

У посібнику розкрито поняття біопродуктивності ґрунтів, зроблено детальний аналіз продуктивності природних фітоценозів та едафону, агроценозів, визначено чинники, які зумовлюють продуктивність, наведено шляхи підвищення біопродуктивності агроценозів.

Вивчення біологічної продуктивності ґрунтів з метою раціонального використання природних ресурсів є однією з актуальних проблем сучасності. З нею пов'язані питання охорони довкілля і вирішення важливих завдань зі збільшення виробництва сільськогосподарської продукції. Сьогодні ще недостатньо вивчено зміни продуктивності рослинності у зв'язку із властивостями різних типів ґрунтів, а також під антропогенним впливом.

Запропоновано практичні та семінарські заняття з навчального курсу „Біопродуктивність ґрунтів".

Для студентів географічних, біологічних і агрономічних факультетів вищих навчальних закладів.

Бібліогр. 86; Іл. 17; Табл. 83.

The concept of bioproductivity of soils is reflected in a manual, the detailed analysis of the productivity of natural phitocenoses, agrocenoses and edaphon is done; the factors which cause it are determined; the ways of increase of agrocenosis bioproductivity are presented.

A study of the biological productivity of soils with the purpose of the rational use of natural resources is one of topical problems of contemporaneity. The questions of guard of environment and decision of important tasks from the increase of agricultural production are dependent from it. For today are not enough studied changes of the productivity of vegetation in relation with properties of different types of soils, and also under anthropogenic influence.

The practical and seminar employments of educational course „Bioproductivity of soils" are offered.

For the students of geographical, biological and agronomical faculties of higher educational institutions.

**УДК 631.45/.46 (075.8)**
**ББК П 032.6я73+П147я73**

ISBN

© Іванюк Г.С., 2009
© Львівський національний університет імені Івана Франка, 2009

# ЗМІСТ

Вступ ..... 9
**Частина I.** ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ БІОПРОДУКТИВНОСТІ ҐРУНТІВ .. 13
***Розділ 1.*** **Родючість ґрунту – основа біологічної продуктивності** .... 14
1.1. Види родючості ґрунтів ..... 15
1.2. Показники (фактори) родючості ґрунтів ..... 18
1.3. Відтворення родючості та окультурення ґрунтів ..... 20
***Розділ 2.*** **Абіотичні фактори біопродуктивності ґрунтів** ..... 24
2.1. Едафічний фактор ..... 24
2.1.1. Фізичні властивості ґрунтів ..... 24
2.1.2. Фізико-механічні властивості ґрунтів ..... 37
2.1.3. Фізико-хімічні властивості ґрунтів ..... 42
2.1.4. Поживний режим ґрунтів ..... 54
2.2. Кліматичний фактор ..... 79
2.2.1. Світло. Фотосинтез і фотосинтетично активна радіація ..... 79
2.2.2. Температура ..... 92
2.2.3. Вода ..... 100
2.2.4. Повітря ..... 109
2.3. Закони продуктивності рослин ..... 111
***Розділ 3.*** **Продуктивність природних фітоценозів** ..... 119
3.1. Запаси фітомаси ..... 122
3.2. Світовий розподіл первинної біологічної продукції ..... 128
3.3. Родючість ґрунтів і продуктивність лісових ценозів ..... 132
3.4. Продуктивність лісів України ..... 140
***Розділ 4.*** **Продуктивність едафону** ..... 150
4.1. Склад едафону ..... 150
4.2. Діяльність ґрунтових тварин і мікроорганізмів та чинники, які визначають їхній розвиток ..... 153
4.3. Продуктивність організмів у зональних типах ґрунтів .... 163
***Розділ 5.*** **Вплив антропогенного фактора на біопродуктивність ґрунтів** ..... 186
5.1. Застосування добрив ..... 187
5.1.1. Роль добрив у підвищенні біопродуктивності ґрунтів .... 188
5.1.2. Негативний вплив добрив ..... 191
5.1.3. Система застосування добрив ..... 194
5.2. Хімічна меліорація ґрунтів ..... 197
5.3. Сівозміни ..... 202
5.3.1. Поняття про сівозміну та беззмінні посіви ..... 202
5.3.2. Наукові основи чергування культур у сівозміні ..... 206
5.3.3. Класифікація сівозмін ..... 211

5.4. Значення і завдання обробітку ґрунтів ..... 215
5.5. Вплив зрошення і осушення на біопродуктивність ґрунтів..... 223

***Розділ 6.* Показники біопродуктивності агроценозів**..... 228
6.1. Вихід основної і побічної продукції агроценозів..... 229
6.1.1. Урожайність культурних рослин ..... 229
6.1.2. Кормові та зернові одиниці..... 240
6.1.3. Вміст білка..... 243
6.1.4. Енергетична оцінка продуктивності посівів..... 246
6.2. Кількість поверхневих і кореневих решток ..... 248
6.3. Рослинні рештки, втрачені протягом вегетації..... 252
6.4. Біомаса сегетальної рослинності..... 253

***Розділ 7.* Продуктивність кормових угідь**..... 256
7.1. Характеристика основних видів лучних рослин..... 256
7.2. Типи екосистем кормового призначення та їхня продуктивність.....259
7.3. Способи оптимізації стану кормових угідь ..... 266

***Розділ 8.* Шляхи підвищення біопродуктивності агроценозів**.... 270
8.1. Біопродуктивність агроценозів унаслідок зміни клімату .... 273

**Частина II. ПРАКТИКУМ З БІОПРОДУКТИВНОСТІ ҐРУНТІВ**..... 279
*Практична робота № 1.* Оцінка продуктивності природних фітоценозів Землі..... 280
*Практична робота № 2.* Розрахунок балансу гумусу для сівозміни .....283
*Практична робота № 3.* Розрахунок структури сільськогосподарських угідь для створення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті ..... 293
*Практична робота № 4.* Розрахунок балансу нітрогену в ґрунті..... 297
*Практична робота № 5.* Програмування урожайності. Чинники продуктивності посівів у програмуванні і визначенні рівнів урожайності за ними ..... 303
*Практична робота № 6.* Агрохімічні умови програмування урожайності. Визначення норм внесення добрив ..... 312
*Семінарське заняття № 1.* Зернові культури – основа сільськогосподарського виробництва ..... 323
*Семінарське заняття № 2.* Зернобобові культури. Перспективи вирощування в Україні ..... 324

*Термінологічний словник* ..... 326
*Предметний покажчик* ..... 334
*Авторський покажчик*..... 337
*Список використаної літератури* ..... 339
*Додатки* ..... 344

## CONTENTS

Introduction .....9
**Part I.** THEORETICAL ASPECTS OF BIOPRODUCTIVITY OF SOILS .....13
***Chapter 1.* Fertility of soil as a basis of the biological productivity** ..14
1.1. Types of soils fertility .....15
1.2. Indexes (factors) of soils fertility .....18
1.3. Recreation of fertility and cultivating of soils .....20
***Chapter 2.* Abiotical factors of soils bioproductivity** .....24
2.1. Edaphic factor .....24
2.1.1. Physical properties of soils .....24
2.1.2. Physical-mechanical properties of soils.....37
2.1.3. Physical-chemical properties .....42
2.1.4. Nourishing routine of soils .....54
2.2. Climatic factor .....79
2.2.1. Light. Photosynthesis and photosynthetically activ radiation .....79
2.2.2. Temperature .....92
2.2.3. Water .....100
2.2.4. Air.....109
2.3. Laws of the plants productivity .....111
***Chapter 3.* Productivity of natural phytocenosis** .....119
3.1. Supplies of phytomass .....122
3.2. World distributing of primary biological products .....128
3.3. Fertility of soils and productivity of forest cenosis .....132
3.4. Productivity of Ukraine forests .....140
***Chapter 4.* Productivity of edaphon**.....150
4.1. Composition of edaphon ..... 150
4.2. Activity of the ground animals and microorganisms and factors, which determine their development .....153
4.3. Productivity of organisms in the zonal types of soils .....163
***Chapter 5.* Influence of anthropogenic factor on the soils bioproductivity** .....186
5.1. Application of fertilizers .....187
5.1.1. A role of fertilizers for the increase of soils bioproductivity.....188
5.1.2. Negative influence of fertilizers .....191
5.1.3. System of fertilizers application .....194
5.2. Chemical melioration of soils .....197
5.3. Crop rotations .....202
5.3.1. A concept about a crop rotation and permanent sowing .....202
5.3.2. Scientific bases of cultures sequence in a crop rotation ... 206
5.3.3. Classification of crop rotations ..... 211

5.4. Value and task of soils cultivation.....215
5.5. Influence of irrigation and drainage on soils bioproductivity .....223

***Chapter 6.* Indexes of agrocenosis bioproductivity**.....228
6.1. Basic and sideline product of agrocenosis .....229
6.1.1. Crop rotation of cultural plants .....229
6.1.2. Forage and corn units .....240
6.1.3. Content of albumen.....243
6.1.4. Power estimation of the productivity of sowing.....246
6.2. Amount of superficial and root remains .....248
6.3. Plant remains, which have been lost during vegetation ....252
6.4. Biomass of segetal vegetation.....253

***Chapter 7.* Productivity of fodder lands** .....256
7.1. Description of basic types of meadow plants .....256
7.2. Types of ecosystem with the feed functions and its productivity .....259
7.3. Methods of optimization of the forage lands .....266

***Chapter 8.* Ways of increase of agrocenosis bioproductivity** .....270
8.1. Bioproductivity of agrocenosis caused by climate change.....273

**Part II.** PRACTICAL WORK ON SOILS BIOPRODUCTIVITY.....279
*Practical work №1.* Estimation of the productivity of the Earth natural fitocenosis.....280
*Practical work №2.* Calculation of humus balance for the crop rotation .....283
*Practical work №3.* Calculation of agricultural lands structure for creation of entailing no deficit balance of humus in soil .....293
*Practical work №4.* Calculation of nitrogen balance in soil.....297
*Practical work №5.* Programming of the crop capacity. Factors of the crops productivity in a programming and determination of levels of crop capacity .....303
*Practical work №6.* Agricultural chemistry conditions of crop rotation programming. Determination of norms for the fertilizer application .....312
*Seminar employment №1.* Grain-crops are basis of agricultural production .....323
*Seminar employment №2.* The leguminous plants. Prospects of cultivate in Ukraine .....324

*The terminological dictionary*.....326
*The subject index*.....334
*The author pointer*.....337
*List of the used literature* .....339
*Attachments*..... 344

# ВСТУП

*Ґрунти володіють багатьма різноманітними екологічними функціями, одна з найважливіших – ґрунт – основа біологічної продуктивності. Завдяки ґрунту людство отримує до 95% усіх продуктів харчування.*

*За визначенням, яке запропонував Ф.І. Левін продуктивність ґрунтів – це їхня здатність формувати врожай рослин, створювати можливість для існування тварин і мікроорганізмів. Продуктивність ґрунтів називають біологічною, оскільки її оцінюють загальною кількістю рослинної маси та її якістю, чисельністю і біомасою ґрунтових тварин і мікроорганізмів.*

*Термін „біопродуктивність ґрунтів" використовують у кількох аспектах. В агрономічному розумінні – це середньозважений вихід фітомаси і продукції з одиниці площі з урахуванням врожаїв і продукції всіх культур, які складають структуру посівних площ землекористування. В екологічному й загально біологічному значенні біологічна продуктивність – це відтворення біомаси рослин, мікроорганізмів і тварин, що*

*входять до складу екосистеми; у вужчому сенсі – відтворення диких тварин і рослин, а також тих, які використовує людина. Біологічну продуктивність визначають масою органічної речовини, яку щороку створюють надземні і підземні органи рослин усіх компонентів фітоценозу (ліс, луки, болото, сільськогосподарські культури). Біологічна продуктивність реалізується у кожному окремому випадку через відтворення видових популяцій рослин і тварин, що відбувається з певною швидкістю, яка може бути виражена визначеною величиною – продукцією за одиницю часу (наприклад, за рік) на одиницю площі.*

*Біологічна продуктивність поряд із якістю продукції є основним показником стійкості ґрунту.*

*Учені досліджують продуктивність різних типів природної рослинності в різних природних зонах, але мало вивчені зміни її продуктивності залежно від властивостей ґрунтів і антропогенних впливів. Недостатньо уваги приділяють вивченню продуктивності кормових угідь і способів її підвищення.*

*Продуктивність агроценозів не завжди враховують повністю. Оцінюється врожайність культур і збір основної продукції, проте не береться до уваги середньозважений вихід усієї сільськогосподарської продукції з одиниці площі ґрунтів землекористування, який залежить не тільки від родючості ґрунту, але і від того, наскільки раціонально використовується ґрунт, які культури на ньому вирощують, який рівень агротехніки тощо. Можна і на продуктивних ґрунтах отримувати незначний вихід продукції з одиниці площі всього землекористування, якщо використовувати ґрунт і його родючість нераціонально.*

*Тому поряд із вивченням властивостей ґрунтів і оцінки їхньої родючості у відносних величинах, необхідно визначати абсолютні величини виходу сільськогосподарської продукції з одиниці площі із урахуванням фітомаси і продукції всіх культур, які складають структуру посівних площ землекористування.*

*Визначаючи продуктивність агроценозів і структуру біомаси рослин, використовують різні методики, які не завжди враховують особливості агроценозів: певний порядок розміщення рослин на поверхні ґрунту, щорічне заорювання поверхневих решток і наявність в орному шарі значної кількості подрібнених залишків попередніх культур та ін. З цим пов'язані відомі в літературі значні розходження у величинах біологічної продуктивності і показників біологічного кругообігу елементів у посівах одних і тих самих культур в однакових умовах їхнього вирощування. Критерії оцінки біопродуктивності ґрунтів розроблені недостатньо.*

*Завдання підвищення біопродуктивності повинно полягати найперше у пізнанні векторів розвитку і темпів природних процесів у конкретних ландшафтах, у пізнанні законів управління ними.*

***Об'єктом вивчення** є ґрунт, пов'язана з ним біота і рослинність, **предметом** – продуктивність рослин і ґрунтової біоти.*

***Метою курсу** є вивчення біопродуктивності ґрунтів природних ценозів та агроценозів, визначення шляхів підвищення біопродуктивності ґрунтів.*

***Завдання курсу:***

*визначення факторів, що впливають на біопродуктивність ґрунтів;*

*встановлення показників біопродуктивності ґрунтів;*

*вивчення продуктивності орних земель, кормових угідь і природних біоценозів;*

*оцінка біомаси мікроорганізмів у різних ґрунтах;*

*визначення шляхів підвищення біопродуктивності ґрунтів.*

*Посібник складений відповідно до програми курсу „Біопродуктивність ґрунтів", який передбачений навчальним планом для студентів географічного факультету спеціальності 6.040106 – „Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування". Можуть також використовувати студенти за такими спеціальностями: „Географія", „Біологія"; студенти Природничого коледжу. Посібник може бути рекомендований також для студентів сільськогосподарських вузів та природничих і екологічних коледжів.*

*Автор вдячний рецензентам цього навчального посібника – д-ру геогр. наук, проф. В.І. Михайлюку (Одеський державний аграрний університет), д-ру біол. наук, проф. Ю.М. Дмитруку (Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича), д-ру с.-г. наук, проф. М.Т. Ярмолюку (Інститут землеробства і тваринництва західного регіону УААН, с. Оброшино Пустомитівського р-ну Львівської області).*

*Особливу подяку за сприяння у написанні навчального посібника, цінні поради та зауваження автор висловлює завідувачу кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університету імені Івана Франка, професорові С.П. Позняку.*

# ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ БІОПРОДУКТИВНОСТІ ҐРУНТІВ

Частина I

*Розділ 1.* ***Родючість ґрунту – основа біологічної продуктивності***

*Розділ 2.* ***Абіотичні фактори біопродуктивності ґрунтів***

*Розділ 3.* ***Продуктивність природних фітоценозів***

*Розділ 4.* ***Продуктивність едафону***

*Розділ 5.* ***Вплив антропогенного фактора на біопродуктивність ґрунтів***

*Розділ 6.* ***Показники біопродуктивності агроценозів***

*Розділ 7.* ***Продуктивність кормових угідь***

*Розділ 8.* ***Шляхи підвищення біопродуктивності агроценозів***

Галина
Іванюк

*Розділ 1*

# *РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ – ОСНОВА БІОЛОГІЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ*

Продуктивність ґрунтів визначають три головні чинники: родючість ґрунту, тип біоценозу та погодні умови. Впливаючи на два перших фактори, людина може регулювати рівень продуктивності ґрунтів.

***Родючість*** – це здатність ґрунту забезпечувати необхідні для життєдіяльності рослин умови, що визначають поживний, водно-повітряний, температурний, окисно-відновний та інші режими. Це основна специфічна властивість ґрунтів, що якісно відрізняє їх від гірської (ґрунтотворної) породи.

Родючість ґрунту є інтегральною екологічною функцією ґрунту, що забезпечує формування біомаси рослин, яка відзначається значною мінливістю і спричинена взаємодією різних властивостей і функцій [75].

Родючість ґрунту повинна співвідноситися з певними його функціями. Такими є продуктивна, екологічна і соціально-економічна функції. *Функція продуктивності* – це здатність ґрунту забезпечувати рослини безпосередніми факторами життя, тобто елементами живлення і водою. *Екологічна функція* пов'язана з підтриманням певних умов середовища, від яких залежить ріст і розвиток рослин, урожайність і якість продукції. Можливості інтенсифікації продуктивних функцій визначаються екологічною ємністю ґрунтів, здатністю підтримувати певні фітосанітарні умови, протистояти накопиченню токсинів, утримувати їх в неактивному стані, забезпечувати їхнє розкладення, буферною здатністю щодо мінеральних добрив і меліорантів і перешкоджанню їхніх втрат, здатністю протистояти фізичним навантаженням, впливові зрошення і т.д. Важливим є й *економічний аспект* ґрунтової родючості, пов'язаний з економічними та енергетичними затратами на виробництво продукції.

Родючість визначає якість ґрунту, різноманітні його функції і, відповідно, передумови забезпечувати екологічно стійку продуктивність біогеоценозів і агроценозів. Родючість ґрунту є сукупним ефектом ґрунтових умов, які зумовлюють урожайність рослин, якість продукції і підтримання екологічних функцій ґрунту в певних агроландшафтах [41].

Ступенем використання родючості ґрунтів, основою кількісного визначення її рівня є біопродуктивність ґрунтів.

На цілині родючість тісно пов'язана з генетичними особливостями ґрунтів, а на ріллі, крім того, ще й з характером їхнього сільськогосподарського використання. Її рівень залежить від властивостей ґрунтів, які відповідно зумовлені як ґрунтотворними процесами, так і технологіями вирощування сільськогосподарських культур.

Отже, родючість – це не тільки природне, але й соціально-економічне явище. Це дуже складна, багатофакторна, відносна і динамічна властивість ґрунту.

## 1.1. Види родючості ґрунтів

Виділяють два типи родючості ґрунтів: природна і штучна, які поділяють на кілька видів. ***Природної родючості ґрунти*** набувають у процесі утворення під впливом природних факторів (загальні запаси елементів живлення, гумус, гранулометричний склад, фізико-хімічні властивості та ін.). Людина в результаті своєї діяльності (внесення добрив, пестицидів, обробітку ґрунту, хімічної меліорації) створює ***штучну родючість*** ґрунту. Ця родючість характерна для сільськогосподарських угідь, на які в процесі виробничої діяльності впливає людина.

Природна родючість значною мірою є родючістю потенційною. ***Потенційна родючість*** показує скільки елементів родючості знаходиться у певному ґрунті в нереалізованій формі, тобто ті, що не перейшли в біомасу. Вона визначається складом і сукупністю відносно сталих властивостей ґрунту. Тому під час використання

звичайних агротехнічних заходів вона відносно стала і змінюється, зазвичай, повільно. Однак під впливом інтенсивної меліорації, а також унаслідок забруднення токсичними речовинами, вторинного засолення та інших несприятливих факторів потенційна родючість ґрунту може швидко та суттєво змінюватися. Потенційна родючість характеризується енергетичним потенціалом ґрунту, який здатний проявлятися в оптимальних умовах для фотосинтезу.

Під час сільськогосподарського використання ґрунтів частина потенційної родючості реалізується в урожаї культурних рослин. Саме вона є ***ефективною родючістю***, якою і зумовлюється величина і якість урожаю сільськогосподарської продукції. Родючість реалізується у продуктивності рослин і кількісно може бути виміряна сумою затрачених на її створення ґрунтових елементів родючості. Більшість учених вважає, що ефективна родючість проявляється через продуктивність рослин або інших організмів, які заселяють біоценоз. Ефективна родючість досить динамічна, причому не тільки в багаторічному циклі, але й упродовж вегетації. Тому як мінімальний період часу для визначення її рівня можна використати ту чи іншу фазу розвитку сільськогосподарських рослин, які вирощують на певному ґрунті. Рівень ефективної родючості у природних умовах, незважаючи на залежність від погоди, має певні межі величин, що характерні для рівноважного стану такого біоценозу. На сільськогосподарських угіддях вони можуть дуже коливатися, залежно від сортів рослин, агротехнічних заходів, економічних умов. Ефективна родючість на ґрунтах сільськогосподарських угідь проявляється у формі ***економічної***, яка формується за умов конкретної господарської діяльності людини, коли можливі значні відхилення біологічного кругообігу речовин від незайманих природних ценозів як у сторону зниження, так і підвищення її ємності. Звідси економічна родючість може бути прибутковою, мінімальною і критичною.

Природна родючість характеризує вихідні потенційні можливості ґрунту, а ефективна

(дійсна) – ступінь використання цих можливостей.

Людина, використовуючи ґрунт у сільськогосподарському виробництві, сприяє різкій активізації потенційної родючості, що зумовлює високі врожаї культурних рослин під час освоєння ґрунтів. Високий рівень ефективної родючості при неповній компенсації факторів ґрунтової родючості підтримується за рахунок одночасного зниження потенційної. Але за тривалого такого використання ґрунтів значно знижується і ефективна родючість. Унаслідок цього формуються деградовані, виснажені ґрунти з низькою потенційною та ефективною родючістю. На формування деградованих ґрунтів в умовах агроценозів впливають не тільки некомпенсований кругообіг речовин у системі ґрунт–рослина, але й негативні наслідки від використання агрозаходів, а також від ущільнювальної дії ходових систем тракторів і сільськогосподарських машин на ґрунт. Це зумовлює втрати гумусу, кальцію, руйнування структури, ущільнення, висушування, змитість ґрунтів, ерозійні явища тощо [69].

Продуктивність рослин не може бути єдиним критерієм ґрунтової родючості навіть через те, що вона не завжди відображає продуктивну здатність ґрунту. Наприклад, через нестачу вологи в посушливих районах, навіть на потенційно родючих ґрунтах одержують низькі врожаї. Причому фактична (дійсна) родючість не завжди значно нижча потенційної. Зміна родючості ґрунту часто відбувається у двох напрямах: збільшення ефективної родючості ґрунту з однієї сторони і зниження потенційної родючості – з іншої. Така ситуація дуже небезпечна, оскільки приховує втрати стійкості ґрунтів. Дані про врожай сільськогосподарських культур за тривалий період часу теж не формують чіткого уявлення про рівень ґрунтової родючості. Під час оцінювання можливе як заниження, так і завищення рівня родючості ґрунту. Тому, для визначення рівня економічної родючості ґрунтів продуктивність культур не повинна бути єдиним показником [54].

## 1.2. Показники (фактори) родючості ґрунтів

Показники родючості ґрунту умовно поділяють на біологічні, агрохімічні, агрофізичні та меліоративні.

До *біологічних показників* належать вміст і якісний склад органічної речовини в ґрунті, біологічна активність ґрунту та самоочищення від шкідливих організмів.

До *агрохімічних показників* родючості відносять вміст елементів живлення доступних для рослин, ємність вбирання, сума вбирних основ, реакція ґрунтового розчину.

Безумовно, ступінь родючості ґрунту безпосередньо залежить від вмісту поживних речовин. Високий загальний їхній вміст свідчить про потенційну родючість, яка визначає рівень урожайності культурних рослин. Зі збільшенням ємності вбирання зростає буферність ґрунтового середовища.

До *агрофізичних показників* відносять гранулометричний склад, структуру, щільність будови, шпаруватість ґрунту. Вони визначають водно-повітряний режим ґрунту і технологічні властивості ґрунту [20].

*Рівень потенційної родючості ґрунту* визначають:

вміст гумусу і його якість, які впливають на запаси нітрогену й інших поживних речовин, вбирну здатність і буферність ґрунту, структурний стан і агрофізичні характеристики;

вміст поживних речовин (нітроген, фосфор, калій та інші макро- й мікроелементи), які визначають поживний режим ґрунту;

гранулометричний склад, який впливає на загальний хімічний і мінералогічний склад, вбирну здатність і буферність ґрунту, структурність, агрофізичні характеристики, водно-повітряний і тепловий режими ґрунту, інтенсивність і співвідношення процесів трансформації і мінералізації органічної речовини;

склад обмінно-вбирних катіонів, які впливають на стан ґрунтових колоїдів, агрофізичні

властивості, реакцію ґрунтового середовища, буферність ґрунту;

мікробіологічна і ферментативна активність, яка впливає на процеси трансформації органічної речовини, поживного режиму;

реакція ґрунтового розчину, солевий склад;

структурність кореневмісного шару ґрунту і будова ґрунтового профілю, який впливає на водно-повітряний режим та агрофізичні властивості ґрунту.

*Рівень ефективної родючості ґрунту*, яку визначають за урожайністю сільськогосподарських культур, залежить не лише від властивостей ґрунту. Велике значення мають також погодні і кліматичні умови, біологічні особливості рослин і вплив людини. До показників, які характеризують ефективну родючість ґрунту, належать:

ґрунт (поживний, водний, повітряний, тепловий режими, вміст фізіологічно активних речовин, реакція ґрунтового розчину, наявність токсичних речовин);

погодно-кліматичні умови: сонячна радіація, кількість і розподіл атмосферних опадів, сума активних температур, тривалість вегетаційного періоду, вміст $CO_2$ у повітрі;

рослини (сорт, репродукція, якість насіння);

фітосанітарні умови: забур'яненість, хвороби і шкідники культурних рослин;

антропогенний вплив: механічний обробіток ґрунту, агротехніка, сівозміни, внесення добрив, застосування пестицидів і регуляторів росту, хімічна, протиерозійна меліорації, гідромеліорація [2].

Родючість ґрунту насамперед визначають вмістом і якістю гумусу. Гумус із найкращим співвідношенням гумінових і фульвокислот найбільшою кількістю утворюється в умовах тривалого періоду біологічної активності (коли температура повітря сягає понад 10°С, є достатній запас у ґрунті доступної для рослин вологи). Найбільше ці умови відповідають чорноземним районам. Збільшити родючість можна внесенням добрив. Проте в оптимальні за зволоженням

роки навіть на неудобрених чорноземах можна отримати 40–50 ц/га зерна високої якості. Існує також гіпотеза, що не природа гумусу, а швидше кількість і мікробіоценоз – сукупність мікроорганізмів, яка створюється завдяки гумусу – причина родючості грунту. І в цьому, можливо, основна роль гумусу у створенні ґрунтової родючості [40].

Гумус є резервом для збільшення родючості ґрунту, ефективності їхнього використання. Тільки підвищення родючості дасть змогу збільшити валовий збір рослинної продукції. Створення високогумусних, буферних до несприятливих впливів ґрунтів – одне із основних наукових і практичних завдань.

Рослини відповідно до родючості ґрунту поділяють на еутотрофи, мезотрофи, оліготрофи.

***Еутотрофи*** – види, що найліпше ростуть на родючих ґрунтах. Більшість культурних рослин – еутотрофи: пшениця, буряк цукровий, кавун, просо, кукурудза, люцерна.

***Мезотрофи*** – маловимогливі до родючості ґрунтів: квасениця, конюшина, еспарцет, тимофіївка, вівсяниця, буркун, горох, боби.

***Оліготрофи*** – невимогливі до родючості ґрунтів: біловус стиснутий, вика, люпин, журавлина [2].

## *1.3. Відтворення родючості та окультурення ґрунтів*

Родючість ґрунту є такою властивістю, яка здатна до відтворення і в природних умовах, і внаслідок сільськогосподарської діяльності людини. Відтворення родючості може бути розширеним і простим. *Розширене відтворення родючості* – це поліпшення сукупності властивостей ґрунту, які впливають на його родючість, створення вищої родючості грунту порівняно з початковою. *Просте відтворення родючості* – це відсутність помітних змін сукупності властивостей ґрунту, які впливають на його родючість, тобто усунення негативних явищ, які виникають унаслідок вирощування культурних рослин

і надання ґрунту родючості, яку він мав до використання.

Розширене відтворення родючості ґрунту є основою підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Його здійснюють завдяки оптимізації основних агрономічних властивостей ґрунту: агрофізичних, агрохімічних і біологічних [15]. Тому основною проблемою агрономічної науки є створення системи оптимальних параметрів показників родючості ґрунтів.

Бомба М.Я. (2004) розробив схему розширеного відтворення родючості ґрунтів (див. рис. 1.1).

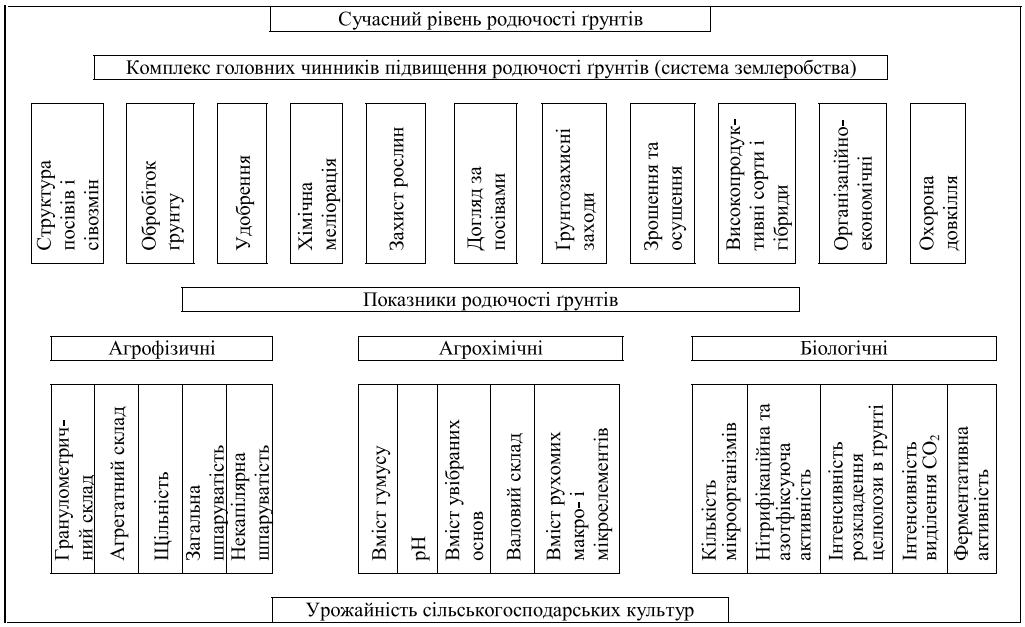



Рис. 1.1. Схема розширеного відтворення родючості ґрунтів

У відтворенні родючості ґрунтів застосовують два способи: перший – речовинний, який передбачає раціональне застосування добрив, меліорантів, пестицидів тощо; другий – технологічний спосіб відтворення родючості, поліпшення родючості, агрономічних властивостей ґрунту за допомогою його обробітку, зокрема меліоративних заходів.

Зниження родючості ґрунту відбувається за рахунок трьох основних чинників. Перший – антропогенна деградація (ерозія, викликана людиною, вторинне засолення, вторинне за-

болочення тощо), другий – виснаження ґрунту (зменшення запасів гумусу, поживних речовин), третій – ґрунтовтома (накопичення в ньому різних токсичних елементів, шкідливих мікроорганізмів як результат необґрунтованих сівозмін, надлишку хімічних засобів) [12. – С. 86].

Тривале використання ґрунту як засобу сільськогосподарського використання приводить до зміни природних процесів ґрунтотворення і його властивостей, до формування нових культурних ґрунтів. Процес зміни природних властивостей ґрунту з метою створення і постійного підтримання високого рівня родючості під впливом виробничої діяльності людини називається ***окультуренням ґрунту.*** Іншими словами – це поліпшення природних властивостей ґрунту з метою підвищення його родючості. Окультурений ґрунт повинен мати ліпші, ніж до окультурення, властивості і відповідати таким вимогам:

містити достатні запаси вологи і поживних речовин, бути здатним акумулювати та утримувати їх у достатніх кількостях;

мати задовільний фітосанітарний стан, бути очищеним від бур'янів, шкідників і збудників хвороб сільськогосподарських культур, мати високу біологічну активність;

забезпечувати ефективне використання сучасних високопродуктивних засобів інтенсивних технологій вирощування культур та високу стійкість до негативних впливів антропогенного чинника.

Для ефективного окультурення ґрунтів і підвищення їхньої родючості необхідно проводити комплекс заходів. Впливаючи на ґрунт у процесі окультурення, необхідно не тільки забезпечити умови для отримання стабільно високих врожаїв рослин, але і формувати основу прогресивного розвитку культурних екологічних систем, ландшафту загалом. Тому створення високо родючого культурного ґрунту вимагає комплексного цілеспрямованого впливу одночасно на ґрунтовий і рослинний покриви як на єдине ціле [2].

Для окультурення ґрунту застосовують біологічні, хімічні і фізичні методи.

*Біологічний метод* включає заходи, направлені на збагачення ґрунту гумусом і біологічним нітрогеном. Це – посів бобових трав і травосумішок зі злаковими і бобовими, сидератів, правильний підбір і співвідношення сільськогосподарських культур у сівозміні.

*Хімічний метод* направлений на збільшення у ґрунті вмісту доступних для рослин елементів живлення шляхом внесення мінеральних добрив, а також на покращення хімічних властивостей ґрунту, пов'язаних із несприятливою реакцією ґрунтового розчину (вапнування, гіпсування).

*Фізичні методи* включають обробіток ґрунту, створення агрономічно цінної структури в орному шарі, регулювання водного, повітряного, теплового режимів, зокрема, й осушення і зрошення.

Ступінь окультурення ґрунтів є різним і залежить від родючості ґрунту [44].

***Контрольні запитання:***

1. Розкрийте суть поняття „біопродуктивність ґрунтів".
2. Що називають родючістю ґрунту? Назвіть і охарактеризуйте види родючості?
3. Що таке відтворення родючості?
4. За якими показниками визначають рівень родючості ґрунтів?
5. Що таке окультурення ґрунтів і якими методами можна його досягнути?

*Розділ 2*

# АБІОТИЧНІ ФАКТОРИ БІОПРОДУКТИВНОСТІ ҐРУНТІВ

Біопродуктивність ґрунтів залежить від багатьох факторів. Кирюшин В.І. (2007) називає продуктивність ґрунтів підсумковим критерієм оцінки їхньої якості та виділяє умови, які визначають продуктивність (див. рис. 2.1).

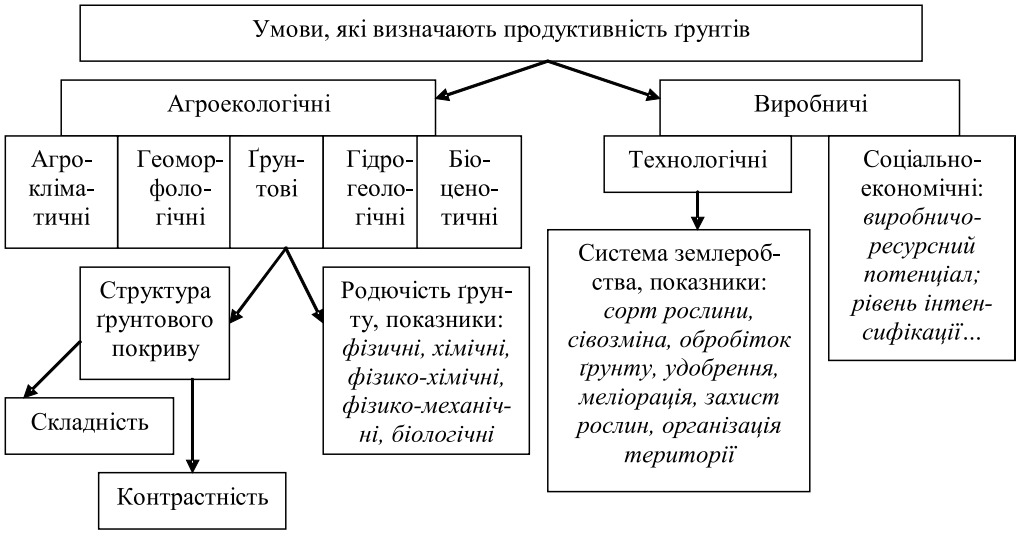



Рис. 2.1. Умови (фактори), які визначають продуктивність і якість ґрунтів

Усі фактори біопродуктивності ґрунтів можна поділити на абіотичні (едафічні, кліматичні) та антропогенні.

## 2.1. Едафічний фактор

Рівень біопродуктивності ґрунтів залежить від едафічного середовища (з грец. *édaphos* – ґрунт): фізичних, фізико-механічних, хімічних, фізико-хімічних властивостей ґрунтів.

### 2.1.1. Фізичні властивості ґрунтів

Ґрунтово-фізичні фактори характеризують здатність ґрунту забезпечувати потреби рослин у воді, повітрі, теплі, об'ємі кореневого шару та створювати умови для їхнього ефективного росту, розвитку, продуктивності, а також успішно реалізовувати в урожаї

потенційний запас поживних речовин із ресурсів ґрунту та внесених добрив. Ґрунтово-фізичні фактори створюють умови для існування стійкого агроландшафту.

***Гранулометричний склад*** – фундаментальна характеристика ґрунту, від якої залежать фізико-хімічні, водно-фізичні та фізико-механічні властивості. З ним пов'язана вбирна здатність ґрунту, його гумусованість, насичення поживними речовинами, можливість і швидкість окультурення ґрунтів, ефективність внесення добрив. Тому гранулометричному складу належить одна з найважливіших ролей у формуванні врожаю.

На території України найпоширенішими є важкі суглинки й глини, менш поширені середні та легкі суглинки, а також супіщані ґрунти. Перехід від середніх суглинків до важких і глинистих ґрунтів зумовлений передусім зміною типових крупнопилуватих лесів фацією важкосуглинкових і глинистих лесів. Межа між середніми та важкими суглинками проходить з південного заходу на північний схід України, перериваючись середніми і легкими суглинками долини Дніпра, і збігається з віссю барометричного максимуму, що визначає кліматичні умови сусідніх територій.

Поширення глинистих ґрунтів у південно-західній і північно-східній частині України порушується вклинюванням річкових долин Дніпра, Сіверського Дінця, Оскола та інших, у межах яких гранулометричний склад ґрунтів суглинковий або піщаний.

Важкосуглинкові ґрунти оконтурюють область глинистих ґрунтів і займають території вздовж долини Дніпра, Сіверського Дінця, Оскола, а також побережжя Чорного та Азовського морів, змінюючись на північному заході середніми і легкими суглинками прильодовикових і льодовикових рівнин відповідно до гранулометричного складу лесових порід.

Медведєв В.В. (1989) наводить характеристику ґрунтів сільськогосподарських земель України (див. табл. 2.1). Згідно з його досліджен-

нями, серед дерново-підзолистих ґрунтів, які перебувають у сільськогосподарському використанні, переважають супіщані різновиди, серед дернових оглеєних і опідзолених ґрунтів – легкосуглинкові, сірі лісові ґрунти переважно легко- і середньосуглинкові, чорноземи опідзолені та типові – середньо- і важкосуглинкові, чорноземи степової зони, а також каштанові ґрунти – важкосуглинкові, сільськогосподарсько освоєні буроземи – середньо- та легкосуглинкові.

Згідно з таблицею бонітетів Н.А. Качинського (1958), розрахунок середнього балу бонітету для зернових для кожного вибраного класу гранскладу дає такі величини: глина – бал 7,1, важкий суглинок – 9,4, середній суглинок – 8,9, легкий суглинок – 7,8, супісок – 5,9, пісок дрібний – 3,6, пісок крупний – 1,7. Отже, найвища продуктивність зернових буде на суглинкових ґрунтах.

Беручи до уваги видові особливості культур і використовуючи для цього літературні дані про реакцію культур на гранулометричний склад, матеріали класифікації ґрунтів України за придатністю для вирощування різних культур, вчені провели нормування параметрів. З'ясувалося, що всі культури за реакцією на гранулометричний склад можна поділити на три групи:

I – зернові суцільного посіву, оптимальним для яких є суглинковий склад (особливо важкий суглинок степів) чорноземних ґрунтів. Цукровий буряк за вимогами до гранскладу близький до зернових;

II – кукурудза, соняшник – важкий гранскладу лісостепових і степових ґрунтів;

III – картопля, льон – південне Полісся, північний лісостеп [5].

Незважаючи на вирішальне значення гранулометричного складу для визначення екологічної відповідності ґрунту польовій культурі, такий зв'язок є непрямим. У ґрунті кореневі системи рослин взаємодіють з мікро- і макроструктурами ґрунту, їхнім шпаровим простором. Відомо, що структура ґрунту в орному шарі – один із найважливіших факторів, які впливають на режим ґрунту, розвиток і навіть урожайність сільськогосподарських культур.

*Таблиця 2.1*

**Характеристика ґрунтів сільськогосподарських земель України (% від площі с.-г. угідь) (за В.В. Медведєвим, 1989)**

| Ґрунти | Гранулометричний склад | | | | | | | Еродованість | | | | | | Вид | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | змиті | | | дефльовані | | | оглеєність | | | | засоленість і солонцюватість | | |
| | | | | | | | | | | | | | | поверхнева | | ґрунтова | | | | |
| | піщані | глинисто-піщані | супіщані | легкосуглинкові | середньосуглинкові | важкосуглинкові | глинисті | слабко- | середньо- | сильно- | слабко- | середньо- | сильно- | глеюваті | глейові | глеюваті | глейові | солонцюваті | солонцюваті і засолені | солонцюваті у комплексі з солонцями |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 1. Дерново-підзолисті | 7,6 | 29,9 | 48,2 | 11,7 | 1,7 | 0,9 | | 1,8 | 0,9 | 0,4 | 0,6 | | | 6,1 | 1,1 | 26,2 | 32,5 | | | |
| 2. Дернові оглеєні та їхні опідзолені види | 2,8 | 14,7 | 24,9 | 31,4 | 18,3 | 7,8 | 0,1 | | | | | | | 0,6 | | 23,3 | 76,1 | | | |
| 3. Сірі лісові | 0,1 | 0,2 | 16,8 | 42,9 | 34,0 | 6,0 | | 19,7 | 8,8 | 3,2 | | | | 11,5 | 3,9 | 1,6 | | | | |
| 4. Темно-сірі опідзолені | | 0,1 | 4,7 | 39,0 | 31,4 | 24,2 | 0,6 | 18,8 | 8,5 | 2,6 | | | | 0,8 | 0,1 | 19,3 | 2,9 | | | |

*Продовження табл. 2.1*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5. Чорноземи опідзолені | | 0,1 | 2,0 | 26,7 | 35,6 | 35,6 | 0,1 | 26,8 | 11,1 | 3,6 | | | | | | | | | | |
| 6. Чорноземи типові | | | 0,4 | 25,0 | 40,4 | 34,1 | 0,1 | 21,3 | 6,1 | 1,9 | | | | | | | | | | |
| 7. Чорноземи звичайні | | | 0,1 | 1,0 | 6,5 | 88,5 | 3,9 | 40,4 | 11,1 | 3,8 | 1,0 | 0,7 | | | | | | 5,3 | | 0,1 |
| 8. Чорноземи південні | | | | 2,2 | 10,5 | 84,4 | 3,0 | 18,5 | 5,5 | 1,5 | 4,6 | 1,4 | | | | | | 15,2 | | 0,1 |
| 9. Чорноземи та лучно-чорноземні намиті | | | 0,7 | 8,0 | 8,6 | 78,8 | 3,9 | 7,9 | 2,0 | | 4,2 | 0,5 | | | | | | 80,9 | | 19,0 |
| 10. Темно-каштанові солонцюваті | | | 2,0 | 8,2 | 18,3 | 67,5 | 4,0 | | | | 5,2 | 2,1 | | | | | | 9,7 | | 90,3 |
| 11. Каштанові солонцюваті | | | | | 10,0 | 90,0 | | | | | | | | | | | | 35,0 | | 6,4 |
| 12. Лучно-чорноземні | | 0,2 | 2,1 | 36,8 | 31,9 | 28,2 | 0,8 | | | | | | | | | | | | | |
| 13. Лучно-каштанові | | | 0,3 | | 3,2 | 87,1 | 9,7 | | | | | | | | | | | | | |

*Закінчення табл. 2.1*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14. Лучні | 0,1 | 0,6 | 4,6 | 32,0 | 23,4 | 34,6 | 4,7 | | | | | | | | | | | 8,2 | 30,0 | 9,6 |
| 15. Торфово-болотні і торфовища | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8,9 | 3,1 | |
| 16. Алювіальні дернові оглеєні та їхні опідзолені види | 1,7 | 15,7 | 33,9 | 24,0 | 24,4 | 0,3 | | | | | | | | | | 11,0 | 89,0 | | | |
| 17. Дернові поверхнево оглеєні осолоділі | | | | | 36,8 | 63,2 | | | | | | | | | 100,0 | | | | | |
| 18. Солонці лучно-степові | 0,1 | | 0,5 | 12,8 | 14,8 | 39,1 | 32,7 | | | | | | | | | | | | | |
| 19. Солончаки | 0,5 | 1,9 | 3,1 | 5,6 | 4,5 | 65,3 | 19,1 | | | | | | | | | | | | | |
| 20. Мочаристі | | | 0,5 | 1,4 | 6,8 | 63,1 | 27,2 | | | | | | | | | | | | | |
| 21. Буроземи кислі | | | 3,6 | 35,4 | 45,9 | 11,9 | 3,2 | 15,5 | | 12,7 | | | | | | | | | | |

За Н.А. Качинським, ***структура ґрунту*** – це сукупність агрегатів різного розміру, форми, шпаруватості, механічної міцності та водостійкості, яка характерна як для кожного ґрунту, так і для окремих його генетичних горизонтів. Здатність ґрунту розпадатися у природному стані під час механічного впливу на агрегати називають ***структурністю***.

У піщаних ґрунтах окремі гранулометричні елементи майже не зв'язані між собою, тому в них структурні агрегати майже не утворюються, а ті, що утворюються, нестійкі й дуже швидко руйнуються. Структурні агрегати можуть бути різними за величиною, формою і міцністю. Так, за розміром розрізняють: мікроагрегати – діаметром до 0,25 мм, макроагрегати – 0,25–10 і мегаагрегати – понад 10 мм. За формою агрегатів структура може бути грудкуватою, горіхуватою, зернистою, пилуватою, стовпчастою, призматичною, пластинчастою.

Агрегати розміром від 0,5 до 10 мм Н.А. Качинський вважав найціннішими, проте, в орних ґрунтах присутні пил і брили. Вчені ННЦ імені О.Н. Соколовського дослідили, що отримання високих врожаїв та ефективне використання вологи й елементів живлення забезпечується у разі такого співвідношення між агрегатами:

– від 20 до 5 мм – 20–25%,
– від 5 до 0,25 мм – 60–65%,
– менше 0,25 мм – не більше 16%.

Структура ґрунту визначає багато його режимів і властивостей: водно-повітряний режим, направленість мікробіологічних процесів, піддатливість ґрунту ерозії і т.д. Детальніше вплив структури на ґрунт розглянуто у табл. 2.2.

Екологічне значення структуроутворення полягає у тому, що значно поліпшуються умови для біорізноманіття, акумуляції вологи, зменшення контрасту температур, і цим створюються умови для сприятливого розвитку багатьох біологічних, біохімічних і обмін-

них процесів. Агрономічне значення полягає в тому, що в структурному помірно ущільненому ґрунті створюються умови для високої продуктивності рослин і можливість протистояти несприятливим явищам (посухи, переущільнення, перезволоження) [53].

*Таблиця 2.2*

**Біологічні, хімічні та фізичні процеси, зумовлені ґрунтовою структурою (M.Diaz-Zorita et al., 2002)**

| Процеси | | |
|---|---|---|
| Біологічні | Хімічні | Фізичні |
| Захист мікронаселення і мезофауни;<br>Цикли і збереження елементів живлення;<br>Поглинання вологи насінням і проростання культур;<br>Проростання і ріст коріння | Сорбція – десорбція органічних і неорганічних компонентів;<br>Транспортування розчинів | Водна і вітрова ерозії;<br>Інфільтрація вологи, аерація;<br>Кіркоутворення;<br>Водоутримання, евапотранспірація |

Ґрунтова структура впливає на рослину з моменту, коли насіння потрапляє у ґрунт і аж до збирання урожаю. Доступність оксигену, вологи, формування коріння, поглинання вологи, проростання насіння і наступний розвиток рослин – усе це залежить від розміру, властивостей ґрунтових агрегатів.

З'ясовано, що оптимальні умови для проростання насіння та росту створюються у посівному шарі, коли він складається з агрегатів приблизно такого ж розміру, як насіння (для пшениці, ячменю, вівса, кукурудзи, проса). Посівний шар за структурним станом диференціюють на дві частини: верхній (до 4 см) – повинен складатись з агрегатів від 5 до 20 мм. Ці агрегати відіграють неначе роль буфера для цінніших агрегатів, які знаходяться у нижньому шарі (4–8 см). Їхній розмір – від 5 до 0,25 мм, вони забезпечують найкращі умови для розвитку проса і 10–0,25 мм – для інших зернових.

Найкращі умови для росту культурних рослин створюються тоді, коли грудочки ґрунту стійкі проти розмивання водою. Структуру з водостійкими агрегатами називають агрономічно цінною. Ґрунти, в яких окремі агрегати не-

водостійкі, швидко запливають, осідають, а після висихання з них утворюються тверді брили. Агрономічна цінність структури залежить також від шпаруватості агрегатів, що, відповідно, ,пов'язано зі щільністю розміщення мікроагрегатів у макроагрегатах. Значна шпаруватість грудочок та їхня водостійкість зумовлюють добрі та відмінні фізичні властивості ґрунтів, є показником доброї структури і високого ступеня окультурення ґрунту.

У природних умовах структура утворюється під впливом рослин і мікроорганізмів за наявності відповідних факторів структуроутворення. Основними факторами структуроутворення є колоїдна частина ґрунту, гумус, а також тонкодисперсні мінеральні частинки. Але надавати міцності, водостійкості ґрунтовим агрегатам вони можуть тоді, коли достатньо насичені катіонами кальцію та магнію і якщо є потрібна рівновага між ґрунтовими колоїдами і цими катіонами в увібраному стані. Академік О.Н. Соколовський називав кальцій основним „сторожем" структури ґрунту та його родючості загалом.

На відновлення структури ґрунту сприятливо впливає вирощування на полях багаторічних трав – конюшини, люцерни, еспарцету та їхніх сумішок із злаковими травами – тимофіївкою, кострицею, райграсом тощо. Значення трав у формуванні структури полягає насамперед у тому, що сильно розгалужена коренева система розчленовує ґрунт на окремі грудочки й ущільнює їх. Крім того, багаторічні трави утворюють і залишають після себе в ґрунті велику кількість кореневих решток (100–200 ц/га), розкладення яких сприяє формуванню гумусу. За наявності у ґрунті дво- і тривалентних катіонів ці грудочки міцно „цементуються" і внаслідок цього утворюється агрономічно цінна водостійка структура.

Посиленню процесів структуроутворення сприяють внесення органічних добрив, вапнування кислих та гіпсування засолених ґрунтів.

Відоме позитивне значення дощових черв'яків у структуроутворенні. Вони, використовуючи відмерлі органічні рештки як поживу,

пропускають разом з ними через травний шлях частки ґрунту, які виділяють у формі дрібненьких грудочок – копролітів. Ця структура має високу водостійкість.

Одним із факторів утворення або відновлення структури ґрунту є його промерзання. Вода, замерзаючи, розширюється за об'ємом і створює тиск на ґрунтові частки, які при цьому зближуються і ущільнюються. Однак промерзання ґрунту позитивно впливає на його оструктурення лише тоді, коли польова вологість становить 60–90%; структура, створена таким способом, не є водостійкою. Під час промерзання та відтавання надмірно зволоженого ґрунту структурні агрегати руйнуються, а промерзання сухого ґрунту не впливає на його структуру.

Для прискорення і посилення процесів утворення структури можна застосовувати штучні структуроутворювачі. До найефективніших з них належать синтетичні полімери на основі акрилової кислоти, так звані криліуми [16. – С. 59–61].

***Щільність будови*** – це маса 1 см$^3$ сухого ґрунту в його природному (непорушеному) стані. Вона залежить від типу ґрунту, щільності твердої фази, гранулометричного складу, структури, вмісту гумусу, виду рослинності й характеру обробітку.

Для кожного ґрунту характерна певна постійна величина щільності будови. Це так звана рівноважна щільність, якої ґрунт набуває під впливом природних факторів через певний час після обробітку, або після ущільнення від проходження важкої сільськогосподарської техніки.

У ґрунтах України максимальна рівноважна щільність будови у верхньому горизонті приурочена до Полісся, де домінують дерново-підзолисті піщані й супіщані ґрунти – 1,60 г/см$^3$. Мінімальна – менше 1,25 г/см$^3$ – у лісостепу, де переважають чорноземи типові та опідзолені.

В Україні найбільшу площу (64% від площі с.-г. угідь) займають ґрунти зі щільністю будови в орному шарі менше 1,35 г/см$^3$ [51] (див. табл. 2.3).

*Таблиця 2.3*

**Площі ґрунтів с.-г. земель з різними величинами щільності будови (за В.В. Медведєвим, Т.Є. Линдіною, Т.М. Лактіоновою, 2004)**

| Щільність будови, г/см$^3$ | Площа, % від с.-г. земель | Площа, тис. км$^2$ | |
|---|---|---|---|
| | | с.-г. угідь | ріллі |
| <1,25 | 36 | 158,4 | 108,0 |
| 1,26-1,35 | 28 | 123,2 | 84,0 |
| 1,36-1,45 | 16 | 70,4 | 48,0 |
| 1,46-1,55 | 8 | 35,2 | 24,0 |
| 1,56-1,65 | 12 | 52,8 | 36,0 |

Коренева система рослин проникає значно глибше орного шару: у пшениці – на глибину 140 см, жита – 120 см, вівса – 90 см, кукурудзи – 150 см, буряка – 200 см, соняшника – 170 см, картоплі – 70 см. Основна маса коріння знаходиться у шарі 0–50 (60) см. Якщо оцінювати щільність будови у півметровому шарі, то найбільшу площу в Україні займають ґрунти зі щільністю будови 1,11–1,30 і 1,31–1,50 г/см$^3$. Це типові, звичайні та південні чорноземи, темно-каштанові, каштанові, темно-сірі опідзолені ґрунти. Меншу площу займають ґрунти зі щільністю будови 1,51–1,80 г/см$^3$ (дерново-підзолисті, дернові піщані й супіщані). У територіальному відношенні приблизно 1/3 ґрунтів України мають щільність будови у півметровому шарі 1,10–1,30 г/см$^3$, 1/3 – 1,31–1,50 г/см$^3$, 1/3–1,51–1,80 г/см$^3$.

Оптимальна щільність будови в орному шарі ґрунтів – 1,00–1,30 г/см$^3$, в шарі 0–50 см – до 1,35 г/см$^3$. Наступне збільшення щільності будови на 0,10 г/см$^3$ призведе до зниження врожаю зернових на 10–15%. При щільності будови 1,45–1,50 г/см$^3$ ріст коріння неможливий [5].

Неоднаковими є вимоги сільськогосподарських культур до щільності ґрунту. В.В. Медведєв зі співавторами [51] провели нормування параметрів щільності будови ґрунту, яке полягало в оцінюванні фактичної щільності по

відношенню до оптимальної. Коли щільності збігаються, забезпечується максимальний урожай культури, яку вирощують (допускається його зниження не більше ніж на 10%), такий рівень щільності названий оптимальним (див. табл. 2.4).

Якщо величина фактичної щільності відхиляється від оптимальної, а зниження урожаю відзначається у межах 10–30%, рівень ущільнення вважають допустимим. Відповідно інші величини щільності будови, які значно відхиляються від оптимальних параметрів, є недопустимими, оскільки призводять до значного зниження урожаю.

*Таблиця 2.4*

**Нормування параметрів щільності будови ґрунту під час вирощування сільськогосподарських культур [51]**

| Культура | Щільність будови, г/см$^3$ | | |
|---|---|---|---|
| | оптимальна | допустима | недопустима |
| Пшениця озима | 1,10-1,35 | 1,00-1,10; 1,35-1,45 | <1,00; >1,45 |
| Жито озиме | 1,10-1,45 | 1,00-1,10; 1,45-1,55 | <1,00; >1,55 |
| Ячмінь ярий | 1,05-1,35 | 0,95-1,05; 1,35-1,45 | <0,95; >1,45 |
| Овес | 1,10-1,45 | 1,00-1,10; 1,45-1,55 | <1,00; >1,55 |
| Кукурудза | 1,05-1,30 | 0,95-1,05; 1,30-1,40 | <0,95; >1,40 |
| Буряк цукровий | 1,00-1,30 | 0,90-1,00; 1,30-1,40 | <0,90; >1,40 |
| Соняшник | 1,00-1,35 | 1,00-1,10; 1,35-1,45 | <1,00; >1,45 |
| Картопля | 1,00-1,45 | 0,80-1,00; 1,45-1,60 | <0,80; >1,60 |
| Льон | 1,20-1,40 | 1,10-1,20; 1,40-1,50 | <1,10; >1,50 |

Запропоновано також оптимальну модель щільності ґрунту (див. табл. 2.5), яка забезпечує сприятливі умови для росту, розвитку і продуктивності сільськогосподарських культур, високу ефективність добрив, витрати вологи, тобто виконання ґрунтом продуктивної функції [51]. Можна передбачити, що й екологічні функції ґрунту (вплив на режими вологи, повітря, тепла та ін.) також будуть підтримуватися за умови реалізації у ґрунті названих параметрів.

*Таблиця 2.5*

**Приблизні оптимальні параметри щільності будови ґрунтів у кореневому шарі [51]**

| Назва шарів | Глибина, см | Діапазон оптимальної щільності і середня величина, г/см$^3$ |
|---|---|---|
| Поверхневий шар | 0–4 | 1,10–1,30 (1,20) |
| Наднасіневий прошарок | 4(6)–6(8) | 1,20–1,30 (1,25) |
| Насіневий шар | 8–10 | 1,10–1,30 (1,20) |
| Піднасіневий шар | 10–25 | 1,10–1,20 (1,15) |
| Підорний шар | 30–40 | ≤1,35 (1,35) |

До параметрів щільності будови поверхневого шару польові культури не ставлять суттєвих вимог, тому допустимий широкий інтервал щільності (в середньому не вище 1,20 г/см$^3$). Формування помірно ущільненого прошарку над насінням для зменшення непродуктивного випаровування вологи – надзвичайно актуальне завдання. У насіневому шарі, залежно від вирощуваних культур, щільність доцільно підтримувати в діапазоні 1,1–1,3 г/см$^3$, а в піднасіневому – зазвичай, дещо знижувати, в середньому до 1,15 г/см$^3$). У підорному шарі, якщо щільність перевищує 1,35 г/см$^3$, умови для глибокого проникнення коріння суттєво погіршуються.

За ступенем чутливості до щільності ґрунтів культури можна поділити на найменш чутливі – овес, ячмінь і дуже чутливі – кукурудза і соняшник, які знижують свою продуктивність на переущільнених ґрунтах [5].

У ґрунті окремі грудочки не прилягають дуже щільно одна до одної, тому в ньому завжди є певний об'єм шпар, зайнятий водою або повітрям. Сумарний об'єм усіх шпар у ґрунті, виражений у відсотках, називається ***загальною шпаруватістю***. Загальна шпаруватість, залежно від типу ґрунту, характеру обробітку тощо може коливатися від 30 до 70% об'єму ґрунту. Однак найкращою для росту і розвитку рослин є така шпаруватість, яка становить 50–60%,

що відповідає щільності будови 1,0–1,3 г/см$^3$. Для створення у ґрунті оптимального водного, повітряного, теплового і поживного режимів необхідно, щоб у ньому було сприятливе співвідношення капілярної і некапілярної шпаруватості, яке має становити приблизно 1:1–1:3. Відповідна шпаруватість ґрунту створюється його обробітком, внесенням органічних добрив, вирощуванням певних видів рослин тощо [16].

### *2.1.2. Фізико-механічні властивості ґрунтів*

Один із важливих факторів, що визначає якість обробітку ґрунту та умов росту і розвитку культурних рослин, рівень їхньої урожайності. До цих властивостей належать: пластичність, набухання, просідання, липкість, твердість ґрунту тощо. Найбільше значення мають твердість і липкість ґрунту. Ці властивості, а також структура, щільність і вологість визначають готовність ґрунту до обробітку, його якість і умови життя рослин.

***Пластичністю*** називають властивість ґрунту змінювати свою форму під впливом зовнішньої сили без порушення складення і зберігати надану форму після усунення цієї сили. Вона залежить від гранулометричного, мінералогічного, хімічного складу ґрунту, складу обмінних катіонів і проявляється у разі певного діапазону вологості, що характеризує верхню і нижню границі пластичності. В сухому і перезволоженому стані ґрунти не володіють пластичністю. *Нижня границя пластичності* – це верхня межа вологості ґрунтів, за якої можливий механічний обробіток, або верхня межа оптимальної вологості для обробітку ґрунту; це вологість, за якої зразок ґрунту можна скрутити у несуцільний, фрагментарний шнурок. *Верхня границя пластичності* – вологість, за якої ґрунт переходить з липкопластичного стану у в'язкотекучий; є показником стійкості ґрунтів до водної ерозії. Коли волога перевищує верхню границю пластичності, ґрунт набуває текучості, сповзає по схилах, дуже піддатливий ерозії.

Якщо вологість ґрунту знаходиться за верхньою границею пластичності, технологічні на-

вантаження на нього недопустимі. При вологості в діапазоні між верхньою і нижньою границями пластичності технологічні навантаження на ґрунт не рекомендують, або їх максимально обмежують, тому що вони можуть призвести до погіршення фізичних властивостей верхнього горизонту ґрунту.

Пластичність вимірюється числом, яке є різницею між вологістю ґрунту при верхній і нижній границях пластичності. Чим більше число пластичності, тим пластичніший ґрунт. За числом пластичності Аттерберг класифікував ґрунти на чотири категорії: високопластичні – понад 17; пластичні – 17–7; слабкопластичні – менше 7; непластичні – 0.

***Набухання*** – збільшення об'єму ґрунту під час зволоження. Набухання зумовлене процесами гідратації ґрунтових часток, особливо глинистих мінералів з рухомою кристалічною решіткою (типу монтморилоніту). Величина набухання залежить від гранулометричного, мінералогічного і хімічного складу ґрунту, складу ввібраних катіонів, вихідної щільності та вологості ґрунту. Набухання властиве ґрунтам, які містять значну кількість колоїдів. Найчастіше набухання визначають в об'ємних відсотках за формулою:

$$V_н = \frac{V_1 - V_2}{V_2} \cdot 100,$$

де $V_н$ – відсоток набухання; $V_1$ – об'єм вологого ґрунту; $V_2$ – об'єм сухого ґрунту.

Найбільше набухають глинисті ґрунти, які містять увібраний натрій. Набухання цих ґрунтів може досягати 150%. Цей процес може спричиняти у поверхневому шарі ґрунту несприятливі в агрономічному відношенні зміни – руйнування агрегатів.

***Просідання*** – зменшення об'єму ґрунту під час висихання. Вологість, за якої подальша втрата води ґрунтом не спричиняє зменшення його об'єму, називається *межею просідання*. Просідання залежить від тих самих факторів,

що і набухання та прямо корелює з ним. У природних умовах просідання ґрунту проявляється в утворенні тріщин, розподілі ґрунтової маси на великі блоки або малі структурні окремості. Визначення межі просідання ґрунту важливе для встановлення границі його вологості, сприятливої для механічного обробітку ґрунту. Просідання вимірюється у об'ємних відсотках по відношенню до вихідного об'єму.

***Липкість*** – це здатність ґрунту прилипати до різних поверхонь. Вона збільшує тяговий спротив ґрунтообробних машин і знарядь, погіршує якість обробітку ґрунту. Величину липкості визначають силою, необхідною для того, щоб відірвати ґрунт від поверхні прилипання. Липкість виражається в г/см$^2$. Вона проявляється під час зволоження ґрунту, що наближується до верхньої межі пластичності. Величина липкості залежить від гранулометричного, хімікомінералогічного складу, ступеня дисперсності, складу ввібраних катіонів, вмісту гумусу, структури, вологості ґрунту. Високогумусовані ґрунти навіть при підвищеному зволоженні не проявляють липкості. З підвищенням дисперсності ґрунту, погіршенням структури, поважчанням гранскладу липкість ґрунтів збільшується.

Качинський Н.А. виділяв 5 категорій липкості ґрунтів: гранична – >15 г/см$^2$; сильнов'язка – 5–15; середньов'язка – 2–5; слабков'язка – 0,5–2; розсипчаста – 0,1–0,5 г/см$^2$.

Липкість ґрунту значно погіршує якість обробітку ґрунту і збільшує витрати на його виконання. Під час обробітку ґрунту в сильнов'язкому і граничному стані (липкість >5 г/см$^2$), коли частинки ґрунту набувають колоїдного характеру і легко можуть зміщуватися по відношенню одна до одної, відбувається пластична деформація ґрунту. Це призводить до порушення шпаруватості, утворення кірки, брил і плужної підошви. Залежно від виду і швидкості ґрунтообробних машин ця пластична деформація унаслідок здавлювання ґрунту, наприклад, відвалом плуга спричиняє додаткове сильне ущільнення ґрунту. Стан ґрунту при цьому практично незворотній,

тобто це не можна усунути чи змінити в короткий термін заходами обробітку. Тільки тривалий вплив природних сил (зміна від набухання і стискання, утворення тріщин під дією морозу) може поступово відновити порушену структуру ґрунту.

***Твердість ґрунту*** – властивість ґрунту протидіяти здавлюванню і розклинюванню. Величину твердості визначають спеціальними приладами – твердомірами і виражається у кг/см$^2$. Твердість ґрунту має важливе екологічне значення (проникнення коренів рослин, риюча діяльність ґрунтової фауни у твердому ґрунті ускладнені) і відіграє велику роль під час механічного обробітку ґрунту. Чим вища твердість, тим гірші агрофізичні властивості ґрунту, тим більше витрат йде на його обробіток, тим гірші умови для появи сходів і росту рослин.

Твердість ґрунту залежить від структури, вмісту органічної речовини, вологості. Розпилений ґрунт під час висихання чинить значно більший механічний спротив, ніж структурний, грудкувато-зернистий. Зі зменшенням вологості твердість ґрунту збільшується. Добре гумусовані ґрунти, насичені двовалентними катіонами, менш тверді, ніж малогумусні ґрунти. Твердість ґрунту визначають гранулометричний склад і склад увібраних основ. Чорноземи, насичені кальцієм, у 10–15 разів менш тверді, ніж солонці. Спротив важких глинистих ґрунтів роздавлюванню після висушування у кілька разів менший, ніж суглинкових і піщаних ґрунтів. Величина твердості ґрунту визначає затрати на його обробіток.

Проблема поліпшення фізико-механічних властивостей ґрунтів – одна із головних у землеробстві, оскільки від цього залежать збільшення урожайності сільськогосподарських культур і підвищення виробництва продукції рослинництва. Існує багато способів регулювання фізико-механічних властивостей і відновлення ґрунтової структури. Їх можна об'єднати в три групи: механічні, хімічні, біологічні.

*Заходи першої групи* включають інтенсивний механічний обробіток ґрунту, щілювання і т. д. Ці заходи дають можливість суттєво поліпшити фізико-механічні властивості ґрунту. Проте їхня дія тимчасова, і тому для досягнення тривалого ефекту необхідне систематичне їхнє застосування. А це призведе до збільшення мікроструктури, зниження водостійкості.

*Заходи другої групи* – хімічні, включають використання різних хімічних речовин для поліпшення структури, вапнування кислих ґрунтів і гіпсування солонців. У результаті вапнування ґрунт стає більш структурним, збільшується водопроникність і зменшується щільність, поліпшуються фізико-механічні властивості. Гіпсуванням усувається лужна реакція солонцевих ґрунтів, поліпшуються їхні фізичні властивості та структурний стан. Твердість і спротив під час обробітку, липкість та інші фізико-механічні властивості в результаті заміщення увібраного натрію кальцієм стають більш сприятливими в агрономічному відношенні.

*Біологічні заходи* спрямовані на підвищення вмісту органічної речовини (гумусу) в ґрунті. Ці заходи універсальні та довготривалі. З підвищенням вмісту гумусу в ґрунті поліпшуються не тільки фізико-механічні і хімічні властивості, але і всі ґрунтові режими: поживний, водний, повітряний. До біологічних заходів відносять також удосконалення сівозмін (збільшення посівів багаторічних трав у структурі посівів), використання сидератів, збільшення внесення органічних добрив та ін.

Основні фізичні та фізико-механічні властивості ґрунту визначають стан його придатності до механічного обробітку. Стан ґрунту, за якого в процесі механічного обробітку він розпадається на агрегати і не прилипає до знарядь обробітку, характеризується ***фізичною стиглістю***, тобто за такого стану ґрунт придатний для якісного механічного обробітку. За межами фізичної стиглості ґрунт обробляється погано, процес обробітку потребує значних затрат праці, часу і коштів. Тому ґрунт потрібно обробляти тіль-

ки в момент фізичної стиглості. Фізична стиглість ґрунту визначається гранулометричним складом, структурою, вмістом гумусу і води в ґрунті. Значимість цих факторів неоднакова. На ґрунтах важкого гранулометричного складу, з високим вмістом фізичної глини вологість ґрунту має першочерговий вплив на „дозрівання" – готовність ґрунту до якісного обробітку. Оптимальна вологість під час обробітку важких ґрунтів складає 50% польової вологоємності. Незначне відхилення вологості від цієї величини робить ґрунт непридатним для якісного обробітку.

Зі зменшенням вмісту в ґрунті глинистих фракцій, втрачає своє значення і вологість ґрунту. При цьому розширюються верхня і нижня границі вологості для придатності ґрунту до обробітку. Оптимальні терміни обробітку ґрунту збільшуються. Важкоглинисті ґрунти мають незначний період готовності до обробітку, що визначають хвилинами чи годинами. З полегшенням гранулометричного складу, у зв'язку з розширенням меж вологості для придатності до обробітку, цей період збільшується до кількох днів.

Значний вплив на фізичну стиглість має вміст гумусу, структура і складення ґрунту. Ці фактори розширюють межі вологості для придатності ґрунту до обробітку, оскільки високогумусовані, добре оструктурені ґрунти з високою шпаруватістю краще поглинають надлишок вологи і повільніше віддають (втрачають) її, ніж ущільнені ґрунти.

У практиці сільського господарства про настання фізичної стиглості роблять висновок за вологістю ґрунту, а також за посірінням гребенів оранки (як наслідок просихання ґрунту) і за здатністю зім'ятого в руці зразка ґрунту і кинутого з висоти 1–1,5 м розпадатися на окремі агрегати.



### *2.1.3. Фізико-хімічні властивості ґрунтів*

У склад живих організмів входить близько 70 хімічних елементів. Для того, щоб створити найсприятливіші умови

для вирощування і розвитку рослин, необхідно знати закономірності вмісту і трансформації в ґрунті різних елементів живлення, а також особливості живлення самої рослини.

Різноманіття умов ґрунтотворення в різних зонах відображається на кількості ***гумусу*** і поживних речовин, їхньому розподілі у ґрунтовому профілі.

Роль гумусу багатогранна. Гумус є найважливішим показником родючості ґрунтів. У його склад входять практично всі елементи живлення, він володіє високою вбирною здатністю, утримує від вимивання поживні речовини, склеює мінеральні часточки, створює водостійку структуру, впливає на теплові, водні, повітряні властивості ґрунтів, на біологічну активність. Ґрунти з високим вмістом гумусу стійкі до ущільнення важкою сільськогосподарською технікою, а також до вітрової ерозії.

Вплив гумусу на хімічні властивості ґрунту найперше пов'язаний із накопиченням нітрогену та зольних елементів живлення. У гумусі, в органічній формі акумульовано 98% запасів нітрогену, 60% фосфору, 80% сульфуру і значна кількість інших елементів, які, знаходячись в органічно зв'язаній формі, надійно зберігаються від вимивання і є важливим джерелом поживних речовин для рослин. Дуже важлива роль гумусу як джерела діоксиду карбону.

Органічна речовина має пріоритетне значення у формуванні якості ґрунту. Професор З.Г. Гамкало (2006) запропонував новий підхід до вивчення якості (родючості) ґрунтів. Існуюча елементарно-аналітична оцінка родючості ґрунту, як одного з індикаторів його якості, характеризує найбільш загальні закономірності кількісних змін біологічно доступних сполук мінеральних елементів та органічних речовин і, як вважає автор, не враховує їхньої системної організації як метаболітів різної хімічної стійкості і біологічної доступності, що забезпечує стабільне й ефективне функціонування ґрунту у біогеоценозі, тобто його

екологічну якість. Для оцінки екологічної якості ґрунту необхідний пошук принципово нових індикаторів, які б характеризували його екологічну адекватність, були високочутливими до функціональних змін і доступними у практичному використанні.

Активна фаза органічної речовини ґрунту, за З.Г. Гамкалом, є енергопластичним буфером у забезпеченні стабільності поживного режиму та едафічного комфорту. Автор обґрунтував і розробив нову системну діагностику активної фази органічної речовини (АФОР) – метод диференціальних азотограм [21].

Основним джерелом для утворення гумусу є рослинність. Продуктивність рослинних угруповань, склад органічних решток, а також умови їхнього перетворення неоднакові в різних географічних зонах. Відповідно до цього змінюються кількість і якість гумусу в різних ґрунтах. Вміст гумусу збільшується від підзолистих ґрунтів тайги (2–3%) до дерново-підзолистих і далі до сірих лісових (4–6%) і чорноземів (в середньому 10%) і знову знижується в каштанових ґрунтах сухих степів (3–4%), в бурих пустельних (1–2%) і сіро-бурих ґрунтах пустель (0,3–0,5%) (див. табл.2.6).

*Таблиця 2.6*

**Середній вміст і склад гумусу ґрунтів (за М.М. Кононовою, 1963)**

| Ґрунти | Вміст гумусу, % | С, % від загального вмісту в ґрунті | | Сгк:Сфк |
|---|---|---|---|---|
| | | гумінових кислот | фульво-кислот | |
| Тундрові | ≈ 1,0 | 10 | 30 | 0,3 |
| Підзолисті | 2,5–4,0 | 12–20 | 25–28 | 0,6–0,8 |
| Сірі лісові | 4,0–6,0 | 25–30 | 25–27 | 1,0 |
| Чорноземи типові і звичайні | 7,0–10,0 | 35–40 | 16–20 | 1,7–2,5 |
| Каштанові | 1,5–4,0 | 25–35 | 20–25 | 1,2–1,7 |
| Бурі пустельно-степові | 1,0–1,2 | 15–18 | 20–23 | 0,5–0,7 |
| Сіроземи світлі | 0,8–1,0 | 17–23 | 25–35 | 0,7 |
| Червоноземи | 4,0–6,0 | 15–20 | 22–28 | 0,6–0,8 |

Відповідно до процентного вмісту гумусу змінюються і його запаси. За даними І.В. Тюріна (1949) і М.М. Кононової (1963), загальний запас гумусу в метровому шарі підзолистих ґрунтів становить близько 100 т/га, в сірих лісових – 150–300, а в типових чорноземах перевищує 700 т/га. На південь від лучних степів запаси гумусу значно зменшуються, складаючи в бурих напівпустельних ґрунтах лише 62 т/га.

Якісний склад гумусу теж підпорядковується закону широтної зональності. Д.С. Орлов [59] графічно зобразив залежність типу гумусу ґрунтів від періоду біологічної активності (ПБА), який оцінюється кількістю днів в році з температурою повітря понад 10$^0$С і запасом продуктивної вологи не менше 1% (див. рис. 2.2).

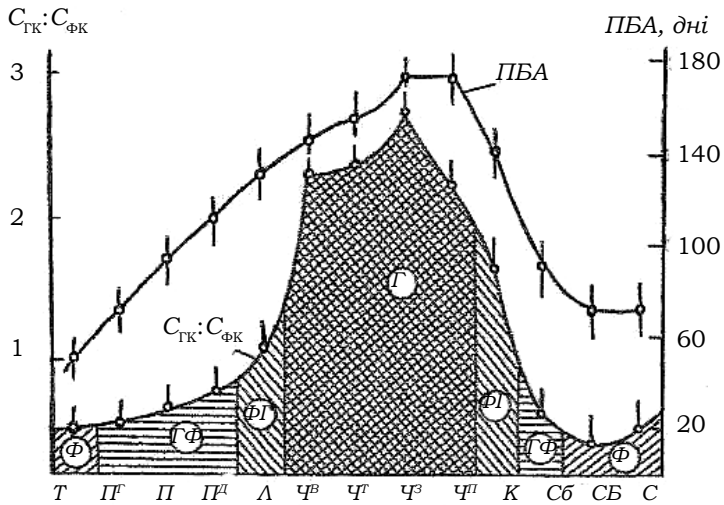



Рис. 2.2. Залежність між типами гумусу ґрунтів зонально-генетичного ряду і тривалістю періоду біологічної активності (ПБА) (за Д.С. Орловим, 1996)

*Типи гумусу*:
Ф – фульватний,
ГФ – гуматно-фульватний,
ФГ – фульватно-гуматний, Г – гуматний.

*Ґрунти:*
Т – тундрові,
$П^г$ – глеє-підзолисті,
П – підзолисті,
$П^д$ – дерново-підзолисті,
Л – сірі лісові,
$Ч^в$ – чорноземи вилугувані, $Ч^т$ – чорноземи типові, $Ч^з$ – чорноземи звичайні,
$Ч^п$ – чорноземи південні, К – каштанові,
Сб – бурі напівпустельні, СБ – сіро-бурі,
С – сіроземи.

Гуматний тип гумусу формується у чорноземах за тривалості ПБА від 144 до 170 днів, а фульватний – в тундрових і сіро-бурих ґрунтах при ПБА – 50–73 дні. Отже, в північних регіонах основним фактором, який обмежує період біологічної активності, а отже і глибину гуміфікації, є температура, на півдні – опади. Крім того, треба зважати на те, що в одних і тих самих кліматичних умовах склад гумусу залежить від хіміко-мінералогічних особливостей ґрунтотворних порід.

У ґрунтах України гумусованість верхнього генетичного горизонту збільшується від дерново-підзолистих ґрунтів до буроземних, чорноземів опідзолених, типових і звичайних, а потім зменшується до чорноземів південних і каштанових ґрунтів унаслідок зміни генетичних особливостей, гранулометричного складу, характеру ґрунтотворних порід і кліматичних умов, і тісно корелює з запасами гумусу по всьому ґрунтовому профілю.

У ґрунтах України середній вміст гумусу складає 3,5%, у тім числі на Поліссі (із врахуванням лучних ґрунтів) – 2,1%, в лісостепу і степу – 3,8%, що оцінюється як низький рівень гумусованості.

Можна виділити ареали з певним вмістом гумусу. Ареал високого вмісту (5,5–6,5%) включає чорноземи потужні і звичайні середньогумусні важкосуглинкові і глинисті, які простягаються смугою, утворюючи своєрідну вісь з південного заходу на північний схід і південний схід (Одеська, Кіровоградська, Полтавська, Харківська, Донецька, Луганська області) і перериваються долиною Дніпра в середній його течії.

Північно-західна межа цього ареалу збігається зі смугою проходження осі барометричного максимуму (Кишинів–Кіровоград–Полтава–Харків). Вона поділяє територію України на дві частини: північно-західну (вологішу і прохолоднішу) і південно-східну (теплішу і сухішу).

Найменше гумусовані верхні горизонти дерново-підзолистих піщаних і глинисто-піщаних ґрунтів (1,1–1,2%). У супіщаних ґрунтах вміст гумусу в орному шарі збільшується до 1,1–1,5%. Проміжне положення за вмістом гумусу займають ясно-сірі й сірі лісові ґрунти (1,6–3,0%). Посилення дернового процесу супроводжується збільшенням вмісту гумусу в темно-сірих опідзолених ґрунтах до 2,6–3,6%, а в чорноземах опідзолених – до 2,6–4,9%. У чорноземах типових вміст гумусу значно залежить від гранулометричного складу: у легкосуглинкових – 3,0–3,9%, середньосуглинкових – 3,9–4,9% і

важкосуглинкових – 4,7–5,4%, досягаючи в чорноземах середньогумусних 6,5%.

У ґрунтах, поширених південніше чорноземів звичайних, вміст гумусу поступово знижується і складає: у чорноземах звичайних малогумусних і слабкогумусованих – 2,4–5,3%, чорноземах південних – 2,3–4,2%, темно-каштанових солонцюватих ґрунтах – 3,0–3,7%, у каштанових солонцюватих – 2,6–2,7%.

Медведєв В.В. [52], опрацювавши дані великомасштабних обстежень, вивів еталонні показники вмісту гумусу в орних ґрунтах України (див. табл. 2.7).

*Таблиця 2.7*

**Еталонний вміст гумусу в орних ґрунтах України (за В.В. Медведєвим, 2002)**

| Ґрунти | Шар ґрунту, см | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0–20 | 20–40 | 40–60 | 60–80 | 80–100 | 100–120 | 120–140 |
| Дерново-підзолисті | 2,0 | 0,6 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| Темно-сірі опідзолені | 3,5 | 3,1 | 1,6 | 1,1 | 0,6 | 0,5 | 0,2 |
| Чорноземи типові | 5,5 | 4,9 | 4,2 | 2,7 | 2,2 | 1,7 | 1,3 |
| Чорноземи звичайні | 4,5 | 3,8 | 1,3 | 0,7 | 0,4 | 0,2 | 0,1 |
| Темно-каштанові | 3,0 | 2,3 | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | – |

В Україні 32,7 % (10,6 млн га) орних земель зазнали впливу водної ерозії (С.А. Балюк, В.В. Медведєв, М. М. Мірошниченко, 2009). У лісостепових і степових слабкозмитих різновидностях ґрунтів вміст гумусу знижується порівняно з незмитими на 14–15%, а в середньо- і сильнозмитих – на 30–40%. Це свідчить про те, що більшу площу України займають ґрунти з низьким і дуже низьким вмістом гумусу. Збереження його, забезпечення бездефіцитного балансу може сприяти отриманню високих і стійких врожаїв.

Зіставлення вмісту і запасів гумусу в ґрунтах з урожайністю сільськогосподарських культур показало, що врожайність і гумусовий потенціал збільшуються від дерново-підзолистих ґрунтів до чорноземів типових, а потім зменшуються до чорноземів звичайних малогумусних,

чорноземів південних і каштанових ґрунтів. Встановлено, що чим менше сприятливі умови життя рослин, тим ефективніше гумус бере участь у формуванні врожаю [5].

У літературі ведуть дискусію щодо впливу гумусу на врожайність сільськогосподарських культур. Такий вплив проявляється через складний комплекс факторів. Традиційне уявлення про прямий, тісний зв'язок вмісту гумусу із урожайністю склалося за відносно низького рівня інтенсифікації землеробства, помірного застосування добрив, коли гумус залишався єдиним, або основним, джерелом тих або інших елементів мінерального живлення рослин.

Відомо безліч спроб установлення взаємозв'язків між вмістом гумусу й урожайністю шляхом обчислення коефіцієнтів кореляції. Так, за Т.М. Кулаковською (1976), послідовне збільшення вмісту гумусу на 0,5% в орному шарі дерново-підзолистих ґрунтів приводить до послідовного росту врожайності ячменю на 5–6 ц/га в діапазоні вмісту гумусу від 1,35 до 3,08%. Подібні дані, отримав А.М. Ликов (1985). Такі збільшення урожайності можна порівняти зі збільшенням її від внесення рівної за масою кількості гною. Нормативні збільшення урожайності від внесення 15 т/га гною у перший рік його дії становлять для зернових культур 4–5 ц/га [42].

Науковці ННЦ імені О.Н. Соколовського [5] розрахували врожайність основних культур на 1% гумусу ґрунтів, залежно від зони. Як видно з табл. 2.8, чим бідніший ґрунт органічними речовинами, тим більше гумусу впливає на врожайність сільськогосподарських культур.

У дерново-підзолистих і опідзолених лісостепових ґрунтах зв'язок між гумусом і врожаєм прямий лінійний, а на чорноземах – нелінійний. Це означає, що врожайність збільшується до певного вмісту гумусу в ґрунті, наступне його підвищення не супроводжується адекватним збільшенням урожайності. Такою „граничною" величиною в умовах континентального клімату Лівобережного лісостепу і степу України виявився вміст гумусу 5,0–5,5%. Однією з основних

причин відзначеної закономірності є різноякісність складу гумусу різних ґрунтів, що обумовлює ступінь його доступності та ефективну родючість ґрунту [5].

*Таблиця 2.8*

**Урожай сільськогосподарських культур, що припадає на 1% гумусу, ц**

| Культура | Полісся | Лісостеп | | | Степ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Західний | Правобережний | Лівобережний | Правобережний | Лівобережний |
| Зернові | 5,68 | 4,68 | 4,37 | 3,78 | 3,59 | 3,27 |
| Кукурудза на зерно | – | 8,30 | 5,17 | 4,05 | 3,96 | 4,42 |
| Цукровий буряк | – | 64,30 | 45,60 | 31,80 | 41,10 | 32,53 |
| Соняшник | – | – | 3,95 | 2,47 | 3,08 | 2,70 |
| Картопля | 35,96 | – | 55,00 | – | – | – |

Інформативнішими для встановлення зв'язку між вмістом гумусу й урожайністю є тривалі досліди з добривами. Вони дають змогу встановити не тільки корелятивні зв'язки, але й причинно-наслідкові, зокрема, виявити вплив органічних добрив і вмісту гумусу на врожай. Це досягається шляхом зіставлення врожаїв першої ротації сівозміни з наступними на контрольних ділянках з органічними добривами.

Аналіз результатів деяких тривалих дослідів показав, що від внесення гною вміст гумусу суттєво збільшується – на 1% і більше, проте врожай при цьому не підвищується. Подібні дані наводить Л.К. Шевцова (1989).

Отже, результати тривалих дослідів не виявляють прямих зв'язків між рівнем гумусованості й урожаєм. Висловлені в літературі протилежні думки, як вважає В.І. Кирюшин, недостатньо обґрунтовані.

Цікавими є результати мікропольових дослідів В.І. Кирюшина й І.М. Лебедєвої (1990), у яких порівнювали родючість ґрунту після послідовного відчуження шарів, потужністю 10 см до глибини 60 см (див. табл. 2.9).

Як видно з табл. 2.9, урожайність зернових культур значно знижується у разі зменшення

потужності гумусового горизонту на фоні без мінеральних добрив і мало змінюється на удобреному фоні. Навіть за повного видалення гумусового горизонту, коли вміст гумусу знижується від 5 до 1%, урожайність на вилугуваному чорноземі за використання добрив знижується мало. На південному чорноземі зниження урожайності відбувається помітніше через те, що в посушливих умовах вплив гумусу на врожайність проявляється сильніше, завдяки сприятливішим водно-фізичним властивостям гумусованих горизонтів.

*Таблиця 2.9*

**Урожайність зернових культур залежно від ступеня відчуження гумусового горизонту, ц/га (за В.І. Кирюшиним, 1990)**

| Варіант (горизонти) | Чорнозем вилугуваний | | Чорнозем південний | | Дерново-підзолистий ґрунт | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1985–1987 | | 1986–1987 | | 1986–1987 | |
| | неудобрений | NPK | неудобрений | NPK | неудобрений | NPK |
| A, B, B/C | 22,7 | 47,0 | 22,8 | 24,3 | 25,9 | 40,2 |
| 0,5 A, B, B/C | 18,2 | 45,1 | 21,3 | 20,8 | 22,4 | 38,0 |
| B, B/C | 11,7 | 43,6 | 14,2 | 20,1 | 16,8 | 35,6 |
| 0,5 B, B/C | 11,1 | 39,8 | 14,1 | 17,2 | 12,3 | 30,8 |
| B/C | 8,2 | 38,0 | 9,0 | 15,2 | 6,2 | 30,4 |

Подібні результати отримані раніше в дослідах М.Ф. Ганжари й інших дослідників. Загалом вони свідчать про те, що власне гумусові речовини далеко не завжди прямо впливають на врожайність і опосередковуються через складніші взаємодії, такі як здатність ґрунтів протистояти пестицидному навантаженню, скорочення енергетичних витрат на обробіток ґрунту (тобто до мінімізації), утримання мінеральних елементів живлення [42].

Оцінивши ступінь екологічної відповідності вмісту гумусу в ґрунтах України вимогам польових культур, встановлено, що найменш сприятливими для пшениці озимої, ячменю, буряка

цукрового, кукурудзи, соняшника є ґрунти піщаного і супіщаного гранулометричного складу Полісся і низовин Дніпра, а також еродовані ґрунти Подільської височини. На цих територіях, навіть за сприятливих значень інших показників (крім гумусу) можна очікувати суттєвого (по відношенню до еталону) зниження врожаю. На іншій частині сільськогосподарської території вміст гумусу знаходиться у допустимому й оптимальному діапазоні [5].

Жито озиме, овес, льон і картопля формують іншу за вимогами до вмісту гумусу групу культур. Для них тільки найменш гумусовані ґрунти можна вважати найменш придатними для вирощування цих культур. Ступінь їхньої адаптації до інших параметрів вмісту гумусу досить високий.

Джерелами поповнення органічної речовини орних ґрунтів є нетоварна продукція (коріння, пожнивні рештки стебел, опале листя), органічні добрива. Маса органічних решток залежить від виду рослин, характеру їхнього використання (на насіння, на корм, для технічних цілей і т. д.), метеорологічних умов, агротехніки і величини врожаю. Найбільше органічних речовин залишається після багаторічних бобових трав і травосумішок, найменша кількість – після коренеплодів. За кількістю органічних речовин, що залишаються у ґрунті, культури можна розмістити в такій послідовності: багаторічні трави – однорічні мішанки на корм – кукурудза – озимі зернові – ярі зернові – коренеплоди, картопля, льон. Вплив певної культури на баланс органічних речовин у ґрунті залежить не тільки від розмірів їхнього надходження, але й від інтенсивності процесу розкладення. За інтенсивністю процесу розкладення у ґрунті і за масою розкладеної за період вегетації органічної речовини названі вище культури можна розмістити у зворотному порядку. Найінтенсивніше відбувається розкладення під просапними, потім під зерновими, льоном та іншими однорічними рослинами, потім – під багаторічними травами.

Застосування мінеральних і особливо органічних добрив збільшує врожайність культур і масу органічної речовини в ґрунті [20. – С. 24].

***Реакція ґрунтового розчину*** залежить від клімату, рослинності, літологічного складу ґрунтотворних порід, напряму ґрунтотворного процесу. Цей показник найбільше серед інших властивостей знаходиться у сфері впливу господарської діяльності людини. Від величин pH залежить багато властивостей ґрунтів: структура, вбирна здатність, рухомість поживних речовин, інтенсивність біологічних процесів, процеси фіксації нітрогену та ін.

Для ґрунтів степової і сухостепової зон України показник $pH_{KCl}$ коливається в межах 6,0–7,0, в інших зонах виділяються певні регіони за значеннями pH. Так, чітко виділяються пониженими значеннями pH Закарпатська низовина і Передкарпаття – 4,4–4,7. Лише в межах найбільш вилугуваних ґрунтових масивів Полісся зустрічаються аналогічні значення pH. У ґрунтах Карпат цей показник ще нижчий – <4,3. На Поліссі основну площу займають ґрунти з pH 4,8–5,1 і 5,2–5,5. У межах лісостепу можна виділити чотири регіони за величиною pH: західний з широким діапазоном pH; Вінницький „острів” зі значеннями pH 5,2–5,5; Правобережний височинний лісостеп, де pH становить 6,0–6,3; схили Середньоросійської височини – 5,5–5,9.

Отже, в Україні ґрунти з кислою реакцією приурочені до територій достатнього чи надмірного зволоження (Закарпаття, Карпати, Передкарпаття, Полісся), а з оптимальними для більшості сільськогосподарських культур значеннями pH – до зон нестійкого і недостатнього зволоження. Тому існує можливість вирощування великого набору культур, які відзначаються різною реакцією на кислотність ґрунтів [5].

Вплив реакції ґрунту на рослину багатоплановий. При pH менше 3 і вище 9 пошкоджується цитоплазма клітин в коріннях більшості рослин. На кислих ґрунтах рослини відчувають нестачу нітратів. Унаслідок гальмування нітрифікаційної здатності відбувається зв’язування фосфатів

у недоступні для рослин тривалентні форми феруму та алюмінію, відчувається нестача деяких елементів: кальцію, магнію, калію, сульфуру. Крім цього, надлишок алюмінію і мангану токсично діє на рослини [54. – С. 165].

Рослини, з однієї сторони, відчувають вплив кислотності ґрунтового розчину, з іншої – через кореневі виділення можуть активно змінювати іонний склад і кислотність ґрунтів. Кожна рослина дає найвищі врожаї на ґрунтах з певними межами pH (див. табл. 2.10). Для багатьох культур формування оптимальної продуктивності можливе в досить вузьких значеннях pH: буряк цукровий, люцерна, соя, льон, люпин та ін. (найсприятливішою є близька до нейтральної реакція); деякі культури потребують кислого середовища: чайний кущ, конюшина, люпин; інші рослини ростуть за широкого діапазону pH: кукурудза, рис, тютюн, жито.

*Таблиця 2.10*

**Вимоги різних рослин до реакції середовища (за М.С. Авдоніним, 1982)**

| Культура | Оптимальний інтервал pH | | Культура | Оптимальний інтервал pH |
|---|---|---|---|---|
| Пшениця | 6,0–7,6 | | Картопля | 5,0–5,5 |
| Жито | 5,5–7,5 | | Льон | 5,9–6,5 |
| Овес | 5,0–7,7 | | Кукурудза | 6,0–7,0 |
| Ячмінь | 6,8–7,5 | | Соняшник | 6,0–6,8 |
| Просо | 5,5–7,5 | | Конопля | 7,1–7,4 |
| Гречка | 4,7–7,5 | | Люцерна | 7,0–8,0 |
| Рис | 4,0–6,0 | | Конюшина | 6,0–7,0 |
| Горох | 6,0–7,0 | | Люпин | 4,5–6,0 |
| Квасоля | 6,4–7,1 | | Тимофіївка | 5,0–6,5 |
| Соя | 6,5–7,1 | | Капуста | 6,7–7,4 |
| Буряк кормовий | 6,2–7,5 | | Морква | 5,5–7,0 |
| Буряк цукровий | 7,0–7,5 | | Цибуля | 6,4–7,9 |

За реакцією на величину pH ґрунту культурні рослини можна об'єднати у три групи. *До першої групи* відносять пшеницю озиму, ячмінь, буряк цукровий, соняшник, кукурудзу. Найгірші вро-

жаї ці культури матимуть у північних, північно-західних і західних регіонах України. Це, здебільшого, дерново-підзолисті оглеєні супіщані й суглинкові ґрунти, а також сірі лісові й темно-сірі опідзолені кислі ґрунти північної частини лісостепу. Дещо кращі умови за величинами pH для цих ґрунтів склалися на території поширення чорноземів опідзолених. Оптимальними для цих культур є простори степу й лісостепу з чорноземами типовими, звичайними, південними і каштановими ґрунтами. *До другої групи* належить овес, для якого характерний високий ступінь адаптації до pH. Овес, жито – найбільш стійкі до кислих ґрунтів. *До третьої* – жито озиме, картопля, льон, ріпак. Ці культури володіють найвищою екологічною сумісністю з реакцію ґрунтового розчину [5].

Навіть в межах одного виду рослин може бути велика різниця у стійкості до екологічних стресів. Так, для люпину синього добре підходять ґрунти з реакцією від дуже кислої до нейтральної, для люпину жовтого – кислої, для люпину білого – від кислої до слабколужної.

Кислотність ґрунту – важливий фактор, що визначає доступність елементів живлення для рослин. Через кореневі виділення рослини активно впливають на ґрунт. Кореневі виділення можуть змінювати іонний склад і кислотність ґрунту. При переважаючому поглинанні корінням нітратів pH ґрунту змінюється у лужну сторону, амонію – в сторону підкислення [54].

### *2.1.4. Поживний режим ґрунтів*

У складі рослин можна виділити всі елементи, які зустрічаються на Землі. Значення їхнє нерівноцінне. Основна маса рослин (близько 95% від сухої речовини) складається з чотирьох елементів: карбону, оксисену, гідрогену і нітрогену. Ці елементи називають *органогенами*. З повітря рослини використовують карбон, з водою до них надходить оксиген і гідроген. Ці елементи рослини засвоюють у процесі фотосинтезу, інші елементи (зольні) отримують з ґрунту. Ґрунт є джерелом елементів живлення, які рослина засвоює через

кореневу систему. Лише бобові культури можуть самостійно засвоювати молекулярний нітроген з повітря завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями. Ґрунти містять різну кількість необхідних і неоднаково доступних для рослин елементів. Кількісний і якісний вміст елементів, їхня доступність для рослин визначають родючість ґрунту. Вміст мінеральних речовин у ґрунті зумовлений особливостями материнської породи і діяльності мікроорганізмів. Співвідношення елементів живлення у ґрунті по-різному впливає на ріст і розвиток рослин, плодоношення, якість урожаю. Потреба в цих елементах залежить від виду, сорту рослини і величини врожаю.

Зольні елементи, залежно від їхньої кількості в рослинах, за В.І. Вернадським поділяють на три основні групи: ***макроелементи*** – їхній вміст становить від 0,01 до 10% від сирої маси рослинних тканин; ***мікроелементи*** – від 0,0001 до 0,01% та ***ультрамікроелементи*** – менше 0,0001%. Такий принцип поділу елементів на групи не є абсолютно правильним. Іноді вміст деяких елементів у рослинах залежить від їхнього надміру в ґрунті. Проте значна кількість деяких елементів не є фізіологічно необхідною для рослини. До них часто належить кремній, хлор і деякі інші елементи.

У рослинах найчастіше зустрічаються такі хімічні елементи:

макроелементи – нітроген, фосфор, калій, сульфур, кальцій, магній;

мікроелементи – ферум, барій, манган, купрум, цинк, стронцій, нікель, титан, ванадій, кобальт, молібден;

ультрамікроелементи – цезій, селен, берилій, кадмій, аргентум, аурум, радій та ін.

Для нормального росту й розвитку рослинам потрібні поживні речовини в засвоюваній формі. Всі елементи живлення, крім нітрогену, рослини засвоюють в окисленій формі. Нітроген рослини можуть засвоювати в окисненій формі нітратів і у відновленій формі у вигляді амонію. Поживні елементи можуть входити до складу мінеральної частини ґрунту, органічної, зокрема

гумусу, у формі, адсорбованій ґрунтовими колоїдами, та в розчиненій формі в ґрунтовому розчині. Тільки остання форма легко доступна для рослин. Поживні речовини, поглинуті ґрунтовими колоїдами, рослини засвоюють дуже важко, переважно в результаті обміну, а ті, що перебувають у зв'язку з гумусом, стають доступними тільки після його розкладу. Отже, доступними для засвоєння рослинами речовини повинні бути в мінеральній окисненій розчинній формі.

Основні елементи живлення – нітроген, фосфор і калій – мають помітний вплив на зовнішній вигляд, темпи росту і розвитку рослин. За надлишку нітрогену посилюється утворення і приріст вегетативних органів, але затримується цвітіння, а також дозрівання плодів та насіння. Калій теж посилює вегетативний ріст, а фосфор, навпаки, прискорює розвиток рослин, цвітіння, плодоносіння. На ранніх етапах онтогенезу для інтенсивного формування асимілюючих органів рослині необхідно більше нітрогену і калію, а до початку закладки репродуктивних органів – більше фосфору, оскільки до періоду цвітіння посилюється енергетичний обмін. За допомогою нітрогену, фосфору і калію можна або прискорювати строки цвітіння й плодоносіння, або віддаляти їх та активізувати утворення вегетативної маси (у посівах кормових трав, на окультурених луках, пасовищах).

**Нітроген** є одним із основних елементів-органогенів, вміст його в тканинах рослин становить 1,5–5,0% від сухої речовини. Нітроген входить до складу амінокислот, білків, нуклеїнових кислот, хлорофілу, ліпідів та інших сполук рослин; бере участь здебільшого в процесах росту. Як нестача, так і надлишок нітрогену в ґрунті призводить до зниження продуктивності культури та погіршення якості врожаю. За достатнього забезпечення цим елементом рослини мають темно-зелений колір, формують високий урожай, а за нестачі – вони жовто-зелені, відстають у рості, в них зменшується вміст білка, виникає малозернистість колосу. Надлишок нітрогену послаблює механічні тканини, продовжує вегетативний період.

На Землі основна маса нітрогену перебуває у вигляді газоподібного, молекулярного $N_2$, що становить 78,1% об'єму повітря. Над кожним гектаром землі в повітрі міститься в середньому близько 80 тис. т (над 1 $м^2$ ґрунту близько 8 т) молекулярного нітрогену, але він недоступний для живлення рослин. Основним природним джерелом надходження цього елементу в ґрунт є рослинні рештки, азотфіксуючі мікроорганізми і в невеликій кількості атмосферні опади.

До 95–99% ґрунтового нітрогену міститься в органічній речовині. Азотисті сполуки потрапляють у ґрунт з рештками рослинних і тваринних організмів та мікроорганізмів. Перетворення органічних сполук у доступні для рослин мінеральні форми нітрогену проходить декілька послідовних стадій. Відмерлі організми перегнивають і мінералізуються. Їхній білок під дією ферментів спочатку розкладається до амінокислот і амідів. Мікроорганізми-амоніфікатори переводять ці сполуки в аміак, аміачні солі й увібраний амоній. Цей процес одержав назву ***амоніфікації*** – це мікробіологічний процес у ґрунті, внаслідок якого білкові речовини руйнуються під дією мікроорганізмів з виділенням аміаку, що в ґрунтовому розчині набувають форми амонійних йонів $NH_4^+$. Процес амоніфікації відбувається як в аеробних, так і в анаеробних умовах.

Аміак, який утворюється, частково поглинається ґрунтом, але значна його частина окислюється в нітрати і нітрити. Процес окиснення аміаку називається ***нітрифікацією***. Він відбувається у два етапи: окиснення аміаку нітритними бактеріями *(Nitrosomonas)* в нітрити ($NO_2^-$) та окиснення нітритів у нітрати ($NO_3^-$) нітратними бактеріями *(Nitrobacter).*

Інтенсивність нітрифікації у ґрунті залежить від температури (оптимальною є 25–30°С), достатньої аерації ґрунту, реакції ґрунтового розчину (близької до нейтральної), достатнього зволоження (60–70% повної вологоємності). За сприятливих умов нітрифікації у чорноземах і паровому полі може нагромаджуватися понад 30–50 мг на 1 кг ґрунту нітратного нітро-

гену, що відповідає запасам його в орному шарі 90–150 кг/га.

Амоніфікація і нітрифікація – основні процеси перетворення білкового нітрогену органічних решток у поживні сполуки для рослин, оскільки рослини засвоюють нітроген саме в амонійній ($NH_4$+) і нітратній ($NO_3^-$) формах.

Погіршення аерації, недотримання агротехнічних вимог призводить до протилежного процесу – ***денітрифікації***, у результаті якого нітрати відновлюються до аміаку і навіть до молекулярного нітрогену і стають недоступними для рослин.

Різноманітні втрати нітрогену поповнюються головно за рахунок діяльності азотфіксаторів і лише частково – унаслідок розкладення тваринних і рослинних рештків.

Молекулярний нітроген можуть зв'язувати тільки нижчі рослини і деякі бактерії. Вони відновлюють його в доступну для інших організмів аміачну форму. Їх називають азотфіксаторами. Розрізняють вільноживучі й симбіотичні азотфіксатори. До *вільноживучих* належать бактерії родів *Clostridium* (належить до анаеробів) і *Azotobacter* (аеробний організм), фотосинтезуючі бактерії й мікобактерії, актиноміцети, синьозелені водорості та лишайники. Усі вони при певних екологічних умовах збагачують ґрунт зв'язаними формами нітрогену. Так, головним постачальником його на рисових полях є синьозелені водорості; первинний ґрунт збагачується нітрогеном унаслідок діяльності лишайників; на підзолистих і торф'яних ґрунтах головним накопичувачем цього елементу є мікобактерії, оскільки діяльність інших азотфіксаторів тут пригнічується високою кислотністю. Продуктивність зв'язування молекулярного нітрогену вільноживучими азотфіксаторами становить декілька десятків кілограмів нітрогену на гектар.

*Азотфіксаторами-симбіотиками* є численна група так званих бульбочкових бактерій (рід *Rhisobium*), що розвиваються на коренях бобових, а також багатьох деревних та кущових (чагарникових) порід. У вільному стані вони не

фіксують нітроген. Цю властивість вони отримують, лише вступивши у симбіоз із вищими рослинами. Вони проникають у тканини кореня через кореневі волоски і утворюють на ньому потовщення – бульбочки.

Найбільш активними азотонакопичувачами є симбіонти таких бобових культур: люцерни (близько 300 кг зв'язують нітрогену на 1 га), конюшини (60–150 кг/га), люпину (160 кг/га), буркуну (150–200 кг/га). Менш ефективні симбіонти гороху, квасолі, бобів (50–60 кг/га) [15]. Загалом продуктивність азотфіксації бульбочкових бактерій суттєво вища, ніж у вільноживучих азотфіксаторів. Це пояснюють тим, що унаслідок симбіозу з вищими рослинами бульбочкові бактерії краще забезпечуються субстратами дихання й іншими необхідними метаболітами.

Біологічна фіксація молекулярного нітрогену відіграє в житті екосистеми дуже важливу роль, має глобальне значення для функціонування біосфери.

Незначний внесок у фіксацію нітрогену повітря роблять також інші (небіологічні) процеси, такі як грози, виверження вулканів, пожежі, спалювання палива на теплових електростанціях і у двигунах, промислове виробництво аміаку [39].

Вміст нітрогену в ґрунтах України збільшується з півночі на південь, досягаючи максимуму на межі лісостепу й степу, далі на південь поступово зменшується. Відзначене також зниження його вмісту зі сходу на захід разом із полегшенням гранулометричного складу ґрунтів.

В орному шарі ґрунтів Полісся міститься 0,05–0,07% валового нітрогену. Сірі лісові ґрунти Полісся багатші нітрогеном, аніж дерново-підзолисті, проте нітроген в них менш рухомий. Ґрунти лісостепу містять найбільші запаси валового нітрогену в метровій товщі, порівняно з ґрунтами інших ґрунтово-кліматичних зон (від 18 до 22 т/га), але за ступенем рухомості поступаються ґрунтам Полісся. В них переважають негідролізовані органічні сполуки нітрогену (77–80%)

(див. табл. 2.11). У степу вміст нітрогену в ґрунтах знижується, проте дещо підвищується його рухомість.

Загалом ґрунти лісостепу й степу можна віднести до середньо забезпечених нітрогеном, а Полісся – слабко забезпечених. Тому для одержання високих врожаїв необхідно вносити азотовмісні добрива [66]. Оптимальне азотне живлення культури дає змогу максимально реалізувати потенціал сорту та отримати високоякісну продукцію.

**Фосфор** – другий за важливістю елемент мінерального живлення рослин. Поряд із нітрогеном і калієм він часто виступає визначальним фактором функціонування екосистеми, визначає родючість ґрунту. Фосфати відіграють ключову роль в обміні речовин. З цим елементом тісно пов'язаний розвиток кореневої системи, її активна вбирна здатність по відношенню до вологи і поживних речовин, нуклеїновий обмін, інтенсивність фотосинтезу, темпи розвитку і продуктивність рослин.

Достатнє фосфорне живлення підвищує частку генеративних органів у загальній біомасі врожаю, збільшує вміст крохмалю в продукції та цукру в коренеплодах, фруктах та овочах. Дефіцит фосфору проявляється з нижніх листків, вони мають зелений колір із блакитним відтінком, між жилками з'являються бурі плями, які згодом зливаються, і листок повністю засихає. Часто на стеблі та листі утворюється фіолетово-червоний відтінок, а краї листкових пластинок загинаються догори. Загалом рослини відстають у рості та сповільнюється їхній онтогенез. Нестачу фосфору в ґрунті компенсують внесенням його з мінеральними добривами. Фосфор є малорухомий елемент, тому рекомендується його вносити під основний обробіток ґрунту, щоб його основна кількість була розміщена в шарі 10–20 см. Нестача фосфору для рослин є найбільш небезпечною на початкових фазах росту, тому його обов'язково вносять у ґрунт завчасно. Старші рослини слабше реагують на нестачу цього елемента.

Різними є вимоги культурних рослин до вмісту в ґрунті фосфору. Виявлено, що під час вирощування зернових колоскових культур площі районів з несприятливими умовами щодо фосфору значно менші, ніж під час вирощування кукурудзи, буряка цукрового, соняшника, картоплі.

*Таблиця 2.11*

**Груповий склад сполук нітрогену в ґрунтах України (за методом Шконде і Корольової) [66]**

| Ґрунт | Глибина, см | Мінеральний | | Легкогідролізований | | Важкогідролізований | | Негідролізований | | Загальний, мг/кг |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | мг/кг | % | мг/кг | % | мг/кг | % | мг/кг | % | |
| Полісся | | | | | | | | | | |
| Дерново-підзолистий легкосуглинковий | 0–20 | 18 | 3 | 98 | 15 | 202 | 30 | 352 | 52 | 670 |
| | 20–40 | 16 | 3 | 108 | 20 | 227 | 42 | 190 | 35 | 541 |
| Темно-сірий опідзолений легкосуглинковий | 0–20 | 42 | 2 | 202 | 11 | 197 | 11 | 1393 | 76 | 1840 |
| | 20–40 | 36 | 2 | 193 | 12 | 157 | 10 | 1177 | 76 | 1570 |
| Лісостеп | | | | | | | | | | |
| Сірий лісовий легкосуглинковий | 0–20 | 17 | 2 | 91 | 10 | 132 | 15 | 649 | 73 | 889 |
| | 20–40 | 11 | 1 | 70 | 9 | 126 | 16 | 586 | 74 | 793 |
| Чорнозем типовий середньосуглинковий | 0–20 | 41 | 2 | 127 | 6 | 293 | 13 | 1709 | 79 | 2170 |
| | 20–40 | 18 | 1 | 104 | 5 | 269 | 13 | 1597 | 81 | 1988 |
| | 40–60 | 9 | – | 86 | 5 | 213 | 24 | 1414 | 71 | 1722 |
| | 60–80 | 6 | – | 50 | 4 | 221 | 16 | 1123 | 80 | 1400 |
| Степ | | | | | | | | | | |
| Чорнозем звичайний легкоглинистий | 0–20 | 31 | 1 | 347 | 16 | 203 | 9 | 1581 | 76 | 2160 |
| | 20–40 | 26 | 1 | 362 | 17 | 200 | 9 | 1524 | 73 | 2112 |
| | 40–60 | 17 | 1 | 290 | 19 | 132 | 9 | 1082 | 71 | 1521 |
| | 60–80 | 17 | 2 | 192 | 19 | 153 | 15 | 650 | 66 | 1002 |
| Чорнозем південний легкоглинистий | 0–20 | 22 | 1 | 231 | 11 | 236 | 11 | 1681 | 77 | 2170 |
| | 20–40 | 25 | 1 | 224 | 11 | 219 | 11 | 1548 | 77 | 2016 |
| | 40–60 | 16 | 1 | 131 | 9 | 256 | 17 | 1095 | 73 | 1498 |
| | 60–80 | 14 | 1 | 35 | 3 | 152 | 13 | 965 | 83 | 1168 |
| Темно-каштановий слабкосолонцюватий важкосуглинковий | 0–20 | 44 | 2 | 240 | 11 | 262 | 12 | 1637 | 77 | 2183 |
| | 20–40 | 21 | 1 | 222 | 11 | 247 | 12 | 1567 | 77 | 2062 |
| | 40–60 | 13 | 1 | 134 | 10 | 174 | 13 | 1019 | 77 | 1340 |
| | 60–80 | 12 | 1 | 89 | 8 | 100 | 9 | 913 | 83 | 1114 |

Валовий вміст фосфору та його запаси в ґрунтах України досить значний і коливається у метровому шарі від 3,8 до 22,9 т/га. Різний вміст фосфору в материнських породах є однією з причин неоднакового його вмісту в ґрунтах. Найнижчими запасами фосфору володіють дерново-підзолисті супіщані ґрунти. Ґрунти, які

сформувалися на лесових породах, характеризуються значними запасами валового фосфору – 14–22 т/га, дещо збільшуючись з північного заходу на південний схід.

Фосфор міститься у ґрунті в органічних і мінеральних сполуках. У кислих ґрунтах, ненасичених основами, він більше зв'язаний з мінеральною частиною, зазвичай із ферумом і алюмінієм. У ґрунтах, насичених основами (чорноземи, каштанові), його більше в органічній частині, а мінеральні форми представлені фосфоритами кальцію і магнію. Такий фосфор доступний рослинам лише після мінералізації органічної речовини. Поступовий перехід фосфору органічних сполук у мінеральну легкодоступну для рослин форму відбувається під впливом мікроорганізмів. Значна його частина на кінцевому етапі потрапляє в осадові породи. Вміст фосфатів, зв'язаних з органічними сполуками, прямо залежить від вмісту гумусу і становить 26–62% валового вмісту фосфору.

Вміст доступного фосфору для рослин коливається від 5–8 в слабко забезпечених до 20–30 мг на 100 г ґрунту в добре забезпечених цим елементом ґрунтах. Середньозважений вміст рухомого фосфору у всіх ґрунтово-кліматичних зонах України не перевищує 7,5–8,7 мг $P_2O_5$ на 100 г ґрунту [66]. Вміст рухомого фосфору збільшується від дерново-підзолистих ґрунтів, бурих гірсько-лісових, буроземно-підзолистих до опідзолених лісостепових, чорноземів типових, звичайних, південних, а потім знижується до темно-каштанових і каштанових ґрунтів. У профілі дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтів є дві зони накопичення фосфору – в гумусовому та ілювіальному горизонтах. У солонцях фосфор накопичується у гумусовому і перехідному до породи горизонтах; в ілювіальному горизонті вміст фосфору менший.

Мінеральні сполуки фосфору представлені багатьма формами, переважно слабкорозчинними і важкодоступними рослинам фосфатами $Ca_3(PO_4)_2$. Легкодоступних сполук фосфору, таких як розчинні солі кальцію $Ca(H_2PO_4)_2$, магнію

$Mg(H_2PO_4)_2$, калію ($KH_2PO_4$), амонію $(NH_4)_2HPO_4$ і $NH_4H_2PO_4$, в ґрунті мало [12; 16]. Сума активних форм фосфатів складає 20–40% валового вмісту фосфору (див. табл. 2.12). Із загальної кількості мінеральних фосфатів на частку активних форм, які є основним фондом фосфатів, що засвоюють рослини, припадає 40–50% [66]. Інші форми фосфору мають менше значення у процесі перетворення цього елемента в ґрунтах і в живленні рослин, хоча за певних умов можуть бути резервом для переходу в засвоювані форми.

*Таблиця 2.12*

**Фракційний склад мінеральних фосфатів, мг $P_2O_5$ на 100 г ґрунту (орний шар) [66]**

| Ґрунти | Валовий фосфор | Сума активних форм | % від валового | Фракції мінеральних фосфатів | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Al–P | Fe–P | Ca–P |
| Дерново-підзолисті | 45,0 | 27,50 | 61,1 | 7,6 | 10,1 | 11,3 |
| Сірі лісові | 118,0 | 34,60 | 29,3 | 12,0 | 11,1 | 11,5 |
| Чорноземи опідзолені | 107,8 | 21,89 | 20,3 | 3,9 | 7,1 | 10,8 |
| Чорноземи типові | 155,0 | 31,75 | 20,5 | 4,5 | 5,1 | 21,9 |
| Чорноземи звичайні | 121,0 | 25,89 | 21,4 | 3,9 | 2,8 | 19,5 |
| Чорноземи південні | 128,8 | 44,10 | 34,2 | 9,5 | 6,1 | 28,5 |
| Темно-каштанові | 127,0 | 38,80 | 30,6 | 7,0 | 17,4 | 24,5 |

Співвідношення фосфатів алюмінію, феруму і кальцію в орному шарі та їхній розподіл по профілю тісно пов'язані з генетичними властивостями ґрунтів. В орному шарі дерново-підзолистих, сірих лісових ґрунтів фосфати алюмінію і феруму переважають у всьому профілі. У чорноземах, особливо типових, звичайних, південних і в темно-каштанових ґрунтах переважають фосфати кальцію.

**Калій** бере участь у вуглецевому і водному обміні, позитивно впливає на фотосинтез, накопичення цукрів, активізує роботу ферментів, сприяє синтезу АТФ, підвищує стійкість рослин до несприятливих погодних умов, попереджує вилягання рослин, сприяючи ліпшому розвитку

механічної тканини, обмежує ураження хворобами і шкідниками. Виключне значення цього елемента для рослин-калієфілів – цукрового буряка, картоплі, овочів, продуктивність яких і особливо якість врожаю багато в чому залежать від калійного живлення.

Ознаками нестачі калію є зелено-голубий колір чи пожовтіння листків нижнього ярусу, які пізніше буріють і поступово відмирають. Характерною ознакою калійного голодування є „опіки" країв листків, вони мають вигляд обпалених. Рослини в'януть, у злаків стебла стають ламкими, що викликає вилягання посівів. Оскільки калій має здатність до реутилізації (переміщується від старих листків до молодих), то ознаки нестачі калію проявляються спочатку на старих (нижніх) листках рослини. Молоді органи рослини містять калію у 3-5 разів більше, ніж старі. Його більше у тих органах і тканинах, у яких інтенсивно відбуваються ростові процеси. На відміну від нітрогену і фосфору, калію більше у вегетативних органах рослин, ніж у репродуктивних. У соломі зернових калію вдвічі більше, ніж у зерні, а в кукурудзі – у 5 разів більше, ніж у зерні. Тому під час використання соломи як добрива, можна розглядати її як важливе джерело повернення калію у ґрунт. За нестачі калію скорочуються обсяги засвоєння нітрогену, кальцію, магнію та ін. [47].

Калій у ґрунтах міститься зазвичай у формах, недоступних та малодоступних для рослин. Ґрунтові запаси калію зосереджені головно в мінеральній частині, в складі солей ортофосфорної кислоти та алюмосилікатів; їхні величини залежать від характеру материнських порід. Найбільший вміст калію у мінералах мусковіту, біоніту, нефеліну та ін.

Переважна частина калію зв'язана з глинистими частками ґрунту, тому існує пряма залежність між гранулометричним складом і вмістом калію: чим більше в ґрунті дрібнодисперсних часток, тим більше в ньому калію. У піщаних і супіщаних ґрунтах його в 1,5–2,0 рази менше, ніж у важкосуглинкових і глинистих. Усі ґрунти

(окрім торфових і збіднених піщаних) характеризуються високим вмістом калію ($K_2O$) – 1,2–2,5 %, або 35–75 т/га орного шару. Валовий вміст калію у ґрунтах України коливається в межах 0,8–2,5%, досягаючи максимуму 3–3,5% у засолених ґрунтах (див. табл. 2.13) [66].

*Таблиця 2.13*

**Вміст і форми калію в орному шарі ґрунтів України**

| Ґрунти | Валовий калій, % | Легкороз-чинний | Обмінний | Необмін-нофіксо-ваний |
|---|---|---|---|---|
| | | мг на 100 г ґрунту | | |
| Полісся | | | | |
| Дерново-слабкопідзолисті оглеєні, супіщані на давньому алювії | 0,79 | 0,9 | 1,0 | 14,6 |
| Дерново-середньопідзолисті піщано-супіщані на давньому алювії | 1,32 | 3,7 | 3,9 | 25,3 |
| Дерново-середньопідзолисті суглинкові на давньому алювії | 1,71 | 1,6 | 4,8 | 48,6 |
| Ясно-сірі лісові пилувато-супіщані на лесах | 1,79 | 1,4 | 3,1 | 49,5 |
| Лісостеп | | | | |
| Чорноземи типові малогумусні крупнопилувато-середньосуглинкові | 2,11 | 1,1 | 15,7 | 199,0 |
| Чорноземи типові слабкогумусовані крупнопилувато-легкосуглинкові | 2,32 | 0,9 | 7,0 | 143,7 |
| Чорноземи типові малогумусні пилувато-середньосуглинкові | 2,38 | 0,8 | 9,5 | 176,7 |
| Сірі лісові крупнопилувато-легкосуглинкові | 2,08 | 1,5 | 7,7 | 186,0 |
| Темно-сірі опідзолені середньосуглинкові на лесах | 2,24 | 1,1 | 9,1 | 172,7 |
| Чорноземи опідзолені середньосуглинкові на лесах | 2,17 | 0,9 | 18,4 | 242,9 |
| Степ | | | | |
| Чорноземи звичайні малогумусні важкосуглинкові | 1,96 | 1,5 | 23,2 | 209,4 |
| Чорноземи звичайні середньогумусні легкоглинисті | 2,23 | 1,2 | 28,0 | 265,9 |
| Чорноземи південні легкоглинисті | 2,19 | 1,4 | 28,5 | 250,0 |
| Темно-каштанові слабкосолонцюваті важкосуглинкові | 2,43 | 10,4 | 40,0 | 325,5 |
| Каштанові залишково-слабкосолонцюваті важкосуглинкові | 2,26 | 1,8 | 39,8 | 325,6 |
| Солонець лучний осолоділий солончакуватий | 3,0 | 8,9 | 47,1 | 470,6 |

Ступінь забезпечення рослин калієм визначають наявністю його рухомих форм, на частку яких припадає від 3 до 10% і які представлені водорозчинною, обмінною і необмінно фіксо-

ваними формами. У живленні рослин основна роль належить обмінному калію, який входить у склад колоїдного комплексу ґрунтів. На території України найбільший вміст обмінного калію є у ґрунтах степу (25 мг/100 г і більше), менше (7–18 мг/100 г) – в лісостепу і найменше (4–6 мг/100 г) – у ґрунтах Полісся. Кількість обмінного калію може бути показником забезпечення ґрунтів калієм, який засвоюють рослини. Проте вони можуть засвоювати частину необмінного калію [16].

Кожний макроелемент виконує в організмі рослини специфічні функції. Тому ні один із них неможливо замінити іншим. Тобто, для нормального росту і розвитку організму вимагається повний набір необхідних макроелементів. Співвідношення їхнього вмісту визначають видом рослин, фазою розвитку, умовами вирощування і т.д. Дефіцит цих елементів рослини відчувають по-різному (див. табл. 2.14).

**Сульфур** – один із найважливіших макроелементів, без якого неможливе життя, один із головних складових білка. Потреба у сульфурі приблизно така ж, як у фосфорі. Сульфур перебуває у ґрунті в органічній і мінеральній формах і перетворюється в доступні для рослин сполуки під впливом мікроорганізмів. Спочатку в анаеробних умовах органічні сполуки вільного сульфуру перетворюються у сірководень, який згодом окиснюється до сірчаної кислоти. Процес окиснення сульфуру називають сульфофікацією і відбувається в аеробних умовах. У анаеробних умовах, за наявності сульфатів, вони відновлюються, і сульфур може втрачатися з ґрунту у вигляді газу $H_2S$.

Сульфур засвоюється у вигляді сульфат-іонів із солей $Na_2SO_4$, $K_2SO_4$, $CaSO_4$, $MgSO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$, а також із деяких органічних сполук (амінокислоти, що містять сульфур). У тілі рослин сульфур входить до складу гірчичних та часникових олій (хрестоцвіті, лілійні), які відлякують багатьох листкогризучих комах і, таким чином, відіграють захисну роль. За нестачі сульфуру виникає хлороз – спочатку жовтіють жилки листків,

*Таблиця 2.14*

**Основні симптоми і наслідки дефіциту елементів живлення рослин (макроелементи) (за В.В. Лихочвором, 2008)**

| Елементи живлення | Симптоми дефіциту | Наслідки нестачі елемента | Найвимогливіші культури до елемента |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Нітроген | - гальмування росту рослин;<br>- блідо-зелене забарвлення рослин;<br>- хлороз усієї поверхні листка, в т. ч. жилок;<br>- пожовтіння, а згодом побуріння листків унаслідок реутилізації;<br>- засихання кінчика листка, згодом всихання і відмирання листків | - основна причина різкого зниження врожайності;<br>- погіршення якості продукції | Усі с.-г. культури, крім багаторічних бобових трав (конюшина, люцерна та ін.) і зернобобових (горох, соя тощо) |
| Фосфор | - малорозвинена коренева система;<br>- зміна забарвлення листків до сіро-зеленого, червоного або червоно-фіолетового;<br>- уповільнений ріст рослин, особливо репродуктивних органів;<br>- ознаки азотного і фосфорного голодування часто збігаються;<br>- ознаки дефіциту фосфору проявляються на старіших листках | - зниження насіннєвої продуктивності;<br>- погіршення якості продукції;<br>- деформація квіток і насіння;<br>- зниження зимостійкості озимих культур | Найвимогливіші зернові та зернобобові; вимогливі: картопля, буряк цукровий, льон, соняшник, ріпак, овочеві, плодові; менш вимогливі: кормові культури |

*Продовження табл. 2.14*

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| Калій | - листки набувають зелено-голубого і жовтого кольору;<br>- ознаки дефіциту проявляються на старих листках, які буріють і відмирають;<br>- опіки країв листків (мають вигляд „обпалених”);<br>- повільний ріст і в’янення рослин | - гальмування біохімічних процесів у рослині;<br>- зниження врожайності та якості продукції;<br>- зниження зимо- та посухостійкості;<br>- ламкість стебел, вилягання рослин;<br>- зменшується стійкість до ураження хворобами | Соняшник, буряк цукровий, картопля, льон, ріпак, зернові, зернобобові, овочеві, плодові |
| Магній | - міжжилковий хлороз нижніх листків (жилки залишаються зеленими);<br>- листки стають плямистими, блідими, жовтуватими;<br>- перші прояви на старих листках (реутилізація);<br>- за сильного дефіциту листки старіють і відмирають;<br>- найчастіше ознаки нестачі магнію проявляються у другій половині вегетації | - зменшується вміст хлорофілу у зелених частинах рослин;<br>- погіршується ріст і продукційний процес;<br>- знижується врожайність і якість продукції;<br>- уповільнюється синтез азотовмісних сполук | Ріпак, картопля, буряк цукровий, кукурудза, просо, виноградники, бобові культури, овес. Вимогливі всі культури під час вирощування за інтенсивними технологіями |

*Закінчення табл. 2.14*

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| Сульфур | - ознаки нестачі сульфуру подібні до ознак нестачі нітрогену, проте ознаки нестачі сульфуру видно на молодих частинах рослини, нітрогену – на старих;<br>- листки стають світло-жовтими з червоним відтінком, згодом листок відмирає | - зменшується стійкість рослин до хвороб, посухи і низьких температур;<br>- у бобових знижується життєздатність бульбочкових бактерій і синтез хлорофілу;<br>- знижується врожайність і якість продукції;<br>- нерівномірне цвітіння і зав'язування стручків | Найвимогливіші: ріпак, гірчиця, капуста, ріпа, цибуля, часник. Середньовимогливі: бобові, кукурудза, буряк цукровий. Маловимогливі: зернові, трави, картопля. Вимогливі всі культури під час вирощування за інтенсивними технологіями |
| Кальцій | - побуріння жилок на листках унаслідок забивання їх бурими продуктами розпаду клітковини;<br>- скручування листків по краях і пошкодження бруньок;<br>- листки світло-жовтого забарвлення (хлоротичність), пізніше відмирають;<br>- старі листки залишаються нормальними | - гальмування росту і зниження врожайності рослин;<br>- зменшення ефективності мінеральних добрив (NPK) на 30–50% залежно від рівня кислотності ґрунту;<br>- низька стійкість до грибкових хвороб | Бобові, буряк цукровий, капуста, плодові, зернові, ріпак, соняшник |

згодом пластинки вкриваються червонуватими плямами і листки відмирають.

За вимогами до сульфуру рослини поділяють на три групи: найбільш вимогливі до сульфуру: ріпак, гірчиця, капуста, ріпа, цибуля, часник, які виносять з урожаєм 40–80 кг/га сульфуру; середньовимогливі: бобові, кукурудза, буряк, які засвоюють орієнтовно 20–40 кг/га сульфуру; менш вимогливі до сульфуру зернові, трави, картопля, які засвоюють від 12 до 25 кг сульфуру з 1 га. За рівнем засвоєння рослинами сульфур посідає четверте місце після нітрогену, калію і фосфору [47].

Вміст сульфуру в мінеральних ґрунтах становить 0,1–0,3%, у болотних ґрунтах він досягає 1%, а в солончаках навіть – 10–15%.

**Кальцій** поглинається у формі катіона з його розчинних солей. Рослини, корені яких виділяють слабкі кислоти, можуть засвоювати кальцій з таких мінералів, як крейда й вапняк. Кальцій малорухливий, накопичується у старих листках у формі малорозчинних солей. Катіони кальцію послаблюють негативний вплив на рослину надмірної кількості інших катіонів, як це особливо помітно на засолених ґрунтах. Він змінює кислотність ґрунтового розчину і тим самим впливає на надходження в рослини інших елементів, бере участь у підтриманні структури клітинних мембран і хромосом, активізує деякі ферменти дихання, фотосинтезу, але збільшує в'язкість цитоплазми і зменшує її оводненість, пригнічуючи цим клітинний метаболізм.

Нестача кальцію в ґрунті характерна для кислих ґрунтів. Вона особливо сильно впливає на корені – вони не ростуть у довжину, а лише потовщуються і вкриваються слизом, а згодом відмирають верхівки стебел і ріст рослини припиняється.

**Магній** поглинається з магнієвих солей ґрунту, а також із доломітового вапняку. Через нестачу магнію у рослині порушується синтез білків, хлорофілу і вуглеводів, знижується інтенсивність гліколізу. Зовнішньою ознакою нестачі

магнію є хлороз молодих листків: зелені листки по краях і між жилками зафарбовуються у жовтий, червоний чи фіолетовий колір.

Магній досить рухомий і легко вимивається з ґрунту. Чутливі до нестачі магнію буряк цукровий, картопля та бобові культури, кукурудза, просо, коноплі, овес, сорго. Багато магнію виносить з ґрунту цукровий буряк (60–70 кг/га), картопля (40–60 кг/га), ріпак, бобові культури (20–40 кг/га), менше – зернові (10–20 кг/га). Серед зернових найбільше магнію виносить овес [47].

Ґрунт є джерелом ***мікроелементів*** для рослин, а через них для тварин і людей. Вони входять до складу вітамінів, ферментів, гормонів. З погляду використання їх рослинами та іншими живими організмами найбільш важливими мікроелементами є ферум, манган, купрум, бор, цинк, молібден, нікель, кобальт, фтор, ванадій, йод.

Лихочвор В.В. [47] наводить перелік мікроелементів, чутливість до них культур, а також ґрунти, в яких відзначається дефіцит цих елементів (див. табл. 2.15).

У розподілі мікроелементів на території України чітко виражена зональність. На Поліссі, з його бідними піщаними відкладами, високим зволоженням, значною тривалістю відновних умов і пониженими значеннями pH, відзначається лабільність органічних речовин і міграційна здатність мікроелементів, які переміщаються зазвичай у формі органо-мінеральних комплексів і часто за межі профілю. Тому поліські ґрунти збіднені на купрум, бор, кобальт, молібден (див. табл. 2.16).

Переважання карбонатних ґрунтотворних порід лесів, нейтральна реакція ґрунтового розчину, висока гумусованість ґрунтів, сухіший клімат лісостепу стримують міграцію мікроелементів. У гумусовому горизонті ґрунтів накопичуються купрум, кобальт, бор, молібден і манган. Другим горизонтом акумуляції мікроелементів є горизонти скупчення карбонатів, а в засолених ґрунтах – соленосні горизонти.

Акумулятивними по відношенню до мікроелементів є ґрунти степу. Значне різноманіття ґрунтотворних порід є причиною високої контрастності у вмісті мікроелементів у гірських районах України.

*Таблиця 2.15*

**Мікроелементи і чутливі до них культури** *(за даними різних авторів)* **[47]**

| Назва мікроелемента | Чутливі до нестачі елемента культури | Винесення елемента з урожаєм г/га | Потрібно вносити у ґрунти, де вміст менше... мг/кг грунту | Ґрунти, дефіцитні на елемент |
|---|---|---|---|---|
| *Ферум, Fe* | кукурудза, бобові, овес, сорго, помідори, плодові, овочеві | 600–9000 | | карбонатні, перевапновані, з малою кількістю феруму |
| *Бор, B* | хрестоцвіті, бобові, буряк цукровий, картопля, кукурудза, соняшник, льон, гречка, овочеві, плодові | 30–300 | менше 0,20–0,60 | нейтральні, слабколужні, дерново-глейові, піщані, супіщані |
| *Купрум, Cu* | пшениця, ячмінь, овес, просо, кукурудза, рис, буряк цукровий, соняшник, льон, бобові культури, плодові, овочеві | 10–300 | менше 5 (кислі) менше 10 (лужні) | торфові, малогумусні піщані, легкі дерново-підзолисті |
| *Цинк, Zn* | кукурудза, рис, гречка, льон, хміль, сорго, бобові, плодові, буряк цукровий, соняшник, картопля, капуста, цибуля | 75–200 | менше 0,2–0,3 доцільно і при 0,40–1,5 | карбонатні, слабколужні, нейтральні |
| *Манган, Mn* | овес, пшениця, ячмінь, кукурудза, зернобобові, буряк цукровий, картопля, овочеві, плодові | 300–1000 | менше 50–60 | нейтральні, лужні, карбонатні, піщані, супіщані |
| *Молібден, Mo* | бобові культури, ріпак, гірчиця, буряк цукровий, пшениця, кукурудза, овес, гречка, льон, картопля, помідори | 6–10 | менше 0,15–0,20 | кислі, підзолисті, сірі лісові, піщані, чорноземи опідзолені |
| *Кобальт, Co* | Зобові культури, буряк цукровий, ячмінь, жито, льон, гречка, пшениця | | менше 2,0–2,5 | дерново-підзолисті, кислі, торфові |

Загальною закономірністю розподілу мікроелементів у ґрунтовому покриві України є збільшення їхнього вмісту від ґрунтів північно-західних районів до південно-східних. Мобільність і доступність рослинам мікроелементів у ґрунтовому покриві залежать від характеру водного режиму, стану і кількості органічної речовини, рівня окисно-відновного потенціалу, гранулометричного складу ґрунтів та інших показників.

*Таблиця 2.16*

**Середній валовий вміст мікроелементів у ґрунтах, мг/кг ґрунту [66]**

| Ґрунти | Mn | Zn | Cu | Co | B | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| Полісся | | | | | | |
| Дерново-слабкопідзолисті | 351 | 34 | 6,9 | 8,6 | 8,5 | 0,57 |
| Дерново-середньопідзолисті | 373 | 39 | 6,8 | 8,2 | 8,6 | 0,69 |
| Дерново-слабкопідзолисті оглеєні | 271 | 34 | 6,7 | 9,8 | 6,4 | - |
| Дерново-середньопідзолисті оглеєні | 266 | 33 | 7,1 | 7,7 | 6,7 | - |
| Чорноземи і дернові карбонатні ґрунти на елювії карбонатних порід | 175 | 47 | 6,5 | 12,3 | 12,9 | 0,90 |
| Сірі і ясно-сірі лісові | 503 | 47 | 9,4 | 8,2 | 8,0 | 0,72 |
| Темно-сірі опідзолені | 668 | 52 | 13,1 | 11,0 | 10,3 | 0,76 |
| Чорноземи опідзолені | 880 | 68 | 31,0 | 10,2 | 9,2 | - |
| Лучні | 1358 | 72 | 18,2 | 14,7 | 7,3 | 2,00 |
| Торф'яно-болотні і торфи низинні | 362 | 37 | 9,9 | 10,1 | 10,2 | - |
| Дернові переважно оглеєні | 371 | 38 | 7,3 | - | - | - |

*Закінчення табл. 2.15*

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Лісостеп | | | | | | |
| Ясно-сірі і сірі лісові | 728 | 49 | 15,5 | 15,2 | 9,6 | 2,67 |
| Темно-сірі опідзолені | 873 | 47 | 18,3 | 14,1 | 12,6 | 2,69 |
| Чорноземи опідзолені | 692 | 52 | 19,6 | 16,4 | 16,6 | 2,77 |
| Чорноземи типові потужні малогумусні і слабкогумусовані | 682 | 54 | 22,0 | 18,6 | 12,8 | 2,81 |
| Чорноземи типові середньогумусні | 569 | 71 | 24,2 | 20,1 | 11,7 | 2,84 |
| Чорноземи і дернові карбонатні на елювії карбонатних порід | 581 | 58 | 21,0 | 16,0 | 24,0 | 1,99 |
| Чорноземи лучні солонцюваті | 702 | 51 | 21,0 | 19,4 | 14,6 | 2,75 |
| Лучні | 776 | 71 | 31,6 | 19,5 | 18,6 | 2,10 |
| Лучно-болотні | 478 | - | - | 17,1 | 11,6 | - |
| Торф'яно-болотні і торфи низинні | 988 | 54 | 24,7 | 13,2 | 9,1 | - |
| Дернові піщані і дернові опідзолені та їхні оглеєні види | 251 | 33 | 12,2 | 3,8 | 8,0 | 1,05 |
| Степ | | | | | | |
| Чорноземи звичайні мало- і середньогумусні потужні | 593 | 55 | 22,2 | 17,5 | 38,0 | 3,70 |
| Чорноземи звичайні середньогумусні | 508 | 61 | 34,0 | 23,0 | 40,1 | 2,42 |
| Чорноземи звичайні малогумусні | - | 57 | 26,4 | 19,8 | 41,7 | - |
| Чорноземи південні мало- і слабкогумусовані | 844 | 69 | 30,5 | 12,5 | 36,2 | 2,40 |
| Чорноземи і дернові карбонатні на елювії карбонатних порід | 594 | 63 | 35,5 | 15,0 | 35,0 | 1,70 |
| Темно-каштанові солонцюваті | 954 | 57 | 32,1 | 24,0 | 39,0 | 2,08 |
| Каштанові солонцюваті | 900 | 73 | 24,0 | - | 34,0 | 1,97 |
| Чорноземи лучні солонцюваті | 819 | 64 | 25,0 | 12,8 | 37,3 | - |
| Лучні | 708 | 56 | 27,0 | 17,7 | 49,1 | 2,05 |

**Ферум** входить до складу феросилікатів, незначна його частина входить до складу органічних сполук ґрунту. Джерелом феруму для рослин є його розчинні солі. У ґрунтах з нейтральною і лужною реакцією, за наявності сприятливих умов для окиснення, ферум переходить в оксиди $Fe_2O_3$ та гідроксиди $Fe(OH)_3$ і стає недоступним для рослин. Нестача феруму в рослинах проявляється у вигляді хлорозу – білих плям на поверхні листків. Надлишок цього елемента теж шкідливо впливає на ріст рослин. У сильнокислому середовищі (pH<3) іони феруму переходять у ґрунтовий розчин.

**Манган** позитивно впливає на біосинтез хлорофілу, стабілізує його зв'язок із білками і тим самим підвищує стійкість до руйнування за несприятливих умов. У випадку підвищеного вмісту кальцію в ґрунті, а також у разі тривалої сухої і жаркої погоди доступність його для рослин знижується. Нестача мангану, який міститься у ґрунтах з нейтральною або лужною реакцією, знижує стійкість рослин до хвороб (гниття серцевини у буряків) і вилягання. Якщо в рослині є надлишок мангану, він стає антагоністом феруму. Потреба рослин у манганових добривах установлена на чорноземах типових малогумусних, особливо на вилугуваних їхніх різновидностях, на чорноземах звичайних, солонцюватих, на піщаних дернових ґрунтах. Добре реагує на цих ґрунтах на манганові добрива буряк цукровий [66].

Нестача **купруму** в торфово-болотних, дерново-підзолистих і дерново-карбонатних ґрунтах затримує ріст рослин, призводить до вилягання зернових, а часом є причиною того, що на таких ґрунтах зовсім не можна одержати врожай. Нестачу цього елемента відчувають насамперед зернові культури [12]. Нестача **бору** викликає опадання зав'язі, знижує кількість квітів, різні порушення у плодів, насіння, сприяє розвитку бактеріозу льону. Мало забезпечені рухомими формами бору дерново-підзолисті та ясно-сірі й сірі лісові ґрунти, ґрунти Карпат.

Рослини, які не відчувають нестачі **цинку,** більш стійкі до посухи, високих температур та інших несприятливих факторів. Важливою фізіологічною функцією цинку є його участь у синтезі гормону росту – ауксину. Цинк рослини засвоюють тільки в рухливій, розчинній формі – головно це сульфат цинку, кількість якого зростає при низьких значеннях pH ґрунту і знижується при дефіциті вологи. Тому на кислих дерново-підзолистих, сірих лісових і торф'яних ґрунтах рослини не відчувають нестачі цинку. Чорноземи і каштанові ґрунти недостатньо містять рухомого цинку (0,2 мг/кг ґрунту), що знижує врожайність і якість кукурудзи, буряків цукрових та кормових.

Нестача **молібдену** в рослині порушує розвиток листкового апарату. Особливо велику потребу в ньому мають вільноживучі й симбіотичні мікроорганізми – азотфіксатори, у яких він входить до складу ферментного комплексу, що здійснює відновлення молекулярного нітрогену атмосфери в аміак. Для рослин кислих ґрунтів молібден недоступний. Такі ґрунти треба вапнувати. Дефіцит молібдену спостерігається у чорноземах, дернових, дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах.

**Кобальт** позитивно впливає на синтез хлорофілу й міцність пігмент-білкового комплексу, активізує роботу багатьох ферментів і тим самим прискорює ріст і розвиток рослин. Велику потребу в кобальті мають бобові рослини, які живуть у симбіозі з азотфіксуючими бактеріями. У разі нестачі цього елемента у бобових рослин припиняється ріст і накопичення біомаси. У більшості ж інших рослин потреба в кобальті у кілька разів менша, ніж потреба в інших мікроелементах. Майже 8,2 млн га орних земель України містять малорухомий кобальт (кислі ґрунти Полісся, опідзолені – лісостепу, а також буро-підзолисті та гірсько-лучні ґрунти Карпат).

Загалом майже жоден фізіологічний процес в організмі рослин не може відбуватися без участі тих чи інших мікроелементів. Нестача їх у ґрунті, воді, і отже, у живих організмах зумовлює так звані хвороби недостатності, які супро-

воджуються порушенням життєвих функцій, різними аномаліями розвитку, а деколи призводять і до відмирання рослин (див. табл. 2.17).

*Таблиця 2.17*

**Основні симптоми і наслідки дефіциту елементів живлення рослин (мікроелементи), (за В.В. Лихочвором, 2008)**

| Мікроелементи | Ознаки дефіциту |
|---|---|
| *Ферум, Fe* | Молоді листки хворіють на міжжилковий хлороз. Вони набувають жовто-білого забарвлення, старі листки стають світло-жовтими. У злаків хлороз проявляється у вигляді перемежованих жовтих і зелених смуг уздовж листка. Ферум малорухомий у рослинах. Формуються дрібніші листки, знижується вміст цукрів, відмирають пагони і навіть цілі рослини |
| *Бор, B* | Відмирання точок росту, закручування верхніх молодих листків, посвітління листків біля черешків, некрози, хлорози. Деформація і опадання квіток. Не реутилізується в рослині. Хлороз серцевинних листків, загнивання кореня у буряка. Знижується стійкість до хвороб, зменшується кількість квіток, обпадає зав'язь, знижується врожайність, погіршується якість продукції |
| *Купрум, Cu* | Міжжилковий хлороз і згортання листків унаслідок відмирання їхніх кінчиків. У злакових культур кінчики молодих листків біліють, закручуються і згодом відмирають, а їхні краї стають жовтими. Пустозерність, вилягання посівів, повільний розвиток кореневої системи, загибель рослин при появі сходів. Низька стійкість до грибкових хвороб |
| *Цинк, Zn* | Спостерігається міжжилковий хлороз, або плямистість нижніх листків. Листки жовто-зеленого забарвлення, вкриваються плямами і відмирають. У кукурудзи між жилками з'являються ясно-жовті смуги (білі плями), нові листки блідо-жовті або білі. Зменшується холодостійкість рослин, скорочується довжина міжвузлів, погіршується якість продукції |
| *Манган, Mn* | Нестача насамперед виявляється на молодих листках. Ознаки подібні до хлорозу – листки покриваються жовто-зеленими плямами з бурими і білими ділянками. У злаків – це сіра плямистість, світла смугастість молодих листків при зелених жилках, у зернобобових – хлороз, у буряка цукрового – пожовтіння країв листків. Нагромаджуються нітрати у тканинах рослин, знижується вміст вітаміну С. Зниження врожайності та якості продукції. Малорухомий у рослинах |
| *Молібден, Mo* | З'являються блідо-зелені плями між жилками листків, потім вони буріють і відмирають. Може відмирати точка росту, послаблюються ріст і плодоношення. Симптоми подібні до азотного голодування. Слабко розвиваються бульбочки на коренях |
| *Кобальт, Co* | Сповільнення темпів росту рослин. Зовнішні ознаки нестачі подібні до азотного голодування |

Загальні запаси поживних речовин у ґрунті набагато вищі, ніж їхнє винесення рослинами, проте основна маса цих речовин міститься у ґрунті в формі нерозчинних сполук, недоступних для рослин. Тому внесення навіть невеликої кількості добрив нерідко дає значний приріст урожаю.

Потреба рослин в елементах живлення залежить від багатьох чинників: особливостей культури й сорту, від рівня врожайності, від водного режиму ґрунту й умов вирощування, культури землеробства та властивостей ґрунту.

За допомогою агротехнічних заходів необхідно створювати сприятливі умови для живлення рослин. Усі заходи регулювання поживного режиму ґрунтів можна поділити на чотири групи:

поповнення ґрунтів поживними речовинами (внесення добрив);

перетворення елементів живлення з недоступної у засвоювану рослинами форму;

створення умов для кращого використання рослинами поживних речовин;

боротьба із втратами ґрунтом поживних речовин [20].

***Контрольні запитання:***

1. Назвіть абіотичні чинники біопродуктивності ґрунтів.
2. Який вплив на продуктивність рослин мають фізичні властивості ґрунту?
3. Як впливають фізико-хімічні властивості ґрунту на біопродуктивність?
4. Джерелом яких елементів живлення рослин є ґрунт?
5. Якою є роль макро- та мікроелементів у біопродуктивності ґрунту?

## *2.2. Кліматичний фактор*

Ріст і розвиток культурних рослин можливий у разі постійного взаємозв'язку з навколишнім середовищем, наявності в ньому відповідних умов. Пізнання вимог рослин до цих умов становить одну з наукових основ землеробства. Серед багатьох умов екологічного середовища для вирощуваних людиною рослин є такі, які не можна замінити іншими. Їх називають ***факторами життя***. До них належать світло, тепло, вода, мінеральні речовини, діоксид карбону та оксиген повітря. Світло, тепло і діоксид карбону рослини споживають з атмосфери. Вологу і решту поживних речовин рослина отримує з ґрунту. Кожен фактор зовнішнього середовища використовується рослинами в неоднаковій кількості.

### *2.2.1. Світло. Фотосинтез і фотосинтетично активна радіація*

Сонячне світло – найважливіший чинник існування рослинного світу. Зелені рослини – ідеальні системи з використання малоінтенсивних потоків світлової енергії.

В основі біопродуктивності рослинного покриву лежить процес фотосинтезу. Всі зелені рослини здатні самостійно створювати органічну масу. Листок зеленої рослини – це чудесна лабораторія, в якій за рахунок використання енергії сонячних променів, води і мінеральних речовин утворюється крохмаль, цукор, білки та інші цінні сполуки. Процес утворення органічних речовин з неорганічних (діоксиду карбону – $CO_2$ і води – $H_2O$), що відбувається за наявності хлорофілу під впливом сонячної енергії, називають ***фотосинтезом.*** Найменшу інтенсивність світла, за якої починається фотосинтез, називають ***світловим порогом фотосинтезу***.

Процес фотосинтезу є основною особливістю зелених рослин. У результаті фотосинтезу енергія сонячного променя перетворюється у потенційну енергію органічної речовини. Основними продуктами фотосинтезу є вуглеводи. Реакції, які

відбуваються під час фотосинтезу, дуже складні. Вони пов'язані з одночасним утворенням білків та інших органічних сполук. Елементарне рівняння фотосинтезу має такий вигляд:

$$6CO_2 + 6H_2O + 674 \text{ ккал} = C_6H_{12}O_6 + 6O_2.$$

На 1 г продукту фотосинтезу затрачається 3,75 ккал сонячної енергії. Затрати енергії на щорічну продукцію рослинної маси коливаються від 2,5–25 кал/см$^2$ в рік у тундрі і пустелях помірних широт до більш ніж 2 000 кал/см$^2$ в рік у вологих тропічних лісах. Для умов, характерних для розвитку ґрунтів лісів помірних широт, степів і саван, затрати енергії сягають 100–400 кал/см$^2$ в рік (В.Р. Волобуєв, 1974).

Фотосинтез є основним джерелом енергії, яка використовується людиною. Основна роль у процесі фотосинтезу належить листкам рослин. Із загальної кількості фотосинтезованих органічних речовин на частку листків припадає 60–95%, решта створюється в інших зелених органах (стеблах, суцвіттях).

Інтенсивність фотосинтезу залежить від низки факторів: інтенсивності поглинання фотосинтетично активної радіації, концентрації $CO_2$ у приземному шарі повітря, температури, водного режиму, рівня мінерального живлення, властивостей ґрунту, біологічних і генетичних особливостей рослин.

Певне поєднання цих факторів визначає рівень продукції органічної речовини фітоценозів.

Фотосинтез відіграє вирішальну роль у формуванні врожаю. Урожай біомаси на 90–95% формується у процесі фотосинтезу. Підвищити ефективність фотосинтезу можна різними заходами:

збільшити коефіцієнт використання сонячної енергії завдяки рівномірному розміщенню рослин на полі, оптимальній густоті стояння;

збільшити розміри листків і освітлену площу листкової поверхні;

покращити умови проходження фотосинтезу – забезпеченість водою, діоксидом карбону, мінеральними речовинами;

впровадження сортів з інтенсивними ростовими процесами та високою адаптивною здатністю [48].

Значення фотосинтезу для біосфери важко переоцінити. Саме завдяки цьому процесові вловлюється світлова енергія Сонця. Фотосинтезуючі організми перетворюють її на енергію хімічних зв'язків синтезованих вуглеводів, а потім по ланцюгах живлення вона передається гетеротрофним організмам. Отже, не буде перебільшенням вважати, що саме завдяки фотосинтезу можливе існування біосфери. Зелені рослини та ціанобактерії, поглинаючи діоксид карбону і виділяючи оксиген, впливають на газовий склад атмосфери. Увесь атмосферний оксиген має фотосинтетичне походження. Щорічно завдяки фотосинтезу на Землі синтезується близько 150 млрд т. органічної речовини і виділяється понад 200 млрд т. вільного оксигену, який не тільки забезпечує дихання організмів, але й захищає все живе на Землі від згубного впливу короткохвильових ультрафіолетових космічних променів (озоновий екран атмосфери).

У різних видів рослин і різних рослинних угруповань потреба у світлі неоднакова. Вимоги рослин до освітленості визначають за ***показником світлового забезпечення***. Цей показник розраховують за відношенням освітленості в тому місці, де живе рослина, до повної освітленості на відкритому місці. Для кожної рослини можна визначити середнє, мінімальне та максимальне значення світлового забезпечення. За вимогою до освітленості розрізняють три основні екологічні групи рослин:

світлолюбні (геліофіти – від гр. *геліос* – Сонце);

тіньовитривалі, або факультативні геліофіти;

тіньові, умброфіти або сціофіти (від гр. *скіа* – тінь).

До *світлолюбних* видів належать мешканці відкритих, добре освітлених місцезростань. Зазвичай, вони мають вище стебло порівняно з

видами, що мешкають у затінку, розсічені листкові пластинки, досить багато продихів, розгалужену кореневу систему. Більшість з них раніше зацвітають, мають дрібне насіння, самосів якого добре виживає на оголеному ґрунті або в низькорослому рослинному покриві. Типовими геліофітами є степові та лучні злаки, рослини тундри, високогір'я, ранньовесняні ефемери та ефемероїди, більшість культурних рослин, багато бур'янів. До світлолюбних культурних рослин належить кукурудза, картопля, соя, люцерна, кавун, чина, просо, сорго, суданська трава та ін.

Група *тіньовитривалих рослин,* або *факультативних геліофітів,* характеризується широкою екологічною амплітудою відносно світла. До цієї групи належить більшість видів деревних порід, кущів: ялина, граб, ліщина, бузина тощо. Тіньовитривалі рослини можуть рости при повному денному світлі, на відкритих, добре освітлених місцях, але ліпше розвиваються при деякому затіненні, наприклад, у лісах (дуб, липа, бузок). Тіньовитривалість рослин знижується у вищих широтах, у горах, сухому кліматі, на бідніших ґрунтах. До тіньовитривалих культурних рослин належить пшениця, жито, буряк кормовий, конюшина, льон-довгунець, люпин, овес, бруква.

У *тіньових рослин* (плаун булавовидний, барвінок малий, квасениця звичайна) листки темно-зеленого кольору з високим вмістом хлорофілу. Вони не витримують повного освітлення, проте завдяки структурі листка навіть за слабкого освітлення здатні засвоювати діоксид карбону не менш ефективно, ніж листки геліофітів. Тіньові рослини в умовах високої сонячної інсоляції не можуть регулювати інтенсивність транспірації й на відкритій місцевості звичайно засихають. До цієї екологічної групи належать рослини нижніх ярусів лісу. В дібровах це так зване широкотрав'я. У тропічних лісах у цих рослин поширені специфічні форми – ліани та епіфіти.

Усі перелічені екологічні групи чітко не розмежовані. Навіть один і той самий вид може

виявляти різні вимоги до світла в різних кліматичних або ґрунтових умовах і навіть протягом життя одного індивідуума. Більше того, в межах крони одного дерева можна зустріти світлові та тіньові листки, що відрізняються анатомічно і морфологічно.

Культурні рослини, вирощені за недостатнього освітлення, характеризуються низьким вмістом хлорофілу та поживних речовин, особливо цукрів. Затінення спричиняє збільшення висоти рослин, послаблення кущіння, зниження маси надземних органів і розвиток кореневої системи. Недостатня освітленість у роки з переважанням хмарної погоди є причиною слабкої диференціації тканини рослин, що часто призводить до вилягання зернових культур. Добре освітлені посіви формують високу врожайність доброї якості. Зерно сільськогосподарських культур за достатнього освітлення містить більше білка, клейковини, жиру та інших цінних речовин. Вміст цукрів у плодах баштанних культур, буряках збільшується залежно від кількості сонячних днів протягом періоду вегетації. Біологічна активність шкідників сільськогосподарських рослин і хвороботворних мікробів певною мірою залежить від радіаційних чинників. Зернові, які вирощують на південних схилах, менше пошкоджують шкідники та хвороби порівняно з посівами, висіяними на схилах інших експозицій.

Світло впливає на процеси росту. Проростки будуть безколірні, якщо проростатимуть у темноті. Здатність витягувати стебла без світла має велике значення у житті рослин. Якщо насіння висіяли на значну глибину, то проростки будуть витягуватися доти, доки не досягнуть поверхні ґрунту. Світло стимулює поділ клітин, але затримує їхній ріст шляхом розтягування. Погане освітлення спричиняє збільшення швидкості лінійного росту, витягування міжвузля. Притінені пагони завжди довші, ніж ті, що виросли на світлі. Тому у загущених посівах рослини схильні до вилягання.

Затримуюча дія світла створює певну добову періодичність росту – вночі рослини ростуть

швидше, ніж удень. Одностороннє освітлення викликає вигинання рослин у сторону світла (фототропізм) і відповідну орієнтацію листя. Рівномірне об'ємне освітлення сприяє формуванню гіллястих, добре облиствлених рослин [56].

Терміни цвітіння і плодоношення певних видів рослин залежать від довжини дня, тобто тривалості освітлення (фотоперіоду). Реакцію рослин на тривалість освітлення називають ***фотоперіодизмом.*** Фотоперіодизм можна назвати географічним явищем, оскільки співвідношення довжини дня і ночі зумовлене широтою певної місцевості. Це важлива характеристика світлового режиму, сигнальний фактор, який керує добовими та сезонними ритмами життєдіяльності організмів. У рослин фотоперіодичний ефект проявляється в узгодженні періоду цвітіння, дозрівання плодів із періодом найінтенсивнішого фотосинтезу.

Залежно від реакції на тривалість фотоперіоду рослини поділяють на три групи:

*рослини короткого дня*, які мають найкоротший вегетаційний період в умовах 9–12-годинного дня. До них належать: кукурудза, соя, кавун, просо, сорго, люцерна. Вони добре ростуть і розвиваються в умовах інтенсивного освітлення і короткого дня (південь України);

*рослини довгого дня*, які швидше цвітуть і плодоносять в умовах 15–20-годинного дня. Рослини північніших широт не потребують активного освітлення, погано виносять ясну і жарку погоду південних районів. До них належать: пшениця, жито, овес, льон-довгунець, конюшина, люпин;

*нейтральні рослини*, які добре ростуть і плодоносять в умовах півдня і півночі. Це гречка, гарбуз, горох, боби, квасоля, ячмінь, соняшник, ріпак [48].

Від фотоперіодизму залежить продуктивність рослин, їхня стійкість до хвороб, здатність до симбіозу тощо.

Частина потоку сумарної сонячної радіації, яку використовують рослини у процесі фотосинтезу (поглинається пігментами хлорофілу), називається ***фотосинтетично активною радіацією (ФАР).*** Це область спектра сонячної радіації із довжиною хвиль у межах від 380 до 710 нм (0,38–0,71 мкм).

На процес фотосинтезу суттєво впливає спектральний склад ФАР. Листки рослин характеризуються вибірковою здатністю щодо поглинання ФАР залежно від довжини хвиль. Найінтенсивніше поглинаються синьо-фіолетові промені довжиною 0,39–0,48 мкм, дещо менше – червоно-оранжеві – довжиною 0,64–0,68 мкм і найменше – жовто-зелені довжиною 0,50–0,60 мкм. Під час поглинання цих променів фотосинтез відбувається з найвищою швидкістю. Різні промені неоднаково впливають на продуктивність фотосинтезу. Фізіологічна радіація в синьо-фіолетовій частині спектра сприяє утворенню білків, а в червоно-оранжевій – вуглеводів [73].

Величину ФАР, що надходить від Сонця, можна обчислити за даними актинометричних спостережень. Для цього часто використовують формулу:

$$ФАР = 0{,}43S + 0{,}57D,$$

де $S$ – інтенсивність прямої сонячної радіації, $D$ – інтенсивність розсіяної радіації.

ФАР, що бере участь у фотосинтезі, в помірних широтах варіює в межах 38,5–41% від загальної сонячної радіації. Сумарна величина ФАР за період з температурами вище 5 і 10°С складає відповідно 1600–1750 і 1460–1470 МДж/м$^2$. Більшу її частину земна поверхня одержує у весняно-літній період. Така кількість сонячної радіації забезпечує вирощування багатьох основних сільськогосподарських культур. Максимум потоків сумарної радіації і ФАР спостерігають у кінці червня та на початку липня [57].

Прихід радіації на поверхню Землі залежить від кута падіння сонячних променів, збільшуючись з висотою Сонця над горизонтом. На негоризонтальній поверхні величина ФАР залежить

від крутизни схилу. Кількість сонячної радіації, яку одержують південні та північні схили, різна протягом року і в різних географічних широтах. На південних схилах навіть при крутизні всього 3–5° ґрунт прогрівається і готовий до обробітку на 7–10 днів раніше порівняно з північними. Сніг тут сходить раніше.

Енергію ФАР, що надходить до посівів ($E_{ФАР}$, МДж/га), визначають за формулою:

$$E_{ФАР} = E_{ФАР}\ вп \cdot \alpha \cdot T пв\ /\ T вп,$$

де $E_{ФАР}$ вп – енергія фотосинтетично активної радіації за вегетаційний період (≥ +10°С) – 1441,4 МДж/га; (≥ +5°С) – 1634,1 МДж/га;

α – поправочний коефіцієнт на крутизну й експозицію схилу (для схилів західної і східної експозиції з нахилом до 5° суми радіації практично дорівнюють сумам на горизонтальну поверхню);

*T*пв – період вегетації сільськогосподарської культури, дні;

*T*вп – вегетаційний період, дні (Ю.О. Тараріко, 2005).

Для жита і картоплі сума ФАР за вегетаційний період становить у середньому 25 ккал/см$^2$, ярої пшениці, гречки і вівса – 22 ккал/см$^2$, ярого ячменю, гороху і проса – 20 ккал/см$^2$, кукурудзи, буряка цукрового і соняшника – 34 ккал/см$^2$.

Надходження ФАР у різних регіонах України неоднакове. Доцільніше користуватись величиною коефіцієнта корисної дії ФАР у посіві (ККД ФАР, або $K_{ФАР}$). Він показує, який відсоток ФАР фіксується в урожаї порівняно з кількістю радіації, що надходить на поверхню посіву культури.

Коефіцієнт використання ФАР визначають співвідношенням енерговмісту урожаю (кількість енергії, нагромадженої у продуктах фотосинтезу) (*E*в, МДж/га) та енергії ФАР, використаної за вегетаційний період (ГДж/га):

$$K_{ФАР} = E в \cdot 100 / E_{ФАР}.$$

Якщо прихід ФАР за вегетаційний період для певної зони стабільний, його не можливо зміни-

ти технологічними заходами, то ККД ФАР піддається регулюванню. За рахунок його збільшення урожайність польових культур значно зросте (див. табл. 2.18).

*Таблиця 2.18*

**Потенційна врожайність польових культур за різних ККД ФАР, ц/га (за В.В. Лихочвором, 2004)**

| Культура | Коефіцієнт корисної дії ФАР, % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** |
| Пшениця озима | 25,3 | 50,5 | 75,8 | 101,1 | 125,4 | 150,6 |
| Жито озиме | 21,5 | 43,0 | 64,5 | 86,0 | 107,5 | 129,0 |
| Пшениця яра | 25,3 | 50,5 | 75,8 | 101,1 | 125,4 | 150,6 |
| Ячмінь ярий | 24,0 | 48,1 | 72,1 | 96,2 | 120,2 | 144,3 |
| Овес | 24,1 | 48,2 | 72,3 | 96,4 | 120,5 | 144,6 |
| Просо | 16,5 | 33,0 | 49,5 | 66,0 | 82,5 | 99,0 |
| Гречка | 18,4 | 36,8 | 55,2 | 73,6 | 92,0 | 110,4 |
| Горох | 19,6 | 39,2 | 58,8 | 78,4 | 98,0 | 117,6 |
| Кукурудза (зерно) | 39,1 | 78,2 | 117,3 | 156,4 | 195,5 | 234,6 |
| Буряк цукровий | 272,8 | 545,5 | 818,3 | 1091,1 | 1363,9 | 1636,7 |
| Картопля | 145,3 | 290,6 | 435,9 | 581,2 | 726,5 | 871,8 |
| Соняшник | 28,5 | 57,0 | 85,5 | 114,0 | 142,5 | 171,0 |

Коефіцієнт використання ФАР коливається у широких межах. Проаналізувавши коефіцієнти засвоєння ФАР різними за врожайністю посівами, А.О. Ничипорович ділить їх на такі групи:

звичайні – $K_{ФАР}$ – 0,5–1,5%;
добрі – $K_{ФАР}$ – 1,5–3,0%;
рекордні – $K_{ФАР}$ – 3,5–5,0%;
теоретично можливі – $K_{ФАР}$ – 6,0–8,0% і навіть 16%.

У природних фітоценозах $K_{ФАР}$ становить 0,2–0,5%, в агроценозах низької культури землеробства – 0,1–0,4, середньої – 0,5–1,0, високої – 2,3–4,9% [48; 57].

За даними М.К. Каюмова, якщо коефіцієнт використання рослинами сонячної радіації становить 2,5%, врожай зерна в 60 ц/га вважають середнім, 90 ц/га – високими, 120 ц/га – дуже високими.

У середньому коефіцієнт використання ФАР є дуже низьким і залежить від культури. Так, для буряків цукрових він рівний 1,94–2,0%, конюшини – 2,0–2,2%, картоплі – 2,2–2,4%, шпинату – 0,3–0,4%, моркви – 0,8–1,0%, льону – 3,5–3,6%, люпину 4,5–4,7%, пшениці озимої – 1,9–2,0%. У природі існують водорості, коефіцієнт використання ФАР яких сягає 10% [57].

З огляду на фактичну врожайність сільськогосподарських культур в Україні, можна стверджувати, що ККД ФАР знаходиться у межах 1–2%.

Величина поглинання рослинами ФАР і, отже, рівень врожайності залежить від багатьох причин, серед яких велике значення має структура посівів. У несприятливих за структурними особливостями посівах рослини поглинають близько 20–25% ФАР, а використовують на фотосинтез лише 1–2% цієї величини. Решта ввібраної енергії витрачається на нагрівання рослин і спричинену цим посилену транспірацію. Посіви, за структурою близькі до оптимальних, за вегетаційний період можуть поглинати до 50–60% ФАР, що падає на них, але вони зазвичай накопичують у вигляді органічної речовини лише 2–3% величини ввібраної ФАР [73].

Для поглинання якнайбільшої кількості сонячної енергії всі рослини прагнуть до збільшення площі листкової поверхні та найоптимальнішого розміщення листків у просторі. Головним чинником, від якого залежить поглинання і пропускання ФАР, є ***індекс листкової поверхні*** – це відношення площі поверхні всіх листків фітоценозу до одиниці площі поверхні ґрунту під ним.

Такий індекс дає уявлення про розміри асимілюючих органів рослин, від чого залежить їхня продуктивність. Залежно від умов навколишнього середовища індекс листкової поверхні змінюється. Оптимальною для певного ценозу є листкова поверхня, яка забезпечує найповніше поглинання фотосинтетично активної радіації. У несприятливих умовах існування ценози досить зріджені, тому індекс листкової поверхні

зменшується. У світлолюбних рослин листки зазвичай меншого розміру, ніж у тіньовитривалих. За умови різного рівня освітленості, незважаючи на спадкові морфологічні особливості, рослини близьких за систематичним положенням видів відрізняються величиною листкової пластинки, наприклад, представники злаків, осоки під пологом лісу мають не типову для цих видів вузьку, а порівняно широку листкову пластинку. Сезонний диморфізм листків можна спостерігати навіть в однієї й тієї самої рослини залежно від освітлення.

Листкова пластинка зазвичай орієнтована перпендикулярно до падаючого променя (крім рослин тропічної зони). Якщо якийсь листок затіняє сусідній, то останній поступово змінює своє положення так, щоб його освітлення було оптимальним. Індивідуальні фізіологічні механізми регулювання у кожного листка дають змогу рослині створити листкову мозаїку, в якій листки можуть розташовуватися досить щільно, але при цьому вони не затіняють один одного. Розташування листка у просторі постійно змінюється залежно від інтенсивності освітлення.

*У геліофітів* (більшість представників рослин степу, акація, евкаліпт) у полудневі години листки зорієнтовані майже вертикально або під значним кутом до горизонту, щоб зменшити потік радіації.

Є група так званих „компасних" рослин (пижмо звичайне, деревій звичайний), у яких листки розташовуються в одній площині з орієнтацією північ-південь. Завдяки цьому в полудень надходження сонячної радіації до них мінімальне. В затінку їхня орієнтація стає невпорядкованою, тобто вони втрачають свою „компасну" здатність.

У *тіньовитривалих* рослин листки у просторі орієнтуються так, щоб одержати якомога більше сонячної радіації. В затінку, під пологом лісу, листкові пластинки рослин розташовуються майже горизонтально до падаючої розсіяної радіації. За таких умов вони здатні орієнтува-

тися навіть на невеликі прогалини в кроні дерев, крізь які проникають також прямі сонячні промені. Навіть на одному й тому самому дереві (липа, клен) на затінених гілках дерев дрібніші листки розташовуються у проміжках між більшими.

Листки деяких тіньовитривалих рослин здатні до захисних рухів, уникаючи прямих сонячних променів, як, наприклад, у квасениці звичайної. Ця багаторічна тіньовитривала рослина складає свої довгочерешкові, трійчасті листки так, що їхні частинки розташовуються майже вертикально до сонячних променів.

Тіньолюбних рослин серед деревних порід майже немає, тоді як тіньовитривалі складають значну групу видів, загальною специфічною рисою яких є здатність виживати за обмеженого надходження сонячної радіації (бук, тис, ялина, граб, липа та ін.). Це група видів, що займає проміжне положення між світловими та тіньовими рослинами.

Поняття тіньовитривалості рослин має практичну значимість у лісівництві та кормовиробництві під час формування деревних насаджень, сіяних луків. Критерієм тіньовитривалості у деревних порід є співвідношення висоти дерева до товщини стовбура. Тіньовитривалі деревні породи ростуть у загущених насадженнях завдяки спроможності витягуватися до верхніх ярусів. Світлолюбні дерева порівняно з тіньовитривалими завжди нижчі, ростуть розріджено. Особливості крони дерев також характеризують їхню реакцію на світло. Тіньовитривалі листяні породи дерев (бук, кінський каштан) мають щільну крону, тоді як світлолюбні породи (ясен, береза) – ажурну, досить прозору.

Реакція рослин деревних порід на світло не є величиною постійною і змінюється з віком на різних етапах онтогенезу, в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Молоді дерева тіньовитриваліші, ніж у дорослому віці. На бідних ґрунтах рослини стають світлолюбнішими, ніж на родючих. Як світлолюбним, так і тіньовитривалим рослинам для

оптимального розвитку генеративних органів і наступного плодоношення потрібна висока освітленість. Саме тому дерева, що ростуть на узліссі, цвітуть і плодоносять краще, ніж у глибині лісу. Навіть у тіньовитривалих видів хвойних порід дозрілі шишки розташовані у верхньому, добре освітленому ярусі крони [56].

Щодо сільськогосподарських культур з'ясовано, що найбільше вони поглинають ФАР тоді, коли площа листкової поверхні більша за площу поля в чотири і більше разів, тобто, коли вона складає 40–50 тис./м$^2$ на 1 га. За таких умов пігменти рослин будуть максимально поглинати фотосинтетично активну радіацію Сонця і вона перетворюватиметься на органічну речовину. При цьому ґрунт буде повністю екранований листям, тобто проективне покриття становитиме 100%. За такого проективного покриття сонячна радіація не потраплятиме безпосередньо на ґрунт. Подальше збільшення площі листків є малоефективним. Змикання травостоїв призводить до взаємозатінення, зменшення освітлення листків нижніх і середніх ярусів.

Кращі ті сорти, які мають близьке до вертикального розміщення листків. Нижні листки таких рослин отримують достатню кількість світла та оптимально фотосинтезують. Із багатьох культур кукурудза найближча до оптимальної структури листків, яка забезпечує їй максимальне поглинання сонячної радіації упродовж дня. Листковий апарат кукурудзи найкраще розміщений по вертикальному профілю. Сонце стоїть невисоко над землею, максимальне поглинання його променів забезпечують верхні листки з вертикальною чи близькою до неї орієнтацією; коли Сонце піднімається, особливо всередині дня, головну роль відіграють листки нижче розміщених ярусів, а верхні, не затінюючи їх, поглинають розсіяну сонячну радіацію.

Поглинання ФАР залежить від густоти стояння посівів. Для кожної культури вона різна. Оптимальна густота стояння для пшениці озимої складає 3,0–3,6 млн шт./га, ярих культур –

3,4–4,0, кукурудзи на зерно 45–55 тис. шт./га, буряків цукрових– 80–100, картоплі – не менше 50–60 тис.шт./га [57].

Виділяють такі шляхи збільшення використання ФАР культурними рослинами:

правильний вибір культур і сортів, які найбільше підходять до особливостей ФАР у даному географічному регіоні;

встановлення норм посіву і ступеня загущення рослин із урахуванням світлолюбності виду і сорту культури;

створення посівів з певною геометричною структурою і площею листя, яка забезпечуватиме найсприятливіші умови поглинання ФАР усією листковою поверхнею фітоценозу. Селекціонери працюють над створенням сортів із вертикальними, розсіченими, раціонально розміщеними в гущі посіву листками. Важливо, щоб нові сорти мали компактні кущі, сконцентроване у часі формування репродуктивних органів.

проведення агротехнічних заходів, спрямованих на краще забезпечення рослин вологою, поживними речовинами та іншими факторами з метою прискорення росту рослин і утворення оптимальної листкової поверхні [73].

### *2.2.2. Температура*

Тепловий режим ґрунту має значний вплив на характер та інтенсивність усіх фізичних, хімічних і біологічних процесів, які відбуваються у ґрунті. Інтенсивність хімічних реакцій, концентрація ґрунтового розчину, розчинність газів, інтенсивність біохімічної діяльності бактерій, швидкість розкладення органічних решток, життєдіяльність організмів регулюються температурою.

Серед природних чинників, які впливають на термічний режим ґрунту, крім сонячної радіації, найбільше значення мають рельєф, тип ґрунту, сніговий і рослинний покриви. Рельєф впливає через експозицію схилів, форму та висоту місцевості над рівнем моря. Термічний режим різних схилів неоднаковий. Це зумовле-

но величиною надходження сонячної радіації, вологістю ґрунту, потужністю та видовим різноманіттям травостою, силою вітру. Більше тепла отримують південні схили, потім східні та західні і найменше – північні. Ця закономірність пояснюється падінням інтенсивності сонячної радіації в тому самому напрямку і впливом вітрів – південних теплих і північних холодних, західних вологих і східних сухих. У від'ємних формах рельєфу, особливо в замкнутих улоговинах, завжди нагромаджується холодне повітря. Навіть улітку тут спостерігають понижені температури.

Ступінь нагрівання ґрунту залежить від його теплоємності, теплопровідності, а верхнього шару – ще й від випромінювання. При одній і тій самій величині сонячної радіації вологі ґрунти повільніше нагріваються й повільніше охолоджуються, а сухі, навпаки, швидше нагріваються і швидше охолоджуються. Навесні глинисті ґрунти холодніші, ніж піщані, а восени – навпаки. Найхолодніші з ґрунтів – болотні, оскільки моховий покрив майже не пропускає тепло. Взимку на температуру ґрунту значно впливає сніговий покрив. Сніг – поганий провідник тепла, і тому сніговий покрив захищає ґрунт і рослини від сильного охолодження.

Температура ґрунту має добову та річну періодичність. У добовому ході максимум припадає на денний час (близько 13 год.), мінімум – перед сходом Сонця. Нічне охолодження – наслідок випромінювання тепла земною поверхнею. Вже перед заходом Сонця радіаційний баланс стає від'ємним, тобто випромінювання перевищує інсоляцію. Спочатку знижується температура ґрунту, а потім – приземного шару повітря. Тому під час пізніх весняних і ранніх осінніх приморозків на ґрунті та верхній частині травостою з'являється іній, тоді як дещо вище цих поверхонь іще спостерігається додатна температура.

Температура не задернованого ґрунту взимку завжди нижча, а влітку вища, ніж ґрунту, вкритого снігом у холодний період або рослинністю в теплий період року. Взимку добова зміна

температур виявляється виразно тільки за недостатньої товщі снігового покриву. Річна зміна у помірних широтах характеризується одним максимумом у червні або липні й одним мінімумом у січні або лютому.

Глибина промерзання ґрунту перебуває в оберненій залежності від висоти снігового покриву. Під трав'яним покривом ґрунт промерзає на меншу глибину, ніж незадернований. Наявність моху і дернини на лучних ґрунтах зменшує глибину їхнього промерзання. У лісі ґрунт промерзає менше, ніж на полі, крім того, промерзання лісових ґрунтів залежить від складу насаджень, їхнього віку та густоти.

Рослинний покрив впливає на температуру ґрунту, затінюючи його поверхню від сонячної радіації вдень і затримуючи тепло вночі. Рослини висушують ґрунт унаслідок транспірації, витрати тепла на свою життєдіяльність та шляхом утруднення турбулентного перемішування повітря. Вплив трав'янистої рослинності на температуру ґрунту залежить від її густоти (рясності), а деревної – від зімкнутості листкової поверхні. Значний трав'яний покрив улітку різко знижує температуру грунту. Лісова рослинність охолоджує ґрунт улітку та утеплює взимку, тому річна амплітуда температури ґрунту в лісі менша, ніж на полі [56].

Річний хід температури залежить від географічної широти місцевості та характеру підстилаючої поверхні. Середні річні температури повітря і ґрунту зростають з півночі на південь і зі сходу на захід (див. табл. 2.19).

Зауважимо, що амплітуда температури повітря з півночі на південь залишається майже незмінною, тоді як річна амплітуда температури ґрунту на глибинах 20 і 160 см зростає. Із заходу на схід амплітуда температури повітря помітно збільшується, а в ґрунті ці зміни менше відчутні. Найбільші відмінності в температурі ґрунту між окремими ґрунтовими зонами відзначаються у теплий період року, найменші – в холодний. Середньорічна температура ґрунту вища від середньорічної температури повітря. Різниця між

ними зменшується у південному напрямку, від полярного поясу до субтропічного.

Відповідно зі зміною температури повітря змінюється і теплозабезпечення природних по-

*Таблиця 2.19*

**Розподіл кліматичних показників температурного режиму ґрунтів (за В.М. Дімо, 1964)**

| Зона, ґрунти | Середні річні температури, °С | | | Річні амплітуди температури, °С | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | повітря | ґрунту на глибині, см | | повітря | ґрунту на глибині, см | |
| | | 20 | 160 | | 20 | 160 |
| Зона підзолів і підзолистих ґрунтів північної і середньої тайги | 0–2 | 4–5 | 4–5 | 28–30 | 16–18 | 7–9 |
| Зона дерново-підзолистих ґрунтів південної тайги | 2–4 | 5–7 | 5–7 | 28–30 | 17–20 | 9–12 |
| Зона сірих лісових ґрунтів, чорноземів опідзолених, вилугуваних, типових лісостепу | 3–7 | 7–9 | 7–9 | 28–30 | 19–22 | 10–13 |
| Зона чорноземів звичайних і південних степу | 7–9 | 9–11 | 9–11 | 26–29 | 22–24 | 12–14 |
| Зона темно-каштанових і каштанових ґрунтів сухого степу | 9–11 | 11–13 | 11–13 | 25–27 | 23–25 | 13–15 |

ясів. За тепловим режимом у північній півкулі виділяють п'ять поясів: полярний, бореальний, суббореальний, субтропічний і тропічний. Межі поясів характеризуються певними сумами се-

*Таблиця 2.20*

**Забезпечення теплом географічних поясів північної півкулі (за Г.В. Добровольським, І.С. Урусєвською, 2004)**

| Географічний пояс | Сума активних температур на південній межі поясів | |
|---|---|---|
| | на заході Євразії | на сході Євразії |
| Полярний | 400–600 | 400–600 |
| Бореальний | 2400 | 1800 |
| Суббореальний | 4000 | 3200 |
| Субтропічний | 8000 | 7000 |
| Тропічний | >8000 | >7000 |

редньодобових температур понад 10°С (активними температурами), оскільки це основний період вегетації рослин (див. табл. 2.20).

Суми активних температур ґрунту на глибині 20 см теж зростають з півночі (<400°С) на південь (6800°С і більше) [29].

Температурні умови вегетації – найважливіший чинник життя рослин. У межах від 0 до 35°С вплив температури загалом такий: підвищення температури на 10°С подвоює швидкість росту рослин. Після 35–40°С швидкість росту спадає до нуля. У холодостійких культур (жито, пшениця, ячмінь, овес, горох, конюшина) мінімальна температура проростання насіння 0–2°С тепла. Зимуючі культури після загартування можуть переносити зниження температури до мінус 10–20°С. Мінімальна температура проростання насіння у середньо холодостійких культур (буряк, соняшник, боби, люпин, льон) коливається у межах 3–6°С. Насіння теплолюбних культур починає проростати за температури 8–14°С (кукурудза, просо, сорго, квасоля, соя, рис).

Для розвитку деяких рослин на початку вегетації потрібні мінусові значення температури. Зниження температури сприяє якісним біохімічним змінам у конусі проростання озимих рослин під час стадії яровизації. Це зумовлює вихід у трубку тонконогових, гілкування бобових та хрестоцвітих і настання генеративних фаз. Без проходження стадії яровизації при зниженій температурі генеративний період в озимих культур не настає. Це означає, що висіяні навесні озимі формуватимуть тільки вегетативну масу, не утворюючи зерна.

Для завершення повного циклу розвитку кожна культура впродовж вегетаційного періоду повинна отримати певну суму фізіологічно активних температур, за яких активно відбуваються процеси життєдіяльності в рослині. Мінімальними фізіологічно активними температурами (фізіологічний мінімум) для холодостійких культур є температура понад 5°С, для теплолюбних – вище 10°С. Для кожної культури потрібна певна сума фізіологічно активних температур (див. табл. 2.21). Для ячменю вона становить 1700–2100°С, буряка цукрового – 2400–3700°С, рису – до 4000°С. За нестачі температур культура не дозріває.

*Таблиця 2.21*

**Вегетаційний період сільськогосподарських культур [17]**

| Культура | Група стиглості* | Довжина вегетаційного періоду | Сума активних температур |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Зернові культури | | | |
| Овес | 1 | 60–80 | 800–1 200 |
| | 2, 3, 4 | 80–100 | 1 200–1 600 |
| | 5 | 100–120 | 1 600–2 000 |
| Ячмінь | 1, 2 | 60–80 | 800–1 200 |
| | 3, 4, 5 | 80–100 | 1 200–1 600 |
| Пшениця яра | 1 | 80–100 | 1 200–1 600 |
| | 2, 3 | 100–120 | 1 600–2 000 |
| Жито озиме | 1, 2 | 80–100 | 1 200–1 600 |
| | 3 | 100–120 | 1 600–2 000 |
| Гречка | 1 | 60–80 | 800–1 200 |
| Просо | 1, 2 | 60–80 | 1 100–1 300 |
| | 3, 4 | 80–100 | 1 300–1 600 |
| | 5 | 100–120 | 2 000–2 400 |
| Сорго | 1, 2 | 100–120 | 2 000–2 400 |
| | 3, 4 | 120–140 | 2 400–2 800 |
| | 5 | 140–160 | 2 800–3 200 |
| Кукурудза | 1 | 100–120 | 2 000–2 200 |
| | 2, 3 | 120–140 | 2 200–2 600 |
| | 4, 5 | 140–160 | 2 600–3 200 |
| Горох | 1 | 60–80 | 800–1 200 |
| | 2, 3, 4 | 80–100 | 1 200–1 600 |
| | 5 | 100–120 | 1 600–2 000 |
| Чина | 1 | 80–100 | 1 200–1 600 |
| | 2, 3 | 100–120 | 1 600–2 000 |
| Нут | 1, 2 | 80–100 | 1 200–1 600 |
| | 3 | 100–120 | 1 600–2 000 |

*Закінчення табл. 2.21*

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| Вика яра | 1 | 80–100 | 1 200–1 600 |
| | 2 | 100–120 | 1 600–2 000 |
| Кормові боби | 1 | 80–100 | 1 200–1 600 |
| | 2, 3 | 100–120 | 1 600–2 000 |
| Люпин синій і жовтий | – | 100–120 | 1 600–2 000 |
| Соя | 1 | 100–120 | 2 000–2 400 |
| | 2 | 120–140 | 2 400–2 800 |
| | 3 | 140–160 | 2 300–3 200 |
| Льон | 2 | 80–100 | 1 200–1 600 |
| | 3 | 100–120 | 1 600–2 000 |
| Кормові культури | | | |
| Ріпак | – | 40–55 | 700–800 |
| Гірчиця | – | 40–55 | 600–800 |
| Горох | – | 40–60 | 700–1 000 |
| Соя | – | 55–65 | 900–1 200 |
| Вика яра | – | 50–60 | 800–1 000 |
| Кормові боби | – | 50–60 | 800–1 000 |
| Гречка | – | 30–50 | 500–800 |
| Овес, ячмінь | – | 40–60 | 600–1 000 |
| Чина | – | 50–70 | 1000–1 200 |
| Кукурудза | – | 60–80 | 1 000–1 500 |
| Сорго | – | 65–90 | 1 300–1 600 |
| Соняшник | – | 60–80 | 1 200–1 400 |
| Коренеплоди | | | |
| Буряк кормовий | 1 | 100–120 | 1 600–2 000 |
| | 2 | 120–140 | 2 000–2 400 |
| | 3 | 140–160 | 2 400–2 800 |
| Картопля | 1 | 60–80 | 1 000–1 200 |
| | 2 | 80–100 | 1 200–1 600 |
| | 3 | 100–120 | 1 600–2 000 |

**Примітка:* 1 – скоростиглі; 2 – середньоранні; 3 – середньостиглі; 4 – середньопізні; 5 – пізньостиглі.

Перехід середньодобової температури повітря через 0°С, що є ознакою початку весни, в західних областях України відбувається у другій декаді березня. Тоді можна починати сівбу холодостійких культур.

Перехід температури через +5°С є ознакою початку вегетаційного періоду навесні і закінчення його восени в озимих і холодостійких культур. Навесні така температура спостерігається в кінці першої декади квітня. У цей час можна висівати середньохолодостійкі культури. Тривалість періоду з температурою вище +5°С перевищує 200 днів.

Перехід середньодобової температури через +10°С навесні характеризує початок активного росту і розвитку рослин, а восени, навпаки, уповільнює вегетацію. Тривалість цього періоду – понад 150 днів. Температура, вища за +10°С, має назву активної.

Перехід середньодобової температури через +15°С означає початок літа і відбувається у травні. Це період активного росту і розвитку усіх культур. Тривалість цього періоду в умовах західної України 90–110 днів, на Закарпатті – 130 днів.

Сонячна радіація має і негативний вплив на продуктивність агроценозів. Так, у сонячний день відкрита поверхня ґрунту нагрівається до 70°С, при цьому близько 97% накопиченої енергії ґрунт випромінює у простір у вигляді теплової енергії, яка негативно впливає на культурні рослини. Кількість води, яку випаровує зріджений рослинний ценоз у спекотний день, у 4–5 разів більша, ніж цей показник у ценозу з 100% проективним покриттям. Тому зріджені посіви частіше, раніше та на тривалий час потрапляють у стресову ситуацію. Зменшення листкового індексу до 0,8–0,9 в оптимальні роки спричиняє зменшення урожаю в чотири рази, а в екстремальні – у 12 разів. Для зменшення негативного впливу температурного фактора на продуктивність можна використовувати такі заходи:

перехресна сівба, використання якої дає рівномірніше розміщення насіння на площі;

напрям сівби. Розташування рядків із сходу на захід дає можливість рослинам у найбільш спекотні години затіняти більшу частину ґрунту у міжряддях (урожайність зростає на 20–25%);

використання стартових добрив дає змогу одержати дружні добре розвинуті сходи рослин;

мульчування ґрунту зменшує коливання температури ґрунту вдень і вночі.

Тепловий режим у польових умовах можна регулювати різними заходами: снігозатриманням, полезахисними лісопосадками, мульчуванням ґрунту, димовими хмарами, створенням туману, способами і строками сівби, внесенням добрив тощо.

### *2.2.3. Вода*

Роль води в житті ґрунту, а також його живої фази дуже важлива і багатогранна. Наявність води – одна з основних умов виникнення і розвитку ґрунтотворного процесу. За різної кількості вологи, навіть в одному термічному поясі формуватимуться зовсім інші ґрунти. На різних елементах рельєфу ступінь зволоження різний. На основі цього С.С. Неуструєв виділяв ґрунти автоморфні, які утворилися на рівнинних дренованих ділянках і не піддаються перезволоженню за рахунок притоку ґрунтових або поверхневих вод, і гігроморфні – надміру зволожені.

Одним з основних джерел зволоження ґрунтів є атмосферні опади. Незначна кількість вологи утворюється при конденсації парів води з повітря. Поповнення запасів ґрунтової води може відбуватися за рахунок ґрунтових вод за наявності капілярного зв'язку їх з ґрунтом. Витрата води в ґрунті зумовлена здебільшого випаровуванням, десукцією і стоком. Залежно від величини водного балансу розрізняють типи водного режиму ґрунтів. Основоположник ґрунтової гідрології Г.М. Висоцький виділив чотири основних типи водного режиму ґрунтів: промивний, непромивний, випітний, водозастійний. За різних типів водного режиму формуються різні ґрунти, які відрізнятимуться за продуктивністю.

Вода є основною частиною органів рослин. Різні рослини й різні їхні частини містять неоднакову кількість води. Так, у листках трав'янистих рослин її вміст становить близько 90%, у стеблах – до 50%, а в стиглому насінні – близько 10–15%. Особливо багато її у молодих органах, що ростуть. Вода потрібна рослинам вже на початку проростання насінини. Перед проростанням насінина повинна увібрати певну кількість води, набубнявіти. У насіння різних культур ці потреби неоднакові. Так, для набубнявіння насіння проса досить 25% води від його маси, насіння хлібних культур – 45–60, льону – 100, а буряків цукрових – 120%. Під час набубнявіння насінина ще не має ніяких органів для засвоєння води з ґрунту і може використовувати лише ту вологу, яка є безпосередньо біля неї. Тому дуже важливо висівати насіння в шар ґрунту, забезпечений достатньою кількістю вологи.

Значно зростає потреба рослин у воді після проростання насінини, коли починають розвиватися надземні частини. Це пов'язано насамперед з тим, що різко збільшується потреба рослин у мінеральних поживних речовинах, які можуть бути засвоєні рослиною лише у вигляді дуже розбавлених розчинів – 1–5 г на 3000 г води.

Вода бере безпосередню участь у синтезі органічних сполук і захищає рослинний організм від перегрівання. За участю води в рослині відбувається і багато інших життєво важливих процесів. Хімічні і біохімічні процеси в клітині можуть відбуватися лише у рідкому середовищі. Водний обмін включає чотири основних процеси: поглинання води рослиною, рух води в рослині, виділення води рослиною і засвоєння води рослиною. Тільки 0,2% води засвоює рослина для побудови своїх органів, решта (99,8%) – випаровується. Випаровування відбувається зазвичай через продихи. Якщо води не вистачає, продихи можуть закриватися, зменшуючи інтенсивність випаровування. Це відіграє важливу роль в економному витрачанні вологи рослинами в посушливих умовах. Випаровування води листям

– складний фізіологічний процес, який називають ***транспірацією***. Транспірація має важливе значення у житті рослин. Завдяки їй в клітинах листків виникає сисна (вбирна) сила, а вода з розчиненими поживними речовинами весь час надходить до надземних органів.

Випаровування води листям знижує температуру рослини, захищаючи її від перегрівання, що забезпечує нормальний перебіг фотосинтезу та інших процесів життєдіяльності навіть у спекотні дні.

Завдяки транспірації одночасно з водою відбувається переміщення поживних речовин від коренів до листків. Коли випаровування води листками переважає над її надходженням з ґрунту, рослини зменшують тургор (гідростатичний тиск) і в'януть. В'янення ще не означає загибелі рослин. Своєчасне надходження води відновлює тургор. В'янення – дуже дієвий спосіб затримати транспірацію у найбільш небезпечні для рослини періоди, оскільки втрати води зменшуються у 5–10 разів. Кількість води в грамах, що витрачається на нагромадження 1 г сухої речовини, називається ***транспіраційним коефіцієнтом***. Залежно від виду рослини і зовнішніх умов він коливається від 125 до 1000 (див. табл. 2.22). Цей показник характеризує відношення культури до вологи.

Знаючи транспіраційний коефіцієнт, не важко підрахувати, скільки води виносить урожай з 1 га посіву. Якщо, наприклад, озима пшениця має транспіраційний коефіцієнт 400 (на удобрених площах він нижчий, а на неудобрених – вищий), то при врожаї 30 ц зерна і 45 ц соломи з гектара буде витрачено 3000 т, води [(30 + 45) · 400]. Для точнішого підрахунку треба провадити обчислення не на всю масу врожаю, а лише на суху речовину, і тому із загальної суми врожаю віднімають відповідну кількість води, яка в ньому міститься, і додають ту кількість води, яка витрачена на побудову маси коренів.

Транспіраційний коефіцієнт навіть в одного виду рослин дуже змінюється залежно від зовнішніх умов: вологості і температури повітря, величини сонячної інсоляції, сили вітру тощо. Транспіраційний коефіцієнт зростає удвічі-тричі навіть за слабкого вітру. При сильному вітрі випаровується у 20 разів більше води, ніж у безвітряну погоду. Неоднаковий він і в різних сортів одного виду культури. Транспіраційний коефіцієнт у люцерни становить 700–1000 і більше, у хлібних злаків – 400–500. Найменший він у проса, сорго, кукурудзи – 250–350.

*Таблиця 2.22*

**Транспіраційний коефіцієнт польових культур (за В.В. Лихочвором, 2004)**

| Культура | Коефіцієнт | | Культура | Коефіцієнт |
|---|---|---|---|---|
| Сорго | 150–200 | | Кормові боби | 700–800 |
| Просо | 200–250 | | Люцерна | 700–900 |
| Кукурудза | 230–300 | | Конопля | 600–700 |
| Соняшник | 300–400 | | Конюшина | 500–600 |
| Буряк цукровий | 240–400 | | Овес | 450–500 |
| Пшениця озима | 340–420 | | Пшениця яра | 320–470 |
| Жито озиме | 300–420 | | Картопля | 400–650 |
| Ячмінь | 300–450 | | Горох | 400–600 |

У деяких рослин існує кореляційна залежність між величиною транспіраційного коефіцієнта і посухостійкістю. Так, просо, сорго й кукурудза, які мають низький транспіраційний коефіцієнт, посухостійкіші, оскільки економніше витрачають вологу, завдяки наявності певних фізіологічних і анатомо-морфологічних пристосувань.

Потреби рослин у воді не зводяться лише до витрати її на випаровування. Певна частина води використовується у процесі фотосинтезу на утворення органічної речовини, частина випаровується з поверхні ґрунту. Тому, крім власного водоспоживання рослиною, розрізняють ще сумарне водоспоживання рослинами й ґрунтом, яке з розрахунку на одиницю врожаю визначає ***коефіцієнт водоспоживання***. Наприклад,

на 1 ц зерна він становить близько 100 м$^3$, на 1 ц коренеплодів буряків цукрових – близько 10 м$^3$. Величина коефіцієнта водоспоживання значною мірою залежить від того, скільки води є в ґрунті.

Основним джерелом забезпечення рослин вологою є атмосферні опади (окрім районів, де застосовують зрошення). Кількість опадів вимірюють товщиною шару води (в міліметрах), який повинен був би утворитися на поверхні землі при повній відсутності втрат. Кожен міліметр опадів дає 10 т води на гектар. Оскільки значна частина цієї води випаровується з поверхні ґрунту або стікає, вологи залишається в ньому набагато менше.

Велике значення для створення врожаю мають строки випадання опадів. Так, дощі в другій половині літа вже не приносять користі зерновим культурам, які достигають або вже достигли. Проте вони дуже важливі для озимих посівів, картоплі, кукурудзи, буряків цукрових та інших культур. Періоди найбільшої потреби рослин у воді називають критичними. Важливу роль для озимих і ранніх зернових культур відіграють опади навесні та восени, коли температура повітря знижена, а відносна вологість підвищена. За таких умов випаровування з ґрунту зменшується і опади використовуються найповніше.

Опади у вигляді снігу, на які припадає близько 30% річної кількості опадів, якщо не застосовувати спеціальних заходів для їхнього затримання, використовуються рослинами мало. Взимку багато снігу здувається, а навесні після його танення чимало води стікає у яри та річки. Підраховано, що без штучного затримання снігу на полях використовується не більше 50% снігової води.

Вміст оптимальної кількості вологи в ґрунті є обов'язковою умовою для нормального розвитку рослин і дуже впливає на надходження в них елементів живлення. Негативний вплив надлишкової вологості ґрунту на поглинання елементів живлення може проявитися в однобічному

підвищенні доступності деяких іонів, зокрема, солей феруму й мангану, нагромадження яких у рослині в цьому випадку досягає токсичного рівня.

У разі дефіциту вологи порушується узгодженість у роботі ферментних систем, підсилюються процеси гідролізу і розпаду органічних речовин, різко знижується інтенсивність фотосинтезу, припиняється ріст рослин.

Кількість води, потрібної для створення одиниці сухої речовини, значно зменшується в умовах достатнього забезпечення елементами живлення. Кращі умови живлення сприяють продуктивнішому використанню вологи; у разі достатнього забезпечення вологою підвищується віддача від внесення добрив, що засвідчує практика застосування добрив в умовах зрошуваного обробітку ґрунту.

На більшій частині території України сільськогосподарські культури відчувають нестачу вологи, що негативно позначається на продуктивності рослин та їхній урожайності, на ефективності затрат праці й коштів, вкладених у виробництво.

Нестача вологи в ґрунті негативно позначається також на якості врожаю. Особливо погіршується якість зерна хлібних злаків унаслідок так званого запалу. Це явище частіше буває в степових районах, але іноді спостерігається і в центральних районах країни в другій половині вегетаційного періоду під час наливання зерна. Нестача вологи в ґрунті у цей період за жаркої погоди призводить до того, що інтенсивність випаровування води перевищує швидкість надходження її в рослину. У такому разі листки відтягують вологу від колоса і зерна. Внаслідок цього зерно перестає наливатися, крохмаль та інші органічні сполуки не синтезуються, зернини, не налившись, засихають, а в деяких колосках і зовсім не утворюються. Запал посилюється, якщо в цей час дмуть південно-східні вітри-суховії, які ще більше висушують ґрунт і рослину.

Щоб запобігти таким явищам, в умовах недостатнього й нестійкого зволоження особливу

увагу треба приділяти відповідним агротехнічним заходам, спрямованим на нагромадження максимальної кількості вологи в ґрунті і на зменшення непродуктивних її втрат. Серед таких заходів найважливішими є: знищення бур'янів, правильна система обробітку ґрунту, науково обґрунтоване чергування сільськогосподарських культур, удобрення ґрунту й поліпшення його структури, створення полезахисних лісонасаджень тощо. У посушливих районах радикальним заходом поліпшення водного режиму і запорукою вирощування гарантованих урожаїв є організація штучного зрошення.

Культурні рослини (окрім рису) можуть потерпати не лише від нестачі вологи, а й від надмірної кількості її в ґрунті. У перезволожених ґрунтах вода витісняє повітря і наявний у ньому оксиген, потрібний для кореневої системи рослин, унаслідок чого умови росту рослин дуже погіршуються. Тривале затоплення водою у низинах призводить до вимокання посівів. Умови росту рослин у таких випадках поліпшують відведенням надмірної кількості води, споруджуючи для цього осушувальні системи.

Встановити залежність характеру ґрунтового покриву і продуктивності ґрунтів від гідротермічних умов можна, використовуючи гідротермічні коефіцієнти. Г.Т. Селянинов для визначення забезпечення теорії вологою запропонував ***гідротермічний коефіцієнт (ГТК)*** – відношення суми опадів (в мм) за період з температурою понад 10°С до суми температур (в °С) за той самий період, збільшене у 10 разів. Величина ГТК, яка становить 0,5 і менше, означає „сухо", 0,6–1,0 – „посушливо", 1,1–1,5 – „волого", 1,6–2,0 – „дуже волого".

Широко використовується ***радіаційний індекс сухості R/Lr***, де $R$ – річний радіаційний баланс земної поверхні, ккал/см$^2$; а $Lr$ – тепло, необхідне для випаровування річної кількості атмосферних опадів, $r$ – кількість опадів, $L$ – прихована теплота пароутворення (М.І. Будико, 1948). Цей коефіцієнт поєднує теплові (енергетичні) умови і ступінь вологозабезпечення те-

риторії. М.І. Будико показав, що ізолінії індексу сухості збігаються з межами природних зон, і сформулював (разом з А.А. Григор'євим) періодичний закон географічної зональності, за яким у різних теплових поясах одним і тим самим величинам радіаційного індексу сухості відповідають природні зони, подібні за деякими суттєвими ознаками.

Величина вказаного індексу наближується до одиниці там, де вся кількість тепла витрачається на випаровування вологи. Такі території відрізняються найвищою продуктивністю біомаси (див. табл. 2.23). Причому найбільший приріст наземної рослинної маси відзначається при значенні індексу сухості дещо менше одиниці (умови деякого надлишку вологи). Такі умови відповідають північній межі лісостепу.

У випадку диспропорції між величиною річного радіаційного балансу і річних опадів, що спричинено надлишком останніх, радіаційний індекс сухості буде меншим від одиниці, за нестачі річних опадів – більшим за одиницю.

*Таблиця 2.23*

**Значення радіаційного індексу сухості для різних природних зон**

**(за А.А. Григор'євим, М.І. Будико, 1965)**

| Зони і підзони | R/Lr |
|---|---|
| Північна тундра | 0,37–0,40 |
| Південна тундра | 0,40–0,55 |
| Лісотундра | 0,55–0,56 |
| Північна тайга | 0,56–0,60 |
| Середня тайга | 0,60–0,75 |
| Південна тайга | 0,75–0,85 |
| Широколистяні ліси | 0,85–1,00 |
| Лісостеп | 1,00–1,30 |
| Степ | 1,30–2,50 |
| Північні напівпустелі | 2,50–4,00 |
| Південні напівпустелі та пустелі | 3,00–15,00 |

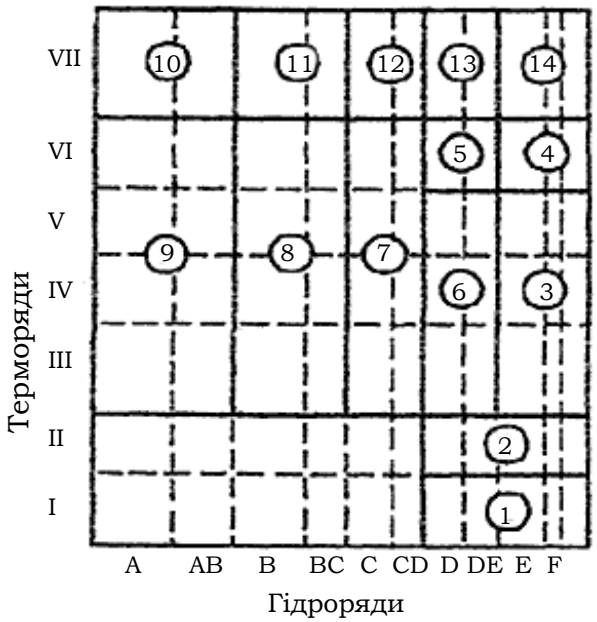



Рис. 2.3. Розміщення ґрунтових поєднань у системі гідротермотипів (за В.Р.Волобуєвим, 1956).

*Ґрунтові поєднання:* 1 – тундрові, 2 – лісотундрові, 3 – дерново-підзолисті, 4 – жовтоземні, 5 – коричневоземні, 6 – чорноземні, 7 – каштановоземні, 8 – сіроземні, 9 – світлоземні, 10 – пустельно-тропічні, 11 – світло-червоноземні, 12 – сухосаванні, 13 – червоно-буроземні, 14 – червоноземні.

*Гідроряди:* A – пустельний, B – сіроземний (напівпустельний), C – каштановий (сухостеповий), D – чорноземний (помірного зволоження), E–F–G – підзолисті (вологі).

*Терморяди:* I – арктичний, II – субарктичний, III –помірно холодний, IV – помірний, V – помірно теплий, VI – субтропічний, VII – тропічний.

Волобуєв В.Р., зіставивши карту ґрунтів світу, карти річної кількості опадів і карти середньорічної температури, по всіх великих контурах ґрунтів відзначив гідротермічні характеристики. Вони були нанесені на координатний графік, де по осі абсцис відкладено річну кількість опадів, а по осі ординат – радіаційний баланс. Аналіз сукупності ґрунтово-кліматичних ареалів дав змогу В.Р. Волобуєву виявити на графіку певні криволінійні ряди, за якими розподілялися всі ареали послідовно від засушливих до сильно зволожених. Ці ряди він назвав гідрорядами. Гідроряди об'єднують ґрунти з подібним водним режимом і міграцією речовин у ґрунтовому профілі. Виділено також терморяди, які об'єднують ґрунти з однаковим енергетичним рівнем ґрунтоутворення. Всього було виділено 7 гідрорядів і 7 терморядів.

Система гідро- і терморядів, які розділяли координатний графік на сукупність гідротермічних полів, була названа системою ґрунтових гідротермотипів. Автор виділив 14 ґрунтових поєднань, які однотипно пов'язані з умовами середовища і розвиваються в однотипній біогеохімічній ситуації (див. рис. 2.3) [29].

***2.2.4. Повітря*** Повітря має не менш важливе значення для рослин, ніж світло й тепло. Це пояснено насамперед тим, що в ньому міститься оксиген (21%), потрібний для дихання рослин і життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів, та діоксид карбону, який рослини засвоюють у процесі фотосинтезу. Дихання – це складна послідовність окисно-відновних процесів.

Суть *дихання* полягає у біологічному окисненні органічних речовин (вуглеводів, жирів, органічних кислот), під час якого вивільнюється енергія. Близько половини її використовують рослини в процесі життєдіяльності, а решта перетворюється на теплову енергію і розсіюється. У повітря виділяються також продукти розпаду органічних речовин – діоксид карбону і вода. У загальному вигляді цей процес можна зобразити так:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 674 \textit{ ккал.}$$

Отже, процес дихання протилежний фотосинтезу. Проте фотосинтез відбувається набагато інтенсивніше, ніж дихання, тому в рослинах нагромаджуються органічні речовини. За добу зелені рослини витрачають на дихання у середньому близько половини органічних речовин, що утворилися під час фотосинтезу. Друга половина складними біохімічними шляхами перетворюється на білки, нуклеїнові кислоти, жири та інші складові частини рослини. Ці перетворення починаються з біологічного окиснення вуглеводів.

Інтенсивність дихання значно залежить від зовнішніх умов, насамперед температури й вологості. Так, під час посухи витрати органічних речовин на дихання можуть перевищити їхній синтез. Сухе зерно дихає дуже погано. З підвищенням вологості інтенсивність дихання зерна зростає, що може призвести до його псування.

Дихають не лише надземні частини рослин, але й підземні – корені, бульби тощо. Отже, наявність повітря у ґрунті, зокрема достатній вміст оксигену, має важливе значення. До того ж на-

явність оксисену в ґрунті має вирішальне значення для життєдіяльності величезної кількості корисних мікроорганізмів, які беруть участь у розкладанні органічних речовин і утворенні мінеральних сполук, тобто нагромадженні доступних для рослин поживних речовин. Якщо оксисену в ґрунті не вистачає, замість корисних мінеральних сполук можуть нагромаджуватися шкідливі для рослин закисні сполуки.

Вміст оксисену у повітрі орного шару мало відрізняється від атмосферного і становить 18–20%. У глибших шарах, а також на перезволожених і заболочених ґрунтах за надмірного ущільнення та запливання вміст повітря і оксигену помітно знижується. За таких умов коріння більшості сільськогосподарських культур перестає розвиватись і може частково відмирати, рослини відстають у рості, знижується урожайність, іноді це призводить до загибелі рослин.

Діоксид карбону рослини використовують для синтезу вуглеводів, білків і жирів. Рослини засвоюють його не тільки з атмосфери, а й з ґрунту. В повітрі орного шару міститься від 0,15 до 2% діоксиду карбону. Корінням рослина вбирає діоксид карбону і переносить до листків, де під дією сонячної енергії він перетворюється на органічні сполуки. Дослідами встановлено, що через корені може надійти до 25% і більше від загальної кількості асимільованого карбону.

У ґрунті регулярно відбувається обмін повітря. Удень ґрунт нагрівається і збільшує свій об'єм. Разом з ґрунтом нагрівається й ґрунтове повітря. Оскільки повітря розширяється набагато більше, ніж тверда частина ґрунту, воно вивільнюється і надходить в атмосферу. Вночі все відбувається у зворотному напрямі. Так відбувається добове „дихання грунту". Його інтенсивність залежить насамперед від амплітуди коливань температури ґрунту. Так, за коливання добової температури на 10 °С газообмін становить 12%, тобто повний газообмін відбудеться за 8 днів. На газообмін впливають також дифузія газів, чергування зволоження і висушування ґрунту, зміна атмосферного тиску і вітер.

Найенергійніше відбувається газообмін під час випадання атмосферних опадів, коли ґрунт промочується водою.

Рівень аерації ґрунту, тобто кількість шпар, заповнених повітрям, – найважливіший показник фізичних властивостей ґрунту. Переущільнені ґрунти мають низький вміст повітря і знижують продуктивність посівів.

Найбільш чутливі до нестачі повітря бульбо- і коренеплоди, бобові, олійні культури. Обмаль оксигену в ґрунті затримує розвиток кореневої системи і поглинання нею елементів живлення, рослини не можуть сформувати добре розвинену вегетативну масу.

Важливе значення для поліпшення газообміну мають: внесення органічних добрив; глибоке розпушування ґрунту; знищення ґрунтової кірки, яка перешкоджає проникненню повітря в ґрунт; розпушування міжрядь під час вегетації рослин. Регулярне внесення органічних добрив, заорювання кореневих і стеблових решток, соломи і сидератів має велике значення для збагачення ґрунту органікою, поліпшення його структури й умов аерації.

## *2.3. Закони продуктивності рослин*

Поєднання фотосинтезу, живлення рослин і морфогенезу є основою теорії продуктивності рослин. Вона створена досягненнями фундаментальних наук (хімії, біотехнології, генетики, молекулярної біології, математики, фізики, біохімії, фізіології рослин, кібернетики тощо) та поєднанням досягнень спеціальних наук (агрохімія, ґрунтознавство, метеорологія, землеробство, рослинництво тощо).

На сьогодні існує факторіальна теорія продуктивності рослин (з лат. *factor* – той, що робить). Свого часу К.А. Тімірязєв підкреслював, що знати потреби рослини – це галузь теорії, а задовольняти ці потреби з прибутком для себе – головне завдання практики.

Ми розглянули фактори життя рослин і їхній вплив на життєдіяльність та продуктивність

сільськогосподарських культур. Пізнання вимог рослин до цих факторів та розроблення заходів для їхнього регулювання є важливим фактором підвищення біопродуктивності ґрунтів.

Розглянуті фактори життя рослин поділяють на дві групи: *фактори космічні* й *фактори земні.* Світло і тепло є факторами космічного порядку. Вплинути на збільшення надходження їх у виробничих умовах ми поки що не можемо, окрім закритого ґрунту. Поживні речовини і вода – фактори земні. Вони надходять у рослину здебільшого через корені з ґрунту, діючи на який можна цілеспрямовано регулювати задоволення потреб рослин у цих факторах. Тому для підвищення продуктивності ґрунтів необхідно створити в ґрунті умови, за яких рослина могла б безперервно та одночасно отримувати з ґрунту оптимальну кількість вологи й поживних речовин.

Учені різних галузей науки працювали над встановленням загальних закономірностей взаємозв'язку рослин з окремими факторами їхнього життя. У результаті було встановлено основні об'єктивно діючі закони в землеробстві, які становлять основу його раціонального ведення.

*Перший закон*, який сформулював академік В.Р. Вільямс, – ***закон незамінності і рівнозначності факторів життя рослин***. За цим законом рослини повинні бути своєчасно забезпечені всіма потрібними для їхнього життя факторами й жодного з них не можна замінити іншим. Наприклад, скільки б ми не вносили добрив, це не може компенсувати нестачі води, так само як нітроген не можна замінити фосфором або калієм.

При цьому всі фактори життя рослин рівнозначні, тобто однаково потрібні рослинам, незалежно від кількості, в якій рослини їх використовують. Відомо, що рослини беруть з ґрунту води в кілька тисяч разів більше, ніж поживних речовин. Але це не означає, що вода є важливішою умовою для життя рослин, ніж поживні речовини. Нормальний розвиток

рослини може бути порушений, і вона може навіть загинути і в тому разі, коли потреба рослини в якомусь мікроелементі, якого вона використовує в мінімальній кількості, не буде задоволена.

*Другий закон* землеробства – ***закон мінімуму, оптимуму й максимуму***. Ще в першій половині XIX ст. видатний німецький вчений Юстус Лібіх, який розробив теорію мінерального живлення рослин і показав значення мінеральних добрив, сформулював закон мінімуму, за яким величина врожаю будь-якої рослини значно залежить від того фактора, який є в мінімумі. Якщо буде задоволено потребу рослин у ньому, врожай підвищуватиметься, доки він не буде обмежений якимось іншим фактором, що виявиться у мінімумі. Його наочно ілюструє так звана „діжка Добенека" (див. рис. 2.4).

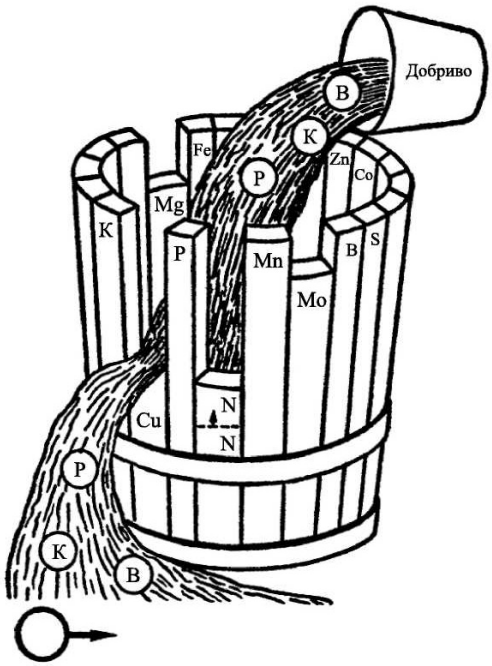



Рис. 2.4. Діжка Добенека
Вплив елементів живлення на підвищення врожайності
Cu, N, Mg, Mo – максимальний ефект,
P, K, B – неефективні

Якщо умовно прийняти, що клепки діжки відображають забезпеченість рослин факторами, елементами, то обмежувальним фактором продуктивності є фактор в мінімумі.

*Таблиця 2.24*

**Нормування параметрів агроекологічних умов росту сільськогосподарських культур (за В.В. Медведєвим, 1997)**

| Показники | Умови* | Пшениця озиае | Жито озиме | Ячмінь ярий | Овес | Кукурудза на зерно | Буряк цукровий | Соняшник | Картопля | Льон-довгунець |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. Потужність гумусованого шару, см | о<br>д<br>н | >65<br>35–65<br><35 | >60<br>25–60<br><25 | >65<br>30–65<br><30 | >60<br>25–60<br><25 | >65<br>35–65<br><35 | >70<br>40–70<br><40 | >65<br>35–65<br><35 | >55<br>25–55<br><25 | >50<br>25–50<br><25 |
| 2. Гранулометричний склад** | о<br>д<br>н | 2, 3, 4<br>1<br>5, 6 | 3, 4<br>1, 2, 5<br>6 | 2, 3, 4<br>1<br>5, 6 | 2, 3,4<br>1, 5<br>6 | 1, 2, 3<br>4<br>5, 6 | 2, 3,4<br>1<br>5, 6 | 1, 2, 3<br>4<br>5,6 | 3,4, 5<br>1, 2<br>6 | 3, 4<br>1,2,5<br>6 |
| 3. Щільність будови, г/см$^3$ | о<br>д<br>д<br>н<br>н | 1,10–1,35<br>1,00–1,09<br>1,36–1,45<br><1,00<br>>1,45 | 1,10–1,45<br>1,00–1,09<br>1,46–1,55<br><1,00<br>>1,55 | 1,05–1,35<br>0,95–1,04<br>1,36–1,45<br><0,95<br>>1,45 | 1,10–1,45<br>1,00–1,09<br>1,46–1,55<br><1,00<br>>1,55 | 1,05–1,30<br>0,95–1,04<br>1,31–1,40<br><0,95<br>> 1,40 | 1,00–1,30<br>0,90–0,99<br>1,31–1,40<br><0,90<br>> 1,40 | 1,10–1,35<br>1,00–1,09<br>1,36–1,45<br><1,00<br>>1,45 | 1,00–1,45<br>0,80–0,99<br>1,46–1,60<br><0,80<br>>1,60 | 1,20–1,40<br>1,10–1,19<br>1,41–1,60<br><1,10<br>>1,60 |
| 4. Реакція ґрунтового розчину, $pH_{KCl}$ | о<br>д<br>д<br>н<br>н | 6,1–7,5<br>5,6–6,0<br>7,6–8,0<br><5,6<br>>8,0 | 5,6–7,2<br>4,5–5,5<br>7,3–7,5<br><4,5<br>>7,5 | 6,1–7,2<br>5,6–6,0<br>7,3–8,0<br><5,6<br>>8,0 | 5,2–6,7<br>4,8–5,1<br>6,8–7,5<br><4,8<br>>7,5 | 6,1–7,5<br>5,6–6,0<br>7,6–8,0<br><5,6<br>>8,0 | 6,1–7,5<br>5,6–6,0<br>7,6–8,0<br><5,6<br>>8,0 | 6,1–7,2<br>5,6–6,0<br>7,3–8,0<br><5,6<br>>8,0 | 5,2–6,3<br>4,5–5,1<br>6,4–7,5<br><4,5<br>>7,5 | 5,2–6,3<br>4,5–5,1<br>6,4–7,0<br><4,5<br>>7,0 |

*Продовження табл. 2.24*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5. Вміст гумусу, % | о<br>д<br>н | >3,5<br>2,0–3,5<br><2,0 | >3,0<br>1,0–3,0<br><1,0 | >3,5<br>2,0–3,5<br><2,0 | >3,0<br>1,0–3,0<br><1,0 | >3,5<br>2,0–3,5<br><2,0 | >3,5<br>2,0–3,5<br><2,0 | >3,5<br>2,0–3,5<br><2,0 | >3,0<br>1,0–3,0<br><1,0 | >3,0<br>1,0–3,0<br>< 1,0 |
| 6. Вміст рухомого фосфору*** | о<br>д<br>н | 4, 5<br>3<br>1, 2 | 4, 5<br>3<br>1, 2 | 4, 5<br>3<br>1, 2 | 4, 5<br>3<br>1, 2 | 5<br>4<br>1, 2, 3 | 5<br>4<br>1, 2, 3 | 5<br>4<br>1, 2, 3 | 5<br>4<br>1, 2, 3 | 4, 5<br>3<br>1, 2 |
| 7. Вміст обмінного калію*** | о<br>д<br>н | 4, 5<br>3<br>1, 2 | 4, 5<br>3<br>1, 2 | 4, 5<br>3<br>1, 2 | 4, 5<br>3<br>1,2 | 4, 5<br>3<br>1, 2 | 5<br>4<br>1, 2, 3 | 5<br>4<br>1, 2, 3 | 5<br>4<br>1, 2, 3 | 4, 5<br>3<br>1, 2 |
| 8. Сума активних температур вище 10°С, град. | о<br>д<br>н | 1601–2000<br>1200–1600<br><1200 | 1601–2000<br>1200–1600<br><1200 | 1201–1600<br>800–1200<br><800 | 1601–2000<br>1200–1600<br><1200 | 2601–3200<br>2200–2600<br><2200 | 2481–2800<br>2000–2480<br><2000 | 2301–2700<br>2000–2300<br><2000 | 1601–2000<br>1200–1600<br><1200 | 1601–2000<br>1200–1600<br><1200 |
| 9. Температура повітря під час появи сходів, град. | о<br>д<br>н | 6–12<br>4–5<br><4 | 6–12<br>4–5<br><4 | 6–12<br>4–5<br><4 | 6–12<br>4–5<br><4 | 15–18<br>10–14<br><10 | 15–17<br>8–14<br><8 | 9–12<br>7–8<br><7 | 15–20<br>8–14<br><8 | 8–12<br>4–7<br><4 |
| 10. Температура повітря під час формування генеративних органів, град. | о<br>д<br>д<br>н<br>н | 16–20<br>10–15<br>21–25<br><10<br>>25 | 16–20<br>10–15<br>21–25<br><10<br>>25 | 16–20<br>10–15<br>21–25<br><10<br>>25 | 16–20<br>10–15<br>21–25<br><10<br>>25 | 20–24<br>15–19<br>25–26<br><15<br>>26 | 20–23<br>15–19<br>2–25<br><15<br>>25 | 23–25<br>15–22<br>26–27<br><35<br>>27 | 16–20<br>10–15<br>21–25<br><10<br>>25 | 15–18<br>10–14<br>19–20<br><10<br>>20 |

*Закінчення табл. 2.24*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11. Запаси продуктивної вологи (мм) в шарі 0–20 см під час появи сходів | о<br>д<br>н | >30<br>10–30<br><10 | >30<br>10–30<br><10 | >30<br>10–30<br><10 | >30<br>10–30<br><10 | >40<br>20–40<br><20 | >30<br>10–30<br><10 | >40<br>20–40<br><20 | >40<br>20–40<br><20 | >40<br>20–40<br><20 |
| 12. Запаси продуктивної вологи (мм) в шарі 0–100 см під час цвітіння або формування генеративних органів | о<br>д<br>н | >120<br>60–120<br><60 | >120<br>60–120<br><60 | >120<br>40–120<br><40 | >160<br>80–160<br><80 | >120<br>80–120<br><80 | >140<br>120–140<br><120 | >120<br>80–120<br><80 | >60<br>40–60<br><40 | >120<br>80–120<br><80 |
| 13. Гідротермічний коефіцієнт за період з температурою повітря >10°С | о<br>д<br>д<br>н<br>н | 0,9–1,2<br>0,7–0,89<br>1,21–1,6<br><0,7<br>>0,6 | 1,1–1,4<br>0,9–1,09<br>1,41–1,7<br><0,9<br>>0,7 | 0,8–1,1<br>0,65–0,79<br>1,11–1,6<br><0,65<br>>1,6 | 1,1–1,4<br>0,9–1,09<br>1,41–2,0<br><0,9<br>>2,0 | 0,9–1,3<br>0,7–0,8<br>1,31–1,5<br><0,7<br>>1,5 | 1,1–1,6<br>0,9–1,0<br>1,7–2,0<br><0,9<br>>2,0 | 0,8–1,0<br>0,7–0,79<br>1,0–1,3<br><0,7<br>>1,3 | 1,0–1,6<br>0,8–0,99<br>1,6–2,0<br><0,8<br>>2,0 | 1,3–2,0<br>1,2–1,29<br>2,0–2,1<br><1,2<br>>2,1 |
| 14. Рівень ґрунтових вод (РГВ), м | о<br>д<br>н | >4,0<br>3,0–4,0<br><3,0 | >4,0<br>3,0–4,0<br><3,0 | >4,0<br>3,0–4,0<br><3,0 | >3,5<br>2,5–3,5<br><2,5 | >4,5<br>3,5–4,5<br><3,5 | >4,0<br>3,0–4,0<br><3,0 | >4,5<br>3,5–4,5<br><3,5 | >4,5<br>3,5–4,5<br><3,5 | >4,0<br>3,0–4,0<br><3,0 |
| 15. Мінералізація ґрунтових вод, г/л (при РГВ <5 м) | о<br>д<br>н | <1,0<br>1,0–5,0<br>>5,0 | <1,0<br>1,0–3,0<br>>3,0 | <1,0<br>1,0–5,0<br>>5,0 | <1,0<br>1,0–3,0<br>>3,0 | <1,0<br>1,0–5,0<br>>5,0 | <1,0<br>1,0–5,0<br>>5,0 | <1,0<br>1,0–5,0<br>>5,0 | <1,0<br>1,0–3,0<br>>3,0 | <1,0<br>1,0–3,0<br>>3,0 |

*Примітка:*
* о – оптимальні; д – допустимі; н – недопустимі умови
** 1 – глина легка; 2 – суглинок важкий; 3 – середній; 4 – легкий; 5 – супісок; 6 – пісок зв'язний
*** 1 – дуже низький; 2 – низький; 3 – помірний; 4 – високий; 5 –дуже високий

Інший німецький вчений – фізіолог Юліус Сакс на підставі результатів численних дослідів сформулював закон мінімуму, оптимуму й максимуму, який стверджує, що найвищий урожай може бути вирощений за оптимальної (найсприятливішої) кількості фактора. Як зменшення, так і збільшення його, порівняно з оптимальною кількістю, призведе до зниження урожаю.

*Третій закон* – ***закон сукупної дії факторів життя рослин***. Ним встановлено, що для вирощування високих урожаїв сільськогосподарських культур потрібна одночасна наявність або надходження всіх факторів життя рослин в оптимальному співвідношенні. Цей закон має винятково важливе значення, оскільки кожний фактор і кожний агротехнічний захід у виробничих умовах виявляє свій вплив на рослини не ізольовано, а у взаємодії з іншими факторами й заходами. Так, у разі внесення добрив у ґрунті не збільшується кількість доступної для рослин вологи, проте унаслідок підвищення концентрації ґрунтового розчину і зниження транспіраційного коефіцієнта рослини економніше витрачають воду й зменшують потребу в ній.

Отже, при комплексному впровадженні агротехнічних заходів і правильному поєднанні всіх факторів життя рослин ефективність кожного заходу підвищується. Багатьма дослідженнями доведено, що приріст урожаю, одержаний від застосування комплексу заходів, перевищує суму приростів, одержаних від застосування кожного заходу окремо.

Важливе практичне значення має ***закон повернення речовин у ґрунт***, розроблений у ґрунтознавстві. Цей закон передбачає необхідність за допомогою добрив та інших агротехнічних заходів поповнювати запаси в ґрунті поживних речовин, витрачених на створення врожаю або втрачених через інші причини (вимивання тощо).

Закон повернення відкрив Юстус Лібіх. Додержання цього закону має важливе зна-

чення не лише для підвищення родючості ґрунту та врожайності, а й для поліпшення якості продукції. Особливо важливим показником якості зерна є наявність у ньому білків, які мають потрібне співвідношення амінокислот. Нестача відповідних макро- й мікроелементів у ґрунті призводить до порушення балансу їх у рослинах, а це, відповідно, спричиняє порушення білкового балансу в годівлі худоби та харчуванні людини.

Пізнавши закони природи, використавши сучасні досягнення природничих наук, людина може свідомо впливати на механізм екосистем та процеси, які відбуваються в біосфері [4].

Отже, теоретичною основою високої продуктивності ґрунтів є врахування біологічних вимог культур, що вирощуються, до тепла, вологи, вмісту поживних елементів у ґрунті тощо. В.В. Медведєв (1997) розробив нормування параметрів вирощування основних сільськогосподарських культур, виділивши оптимальні, допустимі та недопустимі умови. Він розглядає агрокліматичні умови продукування культур, а також деякі фізичні та фізико-хімічні властивості ґрунтів, вміст основних поживних елементів (див. табл. 2.24).

***Контрольні запитання:***

1. Назвіть і охарактеризуйте фактори життя рослин.
2. Який процес називають фотосинтезом, від чого залежить його інтенсивність?
3. Якими заходами можна підвищити ефективність фотосинтезу?
4. Що таке фотосинтетично активна радіація (ФАР)? Від чого залежить інтенсивність поглинання ФАР?
5. Поясніть вплив температури на життя рослин.
6. Яким є вплив вологи та повітря на життя і розвиток рослин?
7. Як співвідношення тепла і вологи впливає на біопродуктивність ґрунтів?
8. Назвіть основні закони, дотримання яких сприятиме підвищенню біопродуктивності ґрунтів.

*Розділ 3*

# *ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРИРОДНИХ ФІТОЦЕНОЗІВ*

Біологічна продуктивність є однією із важливих складових біологічного кругообігу. Вона визначається, найперше, масою органічної речовини, яку щороку створюють надземні і підземні органи всіх компонентів фітоценозу.

***Фітоценозом*** називають більш чи менш стійке угруповання, що історично складається з рослинних організмів одного або багатьох поколінь і утворює власне внутрішнє середовище (фітоклімат, обмін речовинами тощо).

В основі біологічної продуктивності рослинного покриву є процес фотосинтезу. Його інтенсивність залежить від певних чинників: інтенсивності поглинання ФАР, концентрації $CO_2$ в приземному шарі повітря, температури, водного режиму, рівня мінерального живлення, властивостей ґрунтів, а також від біологічних і генетичних особливостей рослин. Варіювання поєднань цих факторів у їхній еволюції визначило як фізіономічну (життєві форми, типи фітоценозів), так і біогеохімічну (типи біологічного кругообігу, типи ґрунтотворення) сутність природних зон. Водночас, конкретне поєднання всіх названих факторів визначає рівень продукції органічної речовини фітоценозів.

Ефективність зв'язування рослинністю сонячної радіації знижується у разі нестачі тепла і вологи, за несприятливих фізичних і хімічних властивостей ґрунту. Продуктивність рослинності змінюється не тільки під час переходу від однієї кліматичної зони до іншої, але і в межах кожної зони.

Розміщення річної продукції, тобто приросту, а також запасів фітомаси на Землі підпорядковуються географічним закономірностям, виявляють дуже тісний зв'язок із факторами клімату, а саме із теплом і вологою. Так, максимальній продуктивності фітоценозів відповідають зна-

чення індексу сухості *(R/Lr)*, близькі до 1. Чим вищі абсолютні показники *R* і *Lr*, тим більші й абсолютні величини річного приросту.

З'ясовано, що підвищення тепла особливо впливає на підвищення продукції за величин *R* < 35–40 ккал/см$^2$/рік (регіони, що заходяться північніше зони середньої тайги). У разі вищих значень головна роль у збільшенні приросту належить волозі. При цьому річна продукція зональних ґрунтово-рослинних формацій досягає максимуму в областях, де *R* є нижчим ніж 35–40 ккал/см$^2$/рік, при значеннях індексу сухості понад 1 (у північній тайзі – 1,2, в тундрі – 1,5), а в областях, де величина *R* вища зазначеної, при значеннях індексу сухості менше 1 (в субтропічному поясі при індексі сухості 0,7, а в тропічному – 0,5).

Фактор зволоження на фоні достатньої кількості тепла різко обмежує продуктивність біоценозів. І це зрозуміло, наприклад, у помірній зоні при формуванні 0,1 т органічної речовини, лише на транспірацію витрачається 30–40 т води. В пустелях ці величини будуть ще вищими. Отже, якщо ресурси тепла досить високі, то перезволоження приводить до збільшення продукції, у разі нестачі тепла – до її зниження. Тому в зонах, де *R* вищий від 35–40 ккал/см$^2$/рік необхідно проводити вологозатримуючі заходи і зрошення, в зонах з *R* нижчим, ніж ця величина – осушення.

Проте співвідношення тепла і вологи визначає не всі закономірності розподілу продуктивності фітомаси. Важливо також брати до уваги тривалість вегетаційного періоду і так зване продуктивне зволоження (тобто кількість опадів мінус величина поверхневого стоку). А.М. Рябчиков (1968) запропонував ***гідротермічний потенціал продуктивності*** (*K*р), який обчислюють за формулою:

$$Kp = \frac{W \cdot T_v}{36 \cdot R}$$

де *W* – середнє річне продуктивне зволоження території в мм; $T_v$ – тривалість вегетації в дека-

дах при 36 декадах в році; $R$ – середній річний радіаційний баланс у ккал/см$^2$.

Жива речовина володіє здатністю до відтворення, нагромадження і збереження, тому можна використати кількісні характеристики оцінки біологічної продуктивності. *Основними показниками біопродуктивності природних фітоценозів є*:

запаси фітомаси, що вимірюються у г/м$^2$ або т/га.

річна продукція фітомаси (приріст, або первинна продукція) у г/м$^2$ в рік або т/га в рік.

Для повного вивчення запасів фітомаси треба детально дослідити структуру надземних і підземних ярусів фітоценозу, а саме:

надземну (стовбур, гілки, листя, квіти, плоди тощо) і підземні частини фітомаси (корені, коренеплоди, цибулини та ін.);

відмерлі частини рослини (мортмасу) (лісова підстилка чи степова повсть);

загальний запас органічної речовини, тобто суму фітомаси та мертвої органічної речовини;

опад – кількість органічної речовини, яка залишається в усіх відмерлих органах;

річний приріст (чиста первинна продукція), тобто кількість рослинної органічної речовини, яка утворюється за рік у підземній і наземній сферах угруповання;

істинний приріст – кількість органічної речовини, яка залишається у фітоценозі внаслідок річного приросту, з вирахуванням опаду.

Показники для запасів фітомаси та для її річної продукції наводяться із врахуванням надземної і підземної частин рослин у вагових одиницях абсолютно сухої речовини. Ці дані можна розраховувати як на одиницю площі, так і сумарно, із урахуванням площ, які займає певний вид рослинності.

Детальна характеристика фітомаси та первинної продукції різних рослинних формацій суші Землі наведена у додатках А і Б.

## 3.1. Запаси фітомаси

***Фітомаса (біомаса)*** – це сумарна маса рослинних організмів, окремих рослин або їхніх груп у будь-якому природному угрупованні.

Розрахунки розподілу фітомаси на суші найповніше наведені в роботах Н.І. Базилевич зі співавторами (1967, 1969, 1970, 1974, 1986).

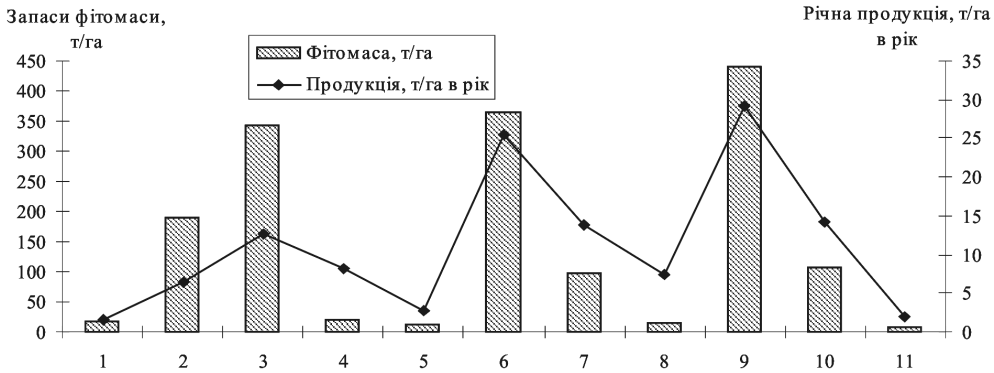



Рис. 3.1. Запаси і річна продукція біомаси в різних термічних поясах і біокліматичних областях:
1 – Полярний пояс;
2 – Бореальний пояс;
Суббореальний пояс:
3 – гумідні області,
4 – семиаридні області; 5 – аридні області;
Субтропічний пояс:
6 – гумідні області,
7 – семиаридні області; 8 – аридні області;
Тропічний пояс:
9 – гумідні області,
10 – семиаридні області; 11 – аридні області

Для оцінювання сумарних запасів фітомаси Н.І. Базилевич, Л.Є. Родін і М.М. Розов [11] обчислили площі, зайняті відповідними типами ґрунтово-рослинних формацій. Виділено 106 типів ґрунтово-рослинних формацій, які були згруповані за термічними поясами і гідротермічними (біокліматичними) областями в межах перших (див. дод. Б).

*Сумарні запаси фітомаси суші Землі оцінені у $240\times10^{10}$ т, що еквівалентно $432{,}4\times10^{20}$ Дж.* З цієї кількості 56% припадає на тропічний пояс. Такий високий відсоток пояснюється тим, що площа тропічного поясу близько 42% від площі суші і майже половина його зайнята високопродуктивними лісами.

На бореальний пояс припадає 18% запасів фітомаси, субтропічний – 14, суббореальний – 12, полярний пояс – менше 1% (див. рис. 3.1). При цьому характерно, що площі бореального, суббореального і субтропічного поясів приблизно однакові. Відмінності в запасах фітомаси зумовлені головно ступенем покриття території лісовими формаціями, який найвищий у бореальному поясі.

У межах термічних поясів відзначається стрімке зменшення запасів фітомаси від гумід-

них до семіаридних і аридних біокліматичних областей, незважаючи на те, що площі останніх можуть бути більшими, ніж площі гумідних областей (див. рис. 3.1). Водночас, середньозважені показники запасів фітомаси на одиницю площі тільки гумідних областей, представлених здебільшого лісовими типами, в напрямку від північних широт до південних збільшуються. Це визначає ріст тих самих показників у тому ж напрямку (від суббореального поясу до субтропічного), які взяті для термічних поясів загалом.

Отже, основні географічні закономірності розподілу запасів фітомаси на суші Землі визначаються лісовими типами ґрунтово-рослинних формацій. Це зрозуміло, оскільки сумарні запаси фітомаси лісів світу складають 196 × $10^{10}$ т, тобто майже 82% від фітомаси суші (сучасна площа лісів становить 30% суші). Запаси фітомаси пустельних типів ґрунтово-рослинних формацій складають всього

*Таблиця 3.1*

**Середні запаси фітомаси зональних типів ґрунтово-рослинних формацій різних термічних поясів і гідротермічних областей (т/га, суха маса) (за Н.І. Базилевич, Л.Є. Родіним, М.М. Розовим, 1970)**

| Термічний пояс | Типи ґрунтового-рослинних формацій | Гідротермічні області | |
|---|---|---|---|
| | | гумідні | аридні |
| Полярний | Полярні пустелі<br>Тундри на тундрових ґрунтах | 5<br>28 | |
| Бореальний | Хвойні ліси північної тайги на глеєпідзолистих ґрунтах<br>Хвойні ліси середньої тайги на підзолистих ґрунтах<br>Хвойні ліси південної тайги на дерново-підзолистих ґрунтах<br>Широколистяні ліси на сірих лісових ґрунтах | 150<br>260<br>300<br>370 | |
| Суббореальний | Широколистяні ліси на бурих лісових ґрунтах<br>Напівкущові пустелі на сіро-бурих пустельних ґрунтах | 400 | 4,5 |
| Субтропічний | Широколистяні ліси на червоноземах і жовтоземах<br>Пустелі на пустельних субтропічних ґрунтах | 450 | 2,0 |
| Тропічний | Волого-тропічні ліси на червоноземних фералітних ґрунтах<br>Пустелі на пустельних тропічних ґрунтах | 650 | 1,5 |

2 × $10^{10}$ т (0,8% від фітомаси суші), хоча пустелі займають досить значну площу – 22% [11] (див. дод. Б).

Накопичення органічної маси у вологих тропічних лісах досягає 500 – 650 т/га, менша біомаса широколистяних лісів – 400 – 450 т/га і особливо хвойних лісів бореального поясу – 150 – 300 т/га (див. табл. 3.1–3.3).

Трав'яні угруповання характеризуються значно меншою біомасою. Лучні степи мають біомасу 25 т/га. Найменша кількість фітомаси характерна для субтропічних і тропічних пустель (менше 2,5 т/га), полярних, суббореальних пустель і засолених ґрунтів (2,5–5 т/га). У тундрі запаси фітомаси становлять близько 5–28 т/га. Для цих ценозів характерна значна участь нижчих рослин: мохів і лишайників у тундрі; лишайників і водоростей у напівпустелях і пустелях.

Крім загальних запасів органічних речовин у фітоценозах, беруть до уваги окремо запаси коріння, величину рослинного опаду і його запаси у вигляді лісової підстилки чи степової повсті. У природних екосистемах у ґрунт щорічно надходить така кількість відмерлої фітомаси, яка приблизно дорівнює приросту (річній продукції) (див. табл. 3.2).

*Таблиця 3.2*

**Біологічна продуктивність основних типів рослинності, т/га (за Л.Є Родіним, Н.І Базилевич, 1965)**

| Тип рослинності | Біомаса (фітомаса) | | | Приріст, т/га | Опад, т/га | Лісова підстилка (повсть), т/га |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Загальна, т/га | корені | | | | |
| | | т/га | % | | | |
| Арктична тундра | 5 | 3,5 | 70 | 1,0 | 1,0 | 3,5 |
| Чагарникова тундра | 28 | 23,2 | 83 | 2,5 | 2,4 | 83,5 |
| Ялинник північної тайги | 100 | 22,0 | 22 | 4,5 | 3,5 | 30,0 |
| Ялинник південної тайги | 330 | 72,6 | 22 | 8,5 | 5,5 | 35,0 |
| Діброва | 400 | 96,0 | 24 | 9,0 | 6,5 | 15,0 |
| Степи лучні | 25 | 17,0 | 68 | 13,7 | 13,7 | 12,0 |
| Степи сухі | 10 | 8,5 | 85 | 4,2 | 4,2 | 1,5 |
| Пустелі напівчагарникові | 4,3 | 3,7 | 87 | 1,2 | 1,2 | – |
| Субтропічні листяні ліси | 410 | 82,0 | 20 | 24,5 | 21,0 | 10,0 |
| Савани | 67 | 4,0 | 6 | 12,0 | 11,4 | 1,3 |
| Вологі тропічні ліси | >500 | 90,0 | 18 | 32,5 | 25,0 | 2,0 |



Величини ***опаду*** в лісних рослинних угрупованнях головно залежать від величини приросту, але є дещо нижчими за них. У трав'яних угрупованнях в опад надходить уся маса органічної речовини, яка щорічно наростає, і тому величи-

ни приросту і опаду тут однакові. Максимальні величини опаду характерні для вологих тропічних і субтропічних лісів (25 і 21 т/га), які відзначаються і найбільшою біомасою. Проте прямої пропорційності між біомасою і опадом немає. Так, у лучних степах щорічний опад більше як удвічі вищий за опад широколистяних лісів (13,7 і 6,5 т/га відповідно), а біомаса, навпаки, у 16 разів менша за біомасу широколистяних лісів (25 і 400 т/га). Ця невідповідність пояснюється тим, що в трав'яних угрупованнях у складі опаду значну роль відіграє коріння.

Не вся органічна речовина, яка щороку відмирає, піддається перетворенню. Частина її накопичується на поверхні ґрунту у вигляді ***лісової підстилки*** (в степах – *степової повсті*), до якої належить відмерлий травостій, листя, мертві частини гілок тощо, тобто все, що знаходиться на поверхні ґрунту (мертва органічна речовина). Фітомаса підстилки залежить від типу та віку лісу і швидкості її розкладення (деструкції). Її максимальна вага характерна для молодих лісів (25–40 років), згодом вона знижується. У хвойних лісах лісова підстилка нагромаджується у кількості 25–50 т/га, у листяних – 12,5–25,0 т/га [28]; у вологих тропічних лісах, незважаючи на величезний опад, величина лісової підстилки складає лише 2 т/га.

За даними Н.І. Базилевич [8], підстилка в лісах бореального і суббореального поясів перевищує приріст у 2–5 разів, оскільки вона розкладається повільно – від 2 (листяні ліси) до 7 років (хвойні).

Найбільше накопичення мертвої органічної речовини відзначається у чагарниковій тундрі – 83,5 т/га (див. табл. 3.2), угрупованнях болотних лісів і мохових боліт – понад 100 т/га. Накопичення підстилки свідчить про низький рівень процесів розкладення органічної речовини.

***Інтенсивність розкладення*** органічної речовини, яка характеризується відношенням величини підстилки до опаду зеленої частини, суттєво змінюється у різних типах рослинності. Мінімальна інтенсивність розкладення орга-

нічної речовини характерна для чагарникових тундр, максимальна – для вологих тропічних лісів. Це пояснюється найперше кліматичними

*Таблиця 3.3*

**Запаси та структура фітомаси ґрунтово-рослинних формацій (за Н.І.Базилевич, Л.Є. Родіним, 1971)**

| Ґрунтово-рослинні формації | Запаси фітомаси, т/га | Коріння | Зелені асимілюючі органи | Багаторічні наземні органи |
|---|---|---|---|---|
| | | % від загал. фітомаси | | |
| Арктичні тундри з тундровими арктичними ґрунтами | <5 | 70 | 30 | – |
| Мохово-лишайникові, чагарникові тундри на тундрових глеєвих ґрунтах | 20–25 | 85–90 | 10–15 | – |
| Мохові слабообліснені болота (торфовища) | 20–25 | ≤10 | ≥40 | – |
| Рідколісся і криволісся лісотундри на глеє-підзолистих і підзолистих ілювіально-гумусових ґрунтах | 25–50 | 22–25 | 8–10 | ≤70 |
| Темнохвойні, світлохвойні ліси тайги на глеє-підзолистих, підзолистих і підзолисто-болотних ґрунтах | 50–150 | 22 | 8 | 70 |
| Широколистяно-хвойні ліси на дерново-підзолистих ґрунтах; широколистяні ліси на сірих лісових ґрунтах | 300–400 | | | |
| Хвойні ліси | | 21–28 | 4–7 | 67–74 |
| Листяні ліси | | 17–29 | 1–3 | 68–81 |
| Посушливі та помірно посушливі степи на чорноземах південних і звичайних; солонцеві степи на чорноземах солонцюватих і солонцях; лучні степи на чорноземах типових, вилугуваних; остепенілі солонцюваті луки на лучно-чорноземних ґрунтах і солонцях | 20–25 | 65–90 | 10–35 | – |
| Ефемерно-солянково-полинові пустелі на сіро-бурих ґрунтах і солонцево-полинові на солонцях, а також субтропічні степи на сіроземах і сіро-коричневих ґрунтах, пустельні степи на ясно-каштанових ґрунтах і сухі солонцюваті степи на солонцях | 5–13 | 75–95 | 4–15 | – |
| Солянково-полинові та солянкові пустелі на бурих і сіро-бурих ґрунтах; солонцево-солянково-полинові на солонцях напівпустель; солянкові на солончаках напівпустель і пустель | <5 | 75–95 | 1–7 | – |
| Саксаульники і чагарникові піщані пустелі з примітивними піщаними пустельними ґрунтами. | 25–50 | 90 | 2–3 | – |
| Трав'яні угруповання боліт, заплав на болотних і лучних алювіальних ґрунтах | 50–150 | 70–60 | 30–40 | – |



особливостями територій (кількістю опадів і середньорічними температурами повітря).

У степових, пустельних угрупованнях, а також трав'яних болотах південних широт і лісах

вологих субтропіків мінералізація рослинних решток відбувається або швидше, ніж накопичення, або лише незначно відстає від нього; біологічний кругообіг характеризується значною інтенсивністю.

У степах, в умовах дефіциту опадів, високого pH ґрунту (понад 7), підстилка розкладається протягом 9–11 місяців. Фітомаса повністю оновлюється кожні 2–3 роки, це у 12 разів швидше, ніж у лісах. Розкладання підстилки у лучних угрупованнях триває рік. Середній період розкладення евтрофних боліт триває 2–3 роки, тоді як в оліготрофних за 6 років розкладається лише половина біомаси [28].

Однією з важливих характеристик структури рослинних угруповань є ***співвідношення надземної і підземної частин фітомаси***. Найбільші запаси коріння по відношенню до загальної фітомаси рослини мають моховолишайникові та чагарникові угруповання тундри, степові, пустельні, лучні та болотні рослинні формації. У деревних формацій різних кліматичних зон переважають багаторічні наземні органи (див. табл. 3.2–3.4).

Дуже показними є закономірності розміщення ***запасів зелених асимілюючих органів*** у фітомасі. Ці дані дають можливість приблизно оцінити обсяг і потужність фотосинтезуючого апарату рослинних угруповань залежно від їхнього типу і приурочення їх до біокліматичних зон і підзон.

Найбільший відсоток, порівняно з іншими формаціями, зелені асимілюючі органи складають у структурі фітомаси болотних і лучних угруповань, найменший – лісових і пустельних рослинних формацій (див. табл. 3.3). Найменші запаси зелених частин (в т/га) характерні для угруповань пустельної зони, найбільші – для трав'яних боліт і південно-тайгових лісів (у соснових лісах показники нижчі) (див. табл. 3.4).

*Таблиця 3.4*

**Запаси зелених асимілюючих органів у фітомасі деяких ценозів**

**(за Н.І.Базилевич, Л.Є. Родіним, 1971)**

| Фітоценози | Запаси, т/га |
|---|---|
| Солянкові пустелі | 0,1–0,2 |
| Солонцеві солянкові та полинові пустелі | 0,3–0,4 |
| Солянково-полинові, ефемерно-солянково-полинові пустелі і саксаульники | 0,5–1,2 |
| Пустельні степи та солонцюваті сухі степи | 0,4–0,6 |
| Арктичні тундри, сухі степи | 1,0–1,5 |
| Субтропічні та засушливі степи | 1,5–2,5 |
| Помірно засушливі та лучні степи, листяні ліси, тундри | 2,5–6,0 |
| Трав'яні болота, південно-тайгові ліси | 14,0–20,0 |
| Північно- та середньо-тайгові ліси | 5,0–14,0 |

Отже, з однієї сторони, нагромадження загальної фітомаси та маси зелених асимілюючих органів регулюється кількістю світла, тепла і вологи, а з іншої, – не менше важливої, – біологічними особливостями рослин, що складають фітоценоз.

## *3.2. Світовий розподіл первинної біологічної продукції*

***Річна продукція фітомаси (приріст, або первинна продукція)*** – це кількість органічної речовини, яка наростає за рік у надземній і підземній сферах рослинного угруповання. Вимірюється у г/м$^2$ в рік або т/га в рік.

Біологи розрізняють валову первинну продукцію біоценозу та вторинну продукцію.

***Валова первинна продукція*** – кількість речовини, що створюють рослини за одиницю часу при існуючій швидкості фотосинтезу. Частина цієї продукції витрачається на підтримання життєдіяльності рослин (витрати на дихання). Ця частина може бути досить значною, вона складає від 40 до 70% валової продукції. Решта

створеної органічної маси характеризує чисту первинну продукцію, яка є величиною приросту рослин, енергетичним резервом для консументів і редуцентів. Перетворюючись у ланцюгах живлення, вона поповнює масу гетеротрофних організмів.

Приріст за одиницю часу маси консументів – це ***вторинна продукція угруповання***. Її обчислюють окремо для кожного трофічного рівня, оскільки приріст маси на кожному з них відбувається за рахунок енергії, що надходить з попереднього. Гетеротрофи, включаючись у трофічні ланцюги, живуть за рахунок чистої первинної продукції угруповання. У різних екосистемах вони витрачають її з різною повнотою. Якщо швидкість первинної продукції в ланцюгах живлення відстає від темпів приросту рослин, то це призводить до поступового збільшення загальної біомаси продуцентів.

Розподіл первинної біологічної продукції у світі є дуже нерівномірним. Найбільший абсолютний приріст рослинності сягає в середньому 25 г в день у дуже сприятливих умовах. На великих площах продуктивність не перевищує 0,1 г/м$^2$ в день (жаркі і полярні пустелі).

Річний приріст рослинної маси найвищий у вологих тропічних і субтропічних лісах (32,5–24,5 т/га) (див. табл. 3.2). Значні його величини в лучних степах (13,7 т/га), значно більші, ніж у широколистяних і хвойних лісах помірного поясу (9,0–4,5 т/га). Найнижчим приростом відзначаються напівчагарникові пустелі (1,2 т/га) і тундри (1–2,5 т/га).

*Загальна річна продукція сухої органічної речовини суші Землі оцінюється у 17×10$^{10}$ тонн (170 млрд. т), що становить 7% від запасів фітомаси.* Майже вся чиста первинна продукція Землі використовується для підтримання життя гетеротрофних організмів. Енергія, невикористана консументами, накопичується у їхніх тілах, органічних відкладах водойм і гумусі ґрунтів.

Основна частка продукції фітомаси (10,2×10$^{10}$ т, або 60%) припадає на тропічний пояс, 20% (3,5×10$^{10}$ т) – на субтропічний, 10%

(1,8×10$^{10}$ т) – суббореальний, 9% (1,5×10$^{10}$ т) – бореальний. Мінімальна річна продукція полярного поясу – 0,8% (дещо більше ніж 0,1×10$^{10}$ т) [11]. Отже, маса органічної речовини, що створюється щорічно в процесі фотосинтезу, збільшується від північних широт до помірного поясу. Потім вона зменшується до пустель і знову збільшується у вологих субтропіках (див. рис. 3.1, 3.2, див. дод. Б).

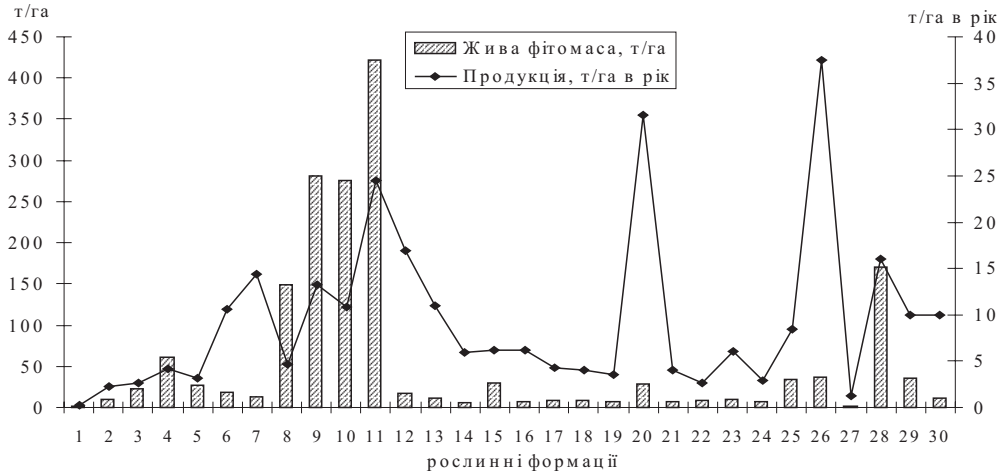



Рис. 3.2. Запаси та продукція фітомаси в рослинних формаціях (за Н.І. Базилевич, 1986)
*Рослинні формації:* 1 – полярні пустелі, 2 – арктичні тундри, 3 – субарктичні тундри, 4 – лісотундри, 5 – болота верхові, перехідні, 6 – болота низинні мохово-трав'яні, 7 – заплавні луки, 8 – північна й серед-

Як і в розподілі фітомаси, простежується різке зменшення кількості річної продукції у межах кожного термічного поясу від гумідних до аридних областей. Найменше ця закономірність виражена у субтропічному поясі, найбільше – у тропічному, що пов'язане з розвитком у першому аридних типів рослинності зі значною часткою ефемерів, а в другому – наявністю значних площ суші, які практично позбавлені рослинності.

В умовах додаткового зволоження в межах зон з недостатнім теплозабезпеченням (полярний і бореальний пояси) величини продукції зональних тундрових і лісових формацій і формацій лук і трав'яних боліт подібні. А на південь, починаючи від суббореальних широколистяних лісів і далі, продукція інтразональних трав'яних формацій значно перевищує продукцію зональних. Особливо різко це проявляється у пустелях.

При цьому продукція трав'яних боліт значно переважає над продукцією не тільки зональних формацій, але і лук.

Ліси створюють майже половину (49%, або $8\times10^{10}$ т) усієї річної продукції, займаючи 30% суші. Ґрунтово-рослинні формації дельт і заплав, займаючи лише 3% площі, продукують понад $2\times10^{10}$ т (12%) органічної речовини.

Величини запасів фітомаси трав'яних формацій такі самі, як і приріст, оскільки відбувається щорічне відмирання трав'яної рослинності. Величини ж приросту лісових формацій значно нижчі за їхню фітомасу, оскільки основу дерев складають багаторічні наземні органи (див. табл. 3.3, 3.4).

Річний приріст рослинності в різних зонах по відношенню до запасів фітомаси становить: в тундрі – 10–20%, бореальних і суббореальний лісах – 2–5%, субтропічних лісах – 5–6%, тропічних лісах – 8–10%, трав'яних угрупованнях степів, памп, прерій, саван – 20–55%, угрупованнях пустель – 30–75%, однорічних польових культур – 100% (Н.І. Базилевич і Л.Є. Родін, 1965).

Отже, величина біопродуктивності рослинних угруповань навіть у межах однієї зони може значно відрізнятися, а ґрунти одного і того ж типу і навіть різновидності характеризуватимуться різними рівнями біологічної продуктивності, залежно від типу рослинного угруповання.

Максимум рослинної продукції припадає на тропічний пояс. Тривала еволюція призвела до відбору і переважання у цьому поясі рослинних організмів і ґрунтово-рослинних формацій, які найбільше здатні перетворювати сонячну енергію у більш стійкі її форми.

Показники біологічної продуктивності досить широко варіюють залежно від приурочення рослинних угруповань до широтних зон, їхнього видового складу і структури (ліси, луки, степи і т.д.) Щоб охопити все це різноманіття, Н.І. Базилевич і Л.Є. Родін (1964) запропонували 10-бальну шкалу, кожен бал якої має певну числову характеристику за всіма показниками (див. табл. 3.5).

ня тайга (ялинники, сосняки, ліси з модрини), 9 – південна тайга (хвойно-широколистяні ліси), 10 – широколистяні ліси, 11 – субтропічні вологі ліси, 12 – степи лучні, 13 – степи сухі, 14 – степи солонцеві, 15 – трав'янисті болота степової зони, 16 – напівпустелі напівчагарникові й трав'яні, 17 – напівпустелі псамофітові, 18 – напівпустелі солонцеві, 19 – напівпустелі соковито-солянкові, 20 – луки солончакуваті заплавні, 21 – пустелі трав'яні, 22 – пустелі сухосолянкові, 23 – пустелі соковитосолянкові, 24 – пустелі псамофітові, 25 – пустелі чорносаксаульникові, 26 – трав'яні заплавні болота пустельної зони, 27 – такири, 28 – субтропічні ксерофітні ліси, 29 – субтропічні чагарничкові степи, 30 – субтропічні пустельні степи.

Найменші величини відповідають 1 балу шкали, найбільші – 10. Наприклад, для оцінки накопичення біомаси 1 балу відповідає величина менша 2,5 т/га, а 10 – більше 500 т/га. Під час оцінювання річної продукції рослинних угруповань балу 1 відповідає величина річного приросту менше 1 т/га (дуже малопродуктивні), а 10 – понад 50 т/га (дуже високопродуктивні). На основі цієї шкали для будь-якого типу рослинності можна дати коротку формулу з кількісними показниками біологічного кругообігу речовин. Наприклад, біологічний кругообіг у дібровах може бути охарактеризований такою формулою: $Б_8П_6О_5Ін_6З_4$, а в напівчагарникових пустелях – $Б_2П_2О_2Ін_{10}З_4$.

*Таблиця 3.5*

**Десятибальна шкала числових показників біологічного кругообігу в рослинних угрупованнях**

| *Бал* | *Показники продуктивності, т/га* | | | *Продуктивність угруповань* | *Інтенсивність розкладення органіки* **(Ін)** | | *Середня зольність опаду, %* **(З)** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Біомаса* **(Б)** | *Приріст* **(П)** | *Опад* **(О)** | | | | | |
| 1 | <2,5 | <1,0 | <1,0 | Дуже малопродуктивні | >50 | Застійні | <1,5 | Низькозольні |
| 2 | 2,6–5,0 | 1,1–2,5 | 1,1–2,5 | | 21–50 | | 1,6–2 | |
| 3 | 5,1–12,5 | 2,6–4,0 | 2,6–3,5 | Малопродуктивні | 16–20 | Сильно загальмовані | 2,1–2,5 | |
| 4 | 12,6–25,0 | 4,1–6,0 | 3,6–4,5 | | 11–15 | | 2,6–3,5 | Середньозольні |
| 5 | 25,1–50,0 | 6,1–8,0 | 4,6–7,5 | Середньопродуктивні | 6–10 | | 3,6–5 | |
| 6 | 50,1–150,0 | 8,1–10,0 | 7,6–10,0 | | 1,6–5 | Загальмовані | 5,1–6,5 | Підвищенозольні |
| 7 | 150,1–300,0 | 10,1–15,0 | 10,1-12,5 | | 0,8–1,5 | Інтенсивні | 6,6–8 | |
| 8 | 300,1–400,0 | 15,1–30,0 | 12,6–22,5 | Високопродуктивні | 0,3–0,7 | | 8,1–9,5 | Високозольні |
| 9 | 400,1–500,0 | 30,1–50,0 | 22,6–40,0 | | 0,1–0,2 | Досить інтенсивні | 9,6–12 | |
| 10 | >500,0 | >50,0 | >40,0 | Дуже високопродуктивні | <0,1 | | >12 | Дуже високозольні |

## *3.3. Родючість ґрунтів і продуктивність лісових ценозів*



Ліс суттєво впливає на ґрунт, водночас і продуктивність деревних порід залежить від властивостей ґрунту, на якому ці породи ростуть. Не всі деревні породи однаково впливають на

ґрунтотворення. Якщо під хвойними лісами утворюються підзолисті ґрунти, то під листяними формуються буроземи, сірі лісові, коричневі ґрунти. Значно збагачують ґрунти мінеральними елементами такі лісові породи, як граб, клен, вільхи чорна і сіра, ліщина, береза, ільмові, модрина. Збагачують ґрунт нітрогеном біла й жовта акації, вільха, лох, обліпиха, рокитник.

Неоднаковою є інтенсивність росту однієї і тієї самої деревної породи на різних ґрунтах. Дерева відрізняються не тільки ростом, але і технічними властивостями деревини. Сосна добре росте на легких піщаних ґрунтах при достатній кількості вологи і має деревину високої якості, а на важких суглинкових ґрунтах має гіршу, сучкувату деревину. Водночас дуб добре росте на збагачених гумусом ґрунтах. Вимогливими до родючості ґрунту вважають ясен, дуб, бук, липу, ільм, вільху чорну та ялину. Менш вимогливі, здатні рости на бідних ґрунтах: сосна, біла акація, береза, лох. На солонцюватих ґрунтах задовільно ростуть дуб звичайний, тополі біла, канадська і чорна, клени польовий і татарський, кизил, гледичія, жовта акація, шовковиця, ясен зелений, кипарис тощо.

Ґрунти відіграють важливу роль у розподілі рослинності, зокрема лісової, у зональному й висотному відношенні. Від якості ґрунту залежать продуктивність і швидкість росту лісонасаджень, приріст деревини, технічні властивості деревини і ступінь стійкості лісу проти шкідливих факторів – пошкоджень вітром, шкідниками, хворобами, коливань температури повітря і ґрунту.

Довговічність лісу значно залежить від типу ґрунту та ступеня його зволоження. Оптимальними для більшості лісоутворюючих порід є свіжі та вологі умови місцезростання [22]. Порушення водного режиму ґрунту в лісі негативно впливає на деревостан. Тому продуктивність насаджень залежить не лише від родючості ґрунту, але й від достатньої кількос-

ті вологи в ньому. Як нестача, так і надлишок ґрунтової вологи негативно впливають на ріст і розвиток лісу. Не всі деревні породи однаково реагують на зміну водного режиму ґрунту; одні вимогливіші до вологи, інші – посухостійкіші. Геоботанік-типолог П.С. Погребняк поділяє деревні породи за їхньою вологолюбністю на такі групи:

*ксерофільні* (дуже сухі умови, сухолюби) – саксаул, сосна звичайна, сосна чорна, сосна кримська, ялівці, дуб пухнастий, лох, біла акація, груша, степові кущі;

*мезо-ксерофільні* (сухі, помірні сухолюби) – клени гостролистий і польовий, берест, дуби звичайний і скельний, гледичія, яблуня, черешня;

*мезофільні* (свіжі, помірно вимогливі до вологості ґрунту) – граб, ясен, липа, горіх, ялиця, каштан посівний, бук, сосна Веймутова, явір, ліщина, ільм, бузина;

*мезо-гігрофільні* (вологі умови, середні вологолюби) – в'яз, черемха, тополя, верби козяча, срібляста і ламка, береза пухнаста, вільха сіра;

*гігрофільні* (сирі умови, вологолюби) – вільха чорна;

*ультра-гігрофільні* (болота).

Природна потреба окремих порід у воді має важливе значення для життя лісу – його відновлення, росту і розвитку, плодоношення, старіння і відмирання. Від кількості вологи в ґрунті залежить якість деревини. Низької якості деревина буває тоді, коли дерева ростуть на недостатньо або надмірно зволожених ґрунтах.

Вивчаючи лісові екосистеми, П.С. Погребняк надавав значної уваги лісовим ґрунтам. На прикладі різних типів ґрунтів він показав важливу біогеохімічну роль кореневих систем деревних порід у процесі ґрунтотворення у лісовому біомі. Вчений розглядав ліс як природну єдність у взаємоповязаній кореляції деревостану та умов його місця проростання. Обґрунтований ним метод порівняльної екології дає змогу диференційно оцінювати лісорослинні умови залежно від ступеня родючості та вологості ґрунту. Для класифі-

каційної системи лісу та умов місця проростання (едатопів) учений розробив оригінальну едафічну сітку (класифікаційну схему). В ній ордината родючості (трофності) включає 4 трофотопи (A – оліготрофний – бори; B – оліго-мезотрофний – субори; C – мезотрофний – складні субори, сугруди; D – евтрофний – діброви груди). Ордината зволоження ґрунту включає 6 гігротопів (0 – ксерофільний; 1 – мезо-ксерофільний; 2 – мезофільний; 3 – мезо-гігрофільний; 4 – гігрофільний; 5 – ультра-гігрофільний). Залежно від характеру кліматичних і лісорослинних умов ряди трофотопів і гідротопів можуть відповідно збільшуватися. Едафічна сітка як екограма дає можливість виділяти типологічні одиниці залежно від якісних змін у лісовому середовищі з урахуванням видового складу корінних едифікаторів, кліматичних умов і характеру трав'яного ярусу.

Характеризуючи родючість ґрунтів, лісівники беруть до уваги здебільшого гранулометричний склад ґрунту. Нижче наведена характеристика чотирьох трофотопів.

***A – Бори.*** Рослинність оліготрофна (сосна, береза, брусниця, чорниця) невисокої продуктивності. Борам відповідають дуже збіднені ґрунти, зазвичай піщані, інколи більш глинисті, але з непотужним гуусовим горизонтом, що спричиняє (поряд з скелетністю) їхню бідність. Сюди відносять і торф'яні ґрунти, які утворюються унаслідок заболочування по сфагновому (верховому) типу.

***B – Субори.*** Рослинність із борових оліготрофів з домішкою мезотрофів (дуб, ялина, вільха, горобина), з переважанням перших. Їм відповідають відносно бідні за родючістю ґрунти – глинисті піски або піски з супіщаними і суглинковими прошарками незначної потужності. Відносять також малопотужні супіщані та суглинкові ґрунти, зокрема скелетні на гірських схилах. Відносять також торф'яні ґрунти, які утворюються унаслідок заболочування перехідного типу.

***C – Судіброви (сурамені, сугруди)***. Рослинність із оліго-, мезо- і мегатрофів, при-

чому деревні рослини належать до двох перших категорій трофності (сосна, дуб, ялина). Судібровам відповідають відносно родючі ґрунти . Сюди відносять також торф'яні ґрунти низинних боліт.

***D – Діброви (груди, рамені та ін.).*** Рослинність корінних насаджень із мезо- і мегатрофів; мезотрофи переважають у верхніх (деревних) ярусах (дуб, ялина, вільха); нижні яруси (підлісок, покрив) складаються виключно із мегатрофів. Цим місцевостям відповідають більш родючі ґрунти суглинкового, глинистого гранулометричного складу з потужним гумусовим горизонтом, рідше піщаного і супіщаного складу, але в останньому випадку вони не глибоко підстилаються добре доступними для коріння суглинками і глинами. Інколи їм відповідають піщані та супіщані ґрунти з близьким заляганням мінералізованих ґрунтових вод. До категорії D відносять також ґрунти багатих низинних боліт. Уся група D ділиться на дві частини: близька до групи C називається безясенева, а розміщена в сторону наростання трофності – ясенева, більш родюча [61; 62; 68].

Отже, бори – це ліси на дуже бідних ґрунтах, субори – на відносно бідних ґрунтах, судіброви – на відносно багатих ґрунтах, діброви – ліси на родючих ґрунтах.

Властивості ґрунту, його багатство в агрономічному сенсі не завжди збігаються із продуктивністю природних рослинних угруповань. Часто спостерігаються протиріччя: дуже бідні, промиті, вилугувані ґрунти є субстратом для екстрапродуктивних біогеоценозів. Яскравим прикладом цього є вологі дощові тропічні ліси на червоних і жовтих алітних (фералітних) ґрунтах. Гілеї за великою кількістю біомаси та рослинного опаду значно перевершують усі природні рослинні угруповання. Ґрунти ж, на яких розвиваються гілеї, настільки бідні елементами живлення, що у разі залучення їх у сільськогосподарське виробництво ледве можуть забезпечити отримання трьох-чотирьох задовільних урожаїв.

У природних умовах родючість ґрунтів нерозривно пов'язана з біоценозом, який відповідає цим ґрунтам і є результатом розвитку природного ґрунтотворного процесу. Єдність компонентів біоценозу неминуче ставить нас перед необхідністю оцінити продуктивність біогеоценозів не лише як результату ґрунтових умов, але і як екологічної особливості самих рослинних угруповань. У цьому випадку не ґрунт і його властивості визначають обсяг біомаси угруповання („урожай"), а саме природне угруповання регулює цей обсяг і підтримує його на рівні рівноваги складових частин біогеоценозу, що еволюційно склалася. Природні біоценози самі забезпечують властиву їм біологічну продуктивність.

У вирішення питання „Ґрунт – родючість – природні біоценози" значний вклад зробила В.В. Пономарьова (1972). Автор підкреслює величезне значення в екології рослин умов водно-мінерального живлення. Лісові угруповання розвиваються зазвичай в умовах вологого клімату. До них відносяться тайгові хвойні ліси на підзолистих ґрунтах в бореальному поясі, широколистяні ліси дубово-буково-грабові на бурих лісових ґрунтах в суббореальному поясі, ліси вологих субтропіків на червоноземах і жовтоземах, постійно вологі тропічні ліси на червоних і жовтих алітних ґрунтах і багато інших.

Вологий клімат лісів створює у ґрунтах промивний водний режим: кількість опадів перевищує можливі витрати вологи на транспірацію і випаровування з поверхні ґрунту. У ґрунтах залишається надлишок води, яка постійно промиває ґрунтові горизонти і надходить у ґрунтові води. Розчинні у воді речовини повинні були б вимиватися з профілю ґрунту. Проте винесення поживних речовин з ґрунту в ґрунтові води практично не відбувається. Зв'язки лісів з вологим кліматом є складними і можуть бути виражені схемою: вологий клімат → сильне вимивання (елювіювання) → ліс як елювіально-стійкий тип рослинності. Лісові біоценози добре переносять значне зволоження і вилуговування речовин атмосферними вода-

ми. Суть пристосування полягає у накопиченні та утриманні лісом необхідних йому запасів елементів-органогенів не в ґрунті, з якого легко відбувається вимивання, а в надійнішому сховищі – в біомасі.

У лісових угрупованнях міграція елементів відбувається не з низхідними водами, що фільтруються, а з висхідними до крон дерев розчинами різних речовин і їхнім закріпленням у біомасі дерев. В.В. Пономарьова підкреслює, що біологічний кругообіг елементів у лісах наближається до безпосереднього обміну між організмами та їхніми відмираючими залишками. Тому тайгові та тропічні ліси не утворюють високородючих у сільськогосподарському сенсі ґрунтів. Більше того, ліс здатний максимально використовувати найбідніші території (кварцеві піски та інші), проявляючи високу продуктивність. У лісах продуктивність біоценозів не збігається з родючістю ґрунту щодо його збагачення елементами живлення.

Отже, біологічний кругообіг елементів у лісовому угрупованні характеризується наступним. Опад, що формує лісову підстилку, – основне джерело постачання рослин елементами живлення. Біологічна маса (деревина, хвоя, листя, гілки) – основна комора зберігання елементів-біофілів. Кореневі системи навіть дерев-гігантів неглибоко проникають у ґрунт. Ґрунтові горизонти знаходяться під постійною дією атмосферних опадів, що фільтруються. Ґрунт у процесі ґрунтотворення втрачає потенційні елементи родючості. Утворюються майже неродючі кремнеземні (підзоли) або залізисто-алюмінієві (жовті і червоні) ґрунти. Дуже багато мінеральних елементів, які надходять у ґрунтові розчини, перехоплюються корінням.

У екологічному відношенні степові рослинні угруповання різко відрізняються від лісових. Степова рослинність живе на власному ґрунтово-водно-мінеральному живленні, унаслідок чого вона розвиває потужну кореневу систему, яка глибоко проникає у ґрунт і формує в зоні поширення свого коріння багатющу природну

комору поживних елементів – ґрунти чорноземного типу. В цьому випадку продуктивність біоценозу залежить від властивостей самого ґрунту. Між типово лісовими (тайга, гілеї) і типово степовими (лучний степ, високотравна савана) біогеоценозами існують різні форми природних угруповань, в яких по-різному беруть участь у створенні біомаси як рослинність, так і властивості і багатство ґрунту. До таких біогеоценозів з складним біологічним кругообігом відносять широколистяні ліси з сірими і коричневими лісовими ґрунтами, листопадні сезонно-вологі тропічні ліси та ін.

Поняття родючості стосовно природних умов втрачає агрономічний зміст, оскільки здатність задовольняти потреби рослин в елементах живлення і воді властива не лише ґрунту, але самому біологічному угрупованню. Іноді ця функція майже повністю переходить до біоценозу (тайга, гілея), хоча першоосновою накопичення елементів у біомасі все ж залишається ґрунт і материнська порода. Отже, не завжди обсяг природної біомаси свідчить про агрономічний рівень родючості.

У зв'язку з цим особливого значення набувають питання охорони лісових ґрунтів. Багаточисельні приклади освоєння тропічних ґрунтів без достатнього їхнього вивчення і окультурення свідчать про повну деградацію ґрунтів по шляху утворення латеритних панцирів. Природний тропічний ліс на латеризованих ґрунтах не відновлюється, а продуктивність вторинних лісів значно нижча за їхній початковий рівень. В умовах помірного поясу природоохоронними об'єктами є ліси на пісках, особливо кварцевих, ліси на гранітах, кварцитах, гнейсах і інших масивно-кристалічних породах, ліси на крутих схилах з малопотужними ґрунтами і т. д. Усі ці ґрунти є родючими для лісів, украй несприятливі в агрономічному відношенні і вимагають величезних витрат на окультурення.

## *3.4. Продуктивність лісів України*

За даними державного обліку лісів площа земель лісового фонду в Україні становить 10,8 млн га, з яких 9,4 млн га вкриті лісовою рослинністю. Лісистість України є нижчою, ніж у багатьох країнах Європи і становить 15,6%.

Показник ***„лісистість”*** вираховують як відношення площі земель, вкритих лісовою рослинністю, до загальної площі території. Оптимальною лісистістю вважають такий ступінь заліснення, при якому вкрита лісовою рослинністю площа забезпечує місцеві потреби у захисно-водоохоронних функціях лісу та лісоматеріалах. У табл. 3.6 наведені дані щодо оптимальної лісистості України, розраховані С.А. Генсіруком (1995). Науково обґрунтована величина показника лісистості для України становить 19–20%.

Ліси по території України розташовані дуже нерівномірно. Вони сконцентровані здебільшого на Поліссі та в Українських Карпатах. У таких областях України, як Миколаївська, Запорізька, Херсонська, Дніпропетровська, Одеська, Кіровоградська дуже низький рівень лісистості (див. табл. 3.6).

Ліси України сформовані понад 30-ма видами деревних порід. Основними лісоутворюючими породами є: хвойні (сосна звичайна, ялина, ялиця), твердолистяні (дуб звичайний, бук лісовий, граб звичайний, ясен звичайний, клен гостролистий) та м’яколистяні (акація біла, береза повисла, осика, вільха чорна). Переважають хвойні та твердолистяні породи. Так, хвойні насадження займають 42,2% вкритих лісовою рослинністю земель (домінує сосна – 33,6%), твердолистяні насадження – 43,2%, зокрема, дуб 25%, бук – 7%; м’яколистяні – 13,6%. За домінуванням усі ці породи можна розмістити в наступній послідовності: сосна, дуб, бук, ялина, береза, вільха, ясен, граб, ялиця. Решта деревних порід долучають до основного складу у вигляді домішок.

Ліси України згідно з Лісовим кодексом поділяють на дві групи: ***перша група*** – ліси, що

*Таблиця 3.6*

**Лісистість України за адміністративними областями (за даними Державного комітету лісового господарства України станом на 01.01.1996 р.)**

| Назва адміністративної області | Загальна територія, тис. км$^2$ | Вкриті лісовою рослинністю землі, тис. га | Лісистість, % | |
|---|---|---|---|---|
| | | | фактична | оптимальна |
| АР Крим | 27,0 | 308,7 | 11,4 | 19 |
| Вінницька | 26,5 | 351,4 | 13,3 | 16 |
| Волинська | 20,2 | 632,4 | 31,3 | 37 |
| Дніпропетровська | 31,9 | 152,8 | 4,8 | 8 |
| Донецька | 26,5 | 185,5 | 7,0 | 12 |
| Житомирська | 29,9 | 989,0 | 33,1 | 37 |
| Закарпатська | 12,8 | 652,9 | 51,0 | 55 |
| Запорізька | 27,2 | 105,4 | 3,9 | 5 |
| Івано-Франківська | 13,9 | 576,7 | 41,5 | 49 |
| Київська | 28,9 | 632,2 | 21,9 | 23 |
| Кіровоградська | 24,6 | 158,8 | 6,5 | 11 |
| Луганська | 26,7 | 282,9 | 10,6 | 16 |
| Львівська | 21,8 | 626,4 | 28,7 | 30 |
| Миколаївська | 24,6 | 94,9 | 3,9 | 7 |
| Одеська | 33,3 | 195,3 | 5,9 | 9 |
| Полтавська | 28,8 | 236,2 | 8,2 | 15 |
| Рівненська | 20,1 | 731,7 | 36,4 | 40 |
| Сумська | 23,8 | 403,8 | 17,0 | 21 |
| Тернопільська | 13,8 | 192,4 | 13,9 | 20 |
| Харківська | 31,4 | 372,7 | 11,9 | 15 |
| Херсонська | 28,5 | 132,4 | 4,6 | 8 |
| Хмельницька | 20,6 | 262,7 | 12,8 | 17 |
| Черкаська | 20,9 | 319,3 | 15,3 | 16 |
| Чернівецька | 8,1 | 237,8 | 29,4 | 33 |
| Чернігівська | 31,9 | 656,6 | 20,6 | 23 |
| ВСЬОГО по Україні | 603,7 | 9490,9 | 15,6 | 20 |
| *Примітка:* АР Крим з урахуванням м. Севастополя, Київська область з урахуванням м. Києва | | | | |

виконують зазвичай природоохоронні функції; ***друга група*** – ліси, призначені для промислового одержання деревини, тобто для лісовирощування. З метою збереження екологічних функцій лісів другої групи встановлюється режим

обмеженого лісокористування. Лісів 1-ї групи більше (6021,6 тис. га (56%) ніж лісів, призначених для експлуатації деревини (4760,6 тис. га (44%). Площа лісів, можливих для експлуатації в лісах першої групи, складає 27,1%, тоді як в лісах другої групи – 72,9 %.

Важливим показником стану лісів, з погляду довгострокової перспективи їхнього використання, є ***вікова структура лісів*** – розподіл площ лісів за групами віку. В українському господарстві зберігся поділ лісів на молодняки (вік до 40 років), середньовікові (40–60 років), пристигаючі (60–80 років) і стиглі та перестійні (понад 80 років). Економічно найвигіднішим є рівномірний розподіл площ насаджень за групами віку. На жаль, ліси України характеризуються нерівномірним розподілом лісонасаджень за групами віку зі значним переважанням молодняків і середньовікових деревостанів (76%) та недостатньою кількістю стиглих і перестійних (11,2%). Вікова структура твердолистяних порід є ліпшою порівняно з хвойними породами. До позитивних тенденцій відносять покращення вікової структури лісів за період з 1988 по 1996 роки (див. табл. 3.7).

*Таблиця 3.7*

**Структура стану лісів України за групами віку (у відсотках до площі лісових насаджень)**

| Групи віку | Всього по Україні | | у тому числі за групами порід | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | хвойні | | твердолистяні | |
| | 1988 | 1996 | 1988 | 1996 | 1988 | 1996 |
| Молодняки | 46,8 | 31,5 | 59,4 | 44,3 | 38,2 | 23,4 |
| Середньовікові | 38,1 | 44,6 | 28,5 | 36,4 | 43,8 | 49,4 |
| Пристигаючі | 9,3 | 12,7 | 9,1 | 13,3 | 9,4 | 11,7 |
| Стиглі та перестійні | 5,8 | 11,2 | 3,0 | 6,0 | 8,6 | 15,5 |

Запаси стиглих і перестійних деревостанів, можливих для експлуатації, у лісах державного значення становлять для лісів першої групи – 18,9 млн м$^3$, для лісів другої групи – 80,7 млн м$^3$. Удвічі збільшилися запаси наса-

джень, можливих для експлуатації в другій групі лісів у 1996-му році, порівняно з 1988 р., що засвідчує про поступове вирівнювання вкрай нерівномірної вікової структури лісових насаджень.

Порівняння даних останнього (1996 р.) та попереднього (1988 р.) державного обліку лісів свідчить про певне покращення стану лісів України. Зокрема, лісистість зросла з 14,2 до 15,6 %, проте для забезпечення екологічних стандартів території країни її потрібно довести до рівня 20–22 %, насамперед за рахунок заліснення непридатних для сільськогосподарського користування земель південно-східних та центральних регіонів.

*Таблиця 3.8*

**Характеристика лісорослинних зон України (за даними Державного комітету лісового господарства України станом на 01.01.1996 р.)**

| *Лісорослинні зони* | *Області* | *Групи порід* | *Переважаючі породи* | *Тип лісорослинних умов* |
|---|---|---|---|---|
| Полісся | Волинська, Житомирська, Рівненська, Чернігівська | хвойні – 64,5%, м'яколистяні – 22,5%, твердолистяні – 13% | сосна (60%), дуб (18%), береза (11%), вільха (7%), осика (2%) | свіжі та вологі дубові субори |
| Лісостеп | Вінницька, Київська, Полтавська, Сумська, Тернопільська, Харківська, Хмельницька, Черкаська | твердолистяні – 63,6%, хвойні – 24,6%, м'яколистяні – 11,8% | дуб (43%), сосна (23%), граб (10%), бук (5%), вільха (3,3%), береза (2,6%), клен | діброви (50%), судіброви, сугруди та субори (30%), соснові бори (10%) |
| Степ | Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Кіровоградська, Луганська, Миколаївська, Одеська, Херсонська, степова зона Криму | твердолистяні – 78%, хвойні – 19,6%, м'яколистяні – 2,4% | дуб, сосна, ясен, граб, акація, береза, в'яз | дуже сухі та сухі груди, сухі та дуже сухі діброви |
| Карпати | Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Чернівецька | твердолистяні – 46%, хвойні – 44%, м'яколистяні – 10% | смерека, бук, дуб, ялиця, явір | свіжі та вологі грабові діброви, свіжі і вологі чисті бучини, вологі чисті та буково-смерекові сурамені |
| Крим | Автономна республіка Крим (гірська зона) | твердолистяні – 89,2%, хвойні – 7,2%, м'яколистяні та чагарники – 3,6% | дуб пухнастий і скельний, бук, граб, сосна кримська | сухі та дуже сухі груди, свіжа грабова субучина, свіжа букова діброва |

Покращилася і вікова структура лісів. Частка стиглих деревостанів у загальній площі вкритих лісовою рослинністю за вказаний період зросла з 6 до 11%, хоча досягнення оптимального значення – 18–20% – справа досить далекої перспективи. Причиною нерівномірного вікового розподілу були надмірні обсяги рубок в минулому та великі площі наступних лісопосадок. Наявність значної кількості молодняків і середньовікових насаджень у загальній структурі лісу є свідченням потенційних можливостей збільшення у перспективі обсягів лісокористування.

Україна має досить різноманітні природні умови, зокрема, ґрунтово-кліматичні та ландшафтні для вирощування лісу, що зумовило формування на її території лісів різного складу за лісоутворюючими породами.

Для здійснення основних лісогосподарських заходів з урахуванням найбільш вагомих особливостей лісорослинних умов, територія країни поділяється лісівниками на 5 лісорослинних зон: *Полісся, Лісостеп, Степ, Карпати, гірський Крим.* Розглянемо детальніше основні характеристики лісорослинних зон (див. табл. 3.8).

***Продуктивність лісів визначається за такими показниками:*** бонітет, повнота насаджень, запас головних лісоутворюючих порід, середній приріст (див. табл. 3.9).

Загальний запас деревини в лісах України станом на 1996 рік становить 1736,0 млн м$^3$, середній запас в розрахунку на 1 га вкритих лісовою рослинністю земель – 186 м$^3$, а на 1 га стиглих і перестійних насаджень – 237 м$^3$. Середній приріст в розрахунку на 1 га вкритих лісовою рослинністю земель складає 3,8 м$^3$ (у Німеччині – 5,5, в Угорщині – 6,4) коливається від 5,0 м$^3$ в Карпатах до 2,5 м$^3$ у степовій зоні; загальний середньорічний приріст деревини (зміна запасу) – 37 млн м$^3$.

До групи найбільш продуктивних відносять ліси північних і західних областей України. Важливою ознакою є бонітет, який визначається низкою характеристик – середньою ви-

*Таблиця 3.9*

**Продуктивність лісів України**
**(за даними Державного комітету лісового господарства України станом на 01.01. 1988 р.)**

| Області | Покриті лісом землі за класами бонітету, тис. га | | | Покриті лісом землі за повнотою, тис. га | | | Середній запас деревини на 1 га основних лісоутворюючих порід, м$^3$ | | Середній приріст деревини | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | II та вищі класи бонітетів | III – V класи бонітетів | V та нижчі класи бонітетів | 1,0–0,8 | 0,7–0,5 | 0,4–0,3 | всіх насаджень | спілих, які можливо експлуатувати | загальний, млн. м$^3$ | на 1 га вкритих лісом земель, м$^3$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Україна – всього | 4 939 | 1126 | 84 | 2 526 | 3 499 | 124 | 171 | 287 | 24,4 | 4,0 |
| Мінлісгосп – усього | 3 939 | 1017 | 72 | 2 043 | 2 896 | 89 | 155 | 249 | 18,7 | 3,7 |
| у тому числі: | | | | | | | | | | |
| Вінницька | 187 | 13 | – | 140 | 60 | – | 144 | 218 | 0,7 | 3,2 |
| Волинська | 307 | 63 | 1 | 136 | 230 | 5 | 134 | 222 | 1,4 | 3,9 |
| Луганська | 82 | 94 | 1 | 63 | 112 | 2 | 101 | 132 | 0,5 | 3,0 |
| Дніпропетровська | 33 | 29 | – | 17 | 44 | 1 | 72 | – | 0,2 | 2,6 |
| Донецька | 46 | 41 | – | 39 | 46 | 2 | 113 | – | 0,3 | 3,0 |
| Житомирська | 561 | 91 | 2 | 222 | 245 | 7 | 190 | 253 | 2,6 | 3,9 |

*Закінчення табл. 3.9*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Запорізька | 6 | 12 | – | 9 | 9 | – | 48 | – | – | 2,2 |
| Київська | 383 | 41 | – | 187 | 232 | 5 | 184 | 257 | 1,9 | 4,5 |
| Кіровоградська | 53 | 18 | – | 51 | 20 | – | 136 | 173 | 0,2 | 2,9 |
| Республіка Крим | 9 | 174 | 59 | 107 | 121 | 14 | 130 | – | 0,4 | 1,7 |
| Львівська | 412 | 16 | – | 173 | 240 | 15 | 189 | 341 | 1,9 | 4,5 |
| Миколаївська | 17 | 13 | – | 13 | 16 | 1 | 56 | – | 0,1 | 2,7 |
| Одеська | 42 | 33 | – | 27 | 47 | 1 | 104 | 186 | 0,2 | 2,7 |
| Полтавська | 93 | 35 | – | 62 | 64 | 2 | 142 | 145 | 0,5 | 4,1 |
| Рівненська | 437 | 125 | 9 | 213 | 342 | 16 | 116 | 203 | 2,0 | 3,6 |
| Сумська | 243 | 21 | – | 58 | 203 | 3 | 221 | 260 | 1,1 | 4,1 |
| Тернопільська | 137 | 8 | – | 76 | 67 | 2 | 138 | 175 | 0,6 | 3,9 |
| Харківська | 199 | 88 | – | 99 | 183 | 5 | 148 | 185 | 1,0 | 3,4 |
| Херсонська | 43 | 36 | – | 48 | 29 | 2 | 85 | – | 0,2 | 3,0 |
| Хмельницька | 154 | 12 | – | 94 | 72 | – | 150 | 213 | 0,7 | 4,1 |
| Черкаська | 169 | 28 | – | 79 | 116 | 2 | 164 | 243 | 0,7 | 3,8 |
| Чернігівська | 326 | 26 | – | 130 | 218 | 4 | 177 | 203 | 1,5 | 4,3 |

сотою дерев залежно від віку, середнім об'ємом стовбура, кількістю дерев на 1 га, а отже, – запасом деревини (об'єм деревини на 1 га), поточним і середнім приростами запасу деревини. Ліси України мають високі класи бонітету. Першим класом бонітету представлені ялицеві, смерекові, тополеві, соснові лісостани. Насадження дуба високостовбурного і вільхи чорної характеризуються II класом бонітету [23]. Середня продуктивність лісів України характеризується II класом бонітету.

У держлісфонді України переважають насадження з повнотою 0,7 і вище. Їхня питома вага становить 75%. Значні площі (25%) низькоповнотних лісів повинні стати об'єктами збільшення продуктивності.

Загальний запас насаджень досить рівномірно розподілений у межах трьох лісорослинних зон – Полісся, Карпат, Лісостепу (див. табл. 3.10). Найбільший середній запас на 1 га вкритої лісовою рослинністю землі мають Карпати. Лісові насадження степу та гірського Криму є вкрай низькопродуктивними внаслідок несприятливих кліматичних і ґрунтових умов. Фактична лісистість усіх лісорослинних зон України є нижчою за оптимальну.

Маючи майже однакову площу насаджень, загальний запас хвойних порід є на чверть вищим від запасу твердолистяних порід. Це свідчить про вищу продуктивність хвойних лісів. Найбільш продуктивними в Україні є насадження ялини, середній запас якої складає 300 м$^3$/га, а запас стиглих та перестійних деревостанів – 494 м$^3$/га. Дуже низькою є площа стиглих і перестійних насаджень, особливо для таких порід, як сосна – 4,3%, береза – 7,5%, дуб – 8,9%.

Надзвичайно несприятливо складається ситуація з другою за поширенням породою українських лісів – дубом. Середній запас дубових насаджень на 1 га складає лише 161 м$^3$, що є дуже низьким результатом, навіть з урахуванням того факту, що значна частина цих насаджень розташована на малопродуктивних землях степу та лісостепу. Показники середнього

запасу стиглих та перестійних насаджень для дуба – 186 м$^3$/га – є найнижчими, навіть порівняно з м'яколистяними породами. Сучасний стан дубових насаджень є надзвичайно складним. Продовжується часткове ослаблення та всихання деревостанів. За свідченням спеціалістів, всихають зазвичай чисті одноярусні порослеві насадження другої – четвертої генерації, віком понад 70 років, що зростають здебільшого на сході та півдні України. Можна припустити, що це пов'язано з недосконалістю лісівництва та

*Таблиця 3.10*

**Загальні дані по лісорослинних зонах України (за даними Державного комітету лісового господарства України станом на 01.01.1996 р.)**

| Лісорослинні зони | Загальна площа території, тис. км$^2$ | Площа земель лісового фонду, тис. га | Вкриті лісовою рослинністю землі, тис. га | Запас насаджень, млн м$^3$ | Середній запас на 1 га, м$^3$ | Лісистість, % | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | фактична | оптимальна |
| Полісся | 101,9 | 3346,1 | 2973,3 | 528,6 | 177,8 | 29,2 | 40 |
| Лісостеп | 194,7 | 3105,4 | 2742,6 | 521,7 | 190,2 | 14,1 | 20 |
| Степ | 242,8 | 1753,8 | 1323,8 | 131,7 | 99,5 | 5,4 | 10 |
| Карпати | 56,6 | 2267,9 | 2076,5 | 523,4 | 252,1 | 36,7 | 50-55 |
| Крим гірський | 7,5 | 309,0 | 284,0 | 30,6 | 108,0 | 37,8 | 40 |
| Усього | 603,5 | 10782,2 | 9400,2 | 1736,0 | 184,7 | 15,6 | 20-25 |

невідповідністю природно-кліматичних та лісорослинних умов для розведення в цьому регіоні дуба звичайного, природний ареал поширення якого проходить дещо північніше.

Генсірук С.А. відзначає низькоповнотність і низькотоварність наших лісів: частка стиглих соснових лісів у віковій структурі становить лише 1,9%, а дубових – 2,1%, замість 15–16%, як того вимагають лісівничі норми [22, 23]. За площею лісів, лісистістю території та запасами деревини Україну відносять до лісодефіцитних країн.

***Контрольні запитання:***

1. Які фактори мають найбільший вплив на продуктивність природних рослинних угруповань?
2. Якими показниками оцінюють продуктивність природних фітоценозів?
3. Що називають валовою первинною продукцією?
4. Охарактеризуйте продуктивність природних фітоценозів у різних зонах.
5. Який вплив властивостей ґрунтів на продуктивність лісових ценозів?
6. Якою є продуктивність лісів України?

Галина
Іванюк

*Розділ 4*

# *ПРОДУКТИВНІСТЬ ЕДАФОНУ*

Як зазначалося вище, біопродуктивність ґрунту визначається не тільки продуктивністю рослин, але й продуктивністю ґрунтових тварин і мікроорганізмів. Живі організми, які населяють ґрунт, є одним із його основних функціональних компонентів. Від діяльності цих організмів залежить характер та інтенсивність біологічного кругообігу речовин, масштабність та інтенсивність фіксації основного біогенного елемента – атмосферного нітрогену, здатність ґрунту до самоочищення, якість сільськогосподарської продукції. Величезною є роль живих організмів у формуванні родючості ґрунту. Знання особливостей функціонування ґрунтової біоти в різних екологічних умовах дуже важливе для створення продуктивних і стійких агроекосистем, виробництва екологічно безпечної сільськогосподарської продукції і мінімізації забруднення біосфери.

## *4.1. Склад едафону*

Верхній шар ґрунту загалом складається з мінеральної субстанції та органічної речовини. Відповідно, органічна речовина представлена гумусом, рослинними рештками, едафоном. У структуру едафону входять бактерії та актиноміцети, гриби і водорості, дощові черв'яки та інша фауна (див. рис. 4.1).

За даними В.А. Ковди біомаса суші Землі становить $3{,}1\times10^{12}$–$1\times10^{13}$ т, у тому числі: ліси – $n\times10^{11}$–$n\times10^{12}$; трави – $n\times10^{10}$–$n\times10^{11}$; тварини – $n\times10^{9}$; мікроорганізми – $n\times10^{8\text{-}9}$ [65]. У біомасі суші акумулюється $630\times10^{20}$ Дж енергії [28].

Інші дані наводить Д.І. Нікітін (1974). Згідно з його розрахунками, біомаса всіх живих істот суші складається з біомаси таких організмів (сухий залишок):

тварин – $0{,}55\cdot10^{9}$ т;

рослин – $55\cdot10^{9}$ т;

мікроорганізмів – $74{,}46 \cdot 10^9$ т, в т.ч.:

а) у тундрових і пустельних ґрунтах – $3{,}06 \cdot 10^9$ т;

б) інших ґрунтах – $71{,}4 \cdot 10^9$ т;

найпростіших і ґрунтових водоростей – $1{,}5 \cdot 10^9$ т.

Рис. 4.1. Загальний склад верхнього шару ґрунту та його едафону (за Д. Шредером, 1978 і В. Тишлером, 1955, з доповненнями [65])

Отже, сумарна біомаса вищих рослин і тварин суші, за Д.І. Нікітіним, складає близько $56 \cdot 10^9$ т. Водночас біомаса мікроорганізмів і водоростей приблизно дорівнює $76 \cdot 10^9$ т [58]. Уже з цих цифр можна отримати уявлення про величезну роль мікроорганізмів у біосфері загалом і в ґрунтах зокрема.

За Г.В. Добровольським і Є.Д. Нікітіним (1990), близько 60–90% біомаси Землі представлено мікроорганізмами (бактеріями, грибами, водоростями, найпростішими), які населяють зазвичай ґрунт.

Ґрунт відзначається найбільшим скупченням живих організмів, порівняно з іншими природними середовищами. Кількість бактерій в 1 г ґрунту сягає кількох мільярдів клітин, іноді навіть кілька десятків мільярдів клітин, їхня маса становить у середньому 10 т/га; таку ж масу мають мікроскопічні гриби, а загальна довжина гіфів грибів – сотні і тисячі метрів в 1 г ґрунту. Максимальною концентрацією бактерій і найбільшою довжиною міцелію грибів відрізняються лісові підстилки і верхні гумусовані горизонти ґрунтів. Вниз за профілем кількість бактерій і довжина міцелію грибів зменшуються. Сумарна біомаса живих мікроорганізмів може становити кілька десятків тонн на 1 га [75].

За даними М.С. Гілярова і Д.А. Криволуцького [24], 1 г вологого ґрунту містить $10^3$–$10^6$ особин амеб і джгутиконосців, $10^3$ інфузорій, $10^4$ черепашкових амеб (у лісі) і до 250 – в орному ґрунті. За надзвичайно малих розмірів (довжина джгутикових – 2–5 мікрон, амеб – 10, інфузорій – 10–20 мікрон), їхня біомаса завдяки величезній кількість досягає 1–10 г/м$^2$. Їхня продуктивність винятково висока, особливо якщо порівняти її з розмірами самих тварин. Так, амеби за 24 години потенційно здатні створити масу протоплазми, яка в п'ять разів перевищує їхню первісну вагу, а джгутикові навіть ще швидше. Популяція найпростіших поновлюється у ґрунтах кожні 1–3 дні, а в рік буває 50–300 генерацій.

Представників ***ґрунтової фауни*** за розмірами поділяють на чотири групи (Bachelier, 1963; Ковда, 1973):

а) мікрофауна – організми, розміри яких менші 0,2 мм. Це головно протозоа, нематоди, ризоподи, ехінококи, що живуть у вологому ґрунті, у капілярах, заповнених ґрунтовим розчином;

б) мезофауна поєднує види тварин розміром 0,2–4 мм, які пристосовані до життя в ґрунті з досить вологим повітрям. У складі мезофауни ґрунтів переважають мікроартроподи: дрібні комахи, деякі міріаподи і специфічні види черв'яків;

в) макрофауна складається з тварин, розміри яких становлять 4–80 мм. Це земляні черв'яки, вищі комахи (терміти, мурахи та їхні личинки, міріаподи, молюски й ін. види);

г) мегафауна складається з тварин, розміри яких коливаються від 1 см до 1–1,5 м. Це великі комахи, краби, скорпіони, кроти, змії, черепахи, дрібні та великі гризуни, лисиці, борсуки та ін. [65].

Серед ***тварин*** у ґрунті переважають безхребетні (97–99% усієї зоомаси). Найчисельнішими є найпростіші одноклітинні організми (амеби, інфузорії, радіолярії тощо), яких у 1 г ґрунту може бути 25–500 тисяч.

Кількість дощових черв'яків може досягати від 200 тис. до 5 млн. особин на 1 га, на сіножатях і пасовищах ще більше – до 12 млн/га, а їхня біомаса коливається від 0,5 до 4 т/га [7]. Чисельність членистоногих, серед яких переважають кліщі та ногохвостки, може сягати в ґрунті від десятків мільйонів до кількох мільярдів особин на 1 га. Біомаса нематод у культурних ґрунтах досягає 50 кг/га, а кількість у лучних ґрунтах – 20 млн особин на 1 м$^2$.

Маса хребетних тварин порівняно з безхребетними незначна. У лучних степах вона складає приблизно 1% від загальної зоомаси, в дібровах – 0,12%, у мішаних лісах і тайзі – від 1,6 до 4%, в тундрі – до 5% [29].

## *4.2. Діяльність ґрунтових тварин і мікроорганізмів та чинники, які визначають їхній розвиток*

Значення ***тварин*** для ґрунтотворення досить значне. Вони беруть участь у нагромадженні і розкладенні органічної речовини, впливають на фізичні та хімічні властивості ґрунту, розвиток процесів ерозії, структуру ґрунтового покриву. Ґрунтова фауна сприяє перерозподілу на поверхні і в товщі ґрунту органічних залишків, подрібненню їх і перемішуванню з мінеральною масою ґрунту. Утворення у ґрунті біологічних ходів і пустот підвищує шпаруватість, водопроникність та аерацію ґрунтів і сприяє розвитку аеробних мікробіологічних процесів розкладення органічної речовини. Чисельні ґрунтові комахи беруть безпосередню участь у руйнуванні відмерлого коріння рослин.

Найпростіші одноклітинні відіграють незначну роль у процесах ґрунтотворення, однак беруть активну участь у трансформації органічної речовини, в тім числі й гумусу. Ногохвостки подрібнюють рослинні рештки і регулюють кількість (часто живляться бактеріями) деяких мікроорганізмів. Кліщі, які чисельні в лісових ґрунтах, теж активно подрібнюють рослинні рештки. Ґрунтові дрібні черви-нематоди мають

екологічне значення як регулятори чисельності певних груп мікроорганізмів.

Широко відома роль дощових черв'яків у ґрунтотворенні. Вони збагачують ґрунт перегноєм, увібраними основами; знижують кислотність ґрунтового розчину завдяки накопиченню біогенного кальциту; унаслідок міграції черв'яків відбувається перемішування ґрунту, підвищується його шпаруватість і покращується аерація. Велика роль черв'яків в оструктурюванні ґрунтів. Екскременти дощових черв'яків (копроліти) є водостійкими агрегатами ґрунтової структури, зцементовані органічними колоїдами і збагачені кальцитом, який утворюється у кишечнику черв'яків під час травлення.

За добу черв'як орного ґрунту пропускає через кишечник кількість ґрунту, що складає 176–192% його власної маси. Черв'яки можуть переробити щороку на 1 га від 50 до 400–600 т ґрунту, отже, шар ґрунту потужністю 30 см може пройти через кишечник черв'яків за період від 6 до 75 років [29]. Мережа ходів, які прокладають дощові черв'яки, становить від 4 до 70 тис. км на 1 га. Це вдесятеро збільшує площу контакту ґрунту з повітрям [56]. Позитивний вплив черв'яків на родючість ґрунтів настільки значний, що запропоновано спеціальні заходи щодо штучного збільшення їхньої чисельності в ґрунті.

Для напівпустель і пустель характерна активна риюча діяльність мокриць, мурашок і термітів. Так, у поселеннях пустельних стоніжок щорік з глибоких горизонтів на поверхню виноситься до 5,5 кг/м$^2$ ґрунту (Стріганова, 1996). У процесі переміщення ґрунтової маси тварини можуть активно зміщувати положення сольового максимуму в ґрунтовому профілі і дещо змінювати гранулометричний склад ґрунту в населеному шарі. Наприклад, риюча діяльність термітів і мурашок у ґрунтах аридних ландшафтів приводить до збільшення вмісту фізичної глини на 5–33%, що викликає суттєві зміни режиму вологості ґрунту і динаміки гумусоутворення.

Серед хребетних, що перебувають у ґрунті, особливе значення мають землерії (ховрахи, кроти та ін.). Завдяки їхній діяльності ґрунти можуть бути настільки перериті землериями, що в них не можна розрізнити окремих горизонтів, а закипання спостерігається з поверхні або на невеликій глибині. Окрім цього, риючі тварини в процесі життєдіяльності сприяють створенню зоогенного мікрорельєфу. Утворення горбків землериїв (кротів, ховрахів, бабаків тощо) приводить до перерозподілу тепла і вологи, а у деяких випадках і солей, є причиною формування комплексності ґрунтово-рослинного покриву.

Риюча діяльність ссавців впливає на розвиток водної ерозії, а в пісках прискорює і підсилює процеси дефляції [29].

***Мікроорганізми*** виконують різні функції. Ціанобактерії синтезують органічну речовину, фіксують нітроген із повітря і тим самим підвищують родючість ґрунту. Гриби розщеплюють клітковину, лігнін і таким чином відіграють важливу роль в утворенні гумусу і підвищенні родючості ґрунтів. Актиноміцети продукують антибіотичні речовини, що дає змогу їм підтримувати рівновагу мікроорганізмів у зоні заселення.

За якістю і різноманіттям бактерії домінують над іншими групами мікроорганізмів. До цієї групи входять збудники багатьох процесів: фіксації і перетворення нітрогену, перетворення сульфуру, феруму та інших елементів у ґрунті, що також підвищує біологічну активність і родючість.

Мікробіологічні процеси найінтенсивніше відбуваються у південних ґрунтах, підвищення температурного оптимуму на 10°С подвоює їхню біологічну активність. Унаслідок різних процесів у ґрунті відбувається зміна мікробних асоціацій і, навпаки, заміщення мікробних асоціацій може активізовувати або гальмувати ґрунтові процеси.

Ґрунтові мікроорганізми умовно можна поділити на корисні та шкідливі. *Функції корисних мікроорганізмів*: фіксація атмосферного нітрогену; розкладення органічних решток; при-

гнічення ґрунтових патогенів; рециклізація та збільшення доступного живлення для рослин; руйнування токсикантів, у тім числі пестицидів; утворення антибіотиків та інших біологічно активних сполук; утворення простих органічних сполук для росту рослин; зв'язування важких металів, що лімітують ріст рослин; розчинення важкорозчинних поживних речовин; утворення полісахаридів, які сприяють агрегації ґрунтів. *Шкідливі мікроорганізми* спричиняють хвороби рослин; стимулюють розвиток ґрунтових патогенів; іммобілізують (закріплюють) живлення рослин; пригнічують проростання насіння, ріст і розвиток рослин; утворюють фітотоксичні речовини.

Розглянемо фактори середовища, які впливають на розвиток мікробного ценозу ґрунту.

На активність мікроорганізмів і формування їхнього ценозу в ґрунті впливає низка факторів. Найперше треба відзначити роль **температури** для розвитку мікробіологічних процесів. На температуру ґрунту величезний вплив має географічний фактор. Крім того, існують добові коливання температури, які найбільше проявляються у верхньому горизонті ґрунтів. У кріоморфних ґрунтах на певній глибині присутній шар багаторічної мерзлоти, який пригнічує активність мікроорганізмів. В одній і тій самій зоні температурний режим ґрунту залежить від його теплоємності, теплопровідності, характеру рослинності і т.д.

Серед мікроорганізмів є *психрофіли*, які розмножуються при відносно низьких додатних температурах; *мезофіли*, які ростуть при звичайних температурах і *термофіли*, які потребують високої температури. Більшість мікроорганізмів є мезофілами. Оптимальна і максимальна температури в більшості ґрунтових мезофільних організмів змінюються залежно від клімату. Бактерії у південних ґрунтах мають підвищені температурні оптимум і максимум. У цьому проявляється здатність мікроорганізмів пристосовуватися до умов середовища. Вона відсутня лише у бактерій, які завершують процес мінераліза-

ції органічних решток (*Bacillus megaterium, Bac. subtilis, Bac. Mesentericus* та ін.). Здебільшого це спороутворюючі бактерії. Для їхнього існування температурна адаптація не має суттєвого значення. У ґрунтах південних зон поширені мікроорганізми, які мають підвищені вимоги до тепла. Наприклад, південні ґрунти значно багатші теплолюбними грибами роду *Aspergillus*, тоді як у ґрунтах північних районів переважає рід *Penicillium*, представники якого розвиваються за нижчих температур.

Термофіли володіють дуже високою біохімічною активністю. Тому в південних ґрунтах за сприятливих умов мікробіологічні процеси відбуваються енергійніше, ніж у північних. Проте навіть у південних ґрунтах дуже мало термофільних організмів, і суттєвої ролі в ґрунтових процесах вони не відіграють. Це пояснюється тим, що під час значного нагрівання ґрунт швидко пересихає і створюється несприятлива ситуація для розмноження термофілів. Термофільні організми надходять у ґрунт зазвичай із гноєм. Збагачення ґрунту термофілами може бути непрямою ознакою ступеня його угноєння.

Температурним режимом ґрунту дещо можна керувати. У польових умовах температурний режим поліпшують відповідним обробітком ґрунту, мульчуванням, створенням екранів шляхом нанесення на ґрунт темних речовин (торф, попіл і т.д.).

Величезний вплив на життєдіяльність мікроорганізмів має **вологa ґрунту**. Переважно із ґрунтового розчину рослини і мікроорганізми вбирають поживні речовини. Окремі мікроорганізми, зазвичай актиноміцети і деякі гриби, можуть розвиватися за дуже низької вологості ґрунту. Рослини більше вимогливі до вологи.

Вважають, що мобілізаційні, агрономічно бажані процеси найліпше відбуваються при вологості ґрунту, близькій до 60% його повної вологоємності. При більшому зволоженні з ґрунту витісняється повітря, що пригнічує аеробні мікробіологічні процеси.

Вологість ґрунтів значно коливається, особливо у незрошуваних ґрунтах південних зон, в яких у період дефіциту вологи часто пригнічується діяльність бактерій, проте активізуються актиноміцети і гриби. В періоди значного висушування ґрунтів активна діяльність мікроорганізмів в них взагалі припиняється. Тому в сухих степах енергійніше мікробіологічні процеси в ґрунті відбуваються не влітку, а весною і восени – за нижчих температур і достатній вологості ґрунту.

Отже, в ґрунтових процесах величезне значення має поєднання температурних умов і вологості. М.М. Кононова розробила схему інтенсивності біологічних процесів у ґрунтах на основі врахування температурного фактора і вологості (див. табл. 4.1). Ця схема дає змогу створити приблизне уявлення про інтенсивність мікробіологічних процесів у різних ґрунтово-кліматичних умовах: як висока, так і низька температура пригнічує ці процеси в ґрунті, а найінтенсивніше вони відбуваються при температурі 20–30$^0$С.

Необхідно зауважити, що при низькій вологості досить діяльними є різні ферменти. Тому в періоди дефіциту вологи ґрунт не є інертним субстратом.

Температурно-водний режим має значний вплив на формування мікробного ценозу в ґрунті. Спостереження свідчать про закономірну зміну мікробних асоціацій у процесі розкладення органічної речовини. Так, у перші фази розкладення рослинних решток на них розвиваються гриби і неспороутворюючі бактерії. Пізніше збільшується кількість бацил і актиноміцетів. Відбувається також зміна систематичних груп мікроорганізмів. Оскільки в різних кліматичних зонах розкладення органічної речовини відбувається з різною швидкістю, то це суттєво впливає на склад угруповань мікроорганізмів у ґрунті.

*Таблиця 4.1*

**Градації можливої інтенсивності мікробіологічних процесів за різних умов середовища (за М.М. Кононовою)**

| Температура ґрунту, °С | Коефіцієнт зволоження* | Можлива інтенсивність мікробіологічної діяльності |
|---|---|---|
| ≥30 | ≥1,50 | Слабка |
| 30–20 | 1,49–1,00 | Дуже інтенсивна |
| 20–10 | 0,99–0,60 | Досить інтенсивна |
| 10–5 | 0,59–0,30 | Слабка |
| ≤5 | 0,29–0,13 | Дуже слабка |

* Коефіцієнт зволоження – це відношення річної кількості опадів до величини випаровуваності (з водної поверхні).

Не менше значення для мікробіологічних процесів ґрунту, аніж температура і вологість, має **повітряний режим**. Повітря міститься у ґрунтових шпарах і тріщинах. Вміст повітря у ґрунті значно коливається, залежно від зволоження і ущільнення ґрунту.

Нестача в ґрунті оксисену призводить до створення анаеробних умов, в яких починають активну діяльність анаероби. Аеробні організми добре функціонують при підвищеному вмісті $CO_2$ в ґрунтовому повітрі, проте при концентраціях $CO_2$ 1–1,5% і вище діяльність деяких груп мікроорганізмів суттєво знижується. Проте, аеробні ціанобактерії краще розвиваються при підвищеному вмісті діоксиду карбону в ґрунті. Оптимальна для них концентрація $CO_2$ – 1%, а максимальна – 12% і більше.

Забезпеченість ґрунту оксисеном пов'язана з його **окисно-відновними умовами**, які характеризуються величиною Eh (окисно-відновний потенціал). У верхньому шарі підзолів значення Eh коливається в межах 600–750 мВ, у чорноземах – 350–600, у сіроземах – 350–400 мВ. При зниженні Eh до 200–250 мВ у ґрунті починають розвиватися мікробіологічні процеси різко від-

новного характеру, наприклад, утворення глею. В нейтральних ґрунтах, вже при *E*h = 250 мВ, відновлюється така кількість мангану, що закисні форми цього елемента можуть отруїти рослину.

У затоплених ґрунтах достатньо забезпечений оксигеном лише верхній шар, потужністю кілька сантиметрів. Глибше значення Eh знижується до 100–110 мВ, переважають відновні процеси.

Несприятливими для ґрунту є і різко окисні умови. Так, у нейтральних ґрунтах (pH 6,5–7) при *E*h 550 мВ, а в кислих (pH близько 5) при *E*h 680 мВ відбувається майже повне окислення солей феруму і мангану, і вони випадають з розчину, що призводить до порушення живлення рослин цими елементами.

Деякі аеробні ґрунтові мікроорганізми (*Bacillus subtilis, Aspergillus niger* та ін.) можуть розмножуватися при вмісті в ґрунті 0,13–0,26% оксисену.

Окремі групи аеробних мікроорганізмів мають неоднакове ставлення до зниження оксигену в повітрі. Так, мукорові гриби більш аеробні, ніж представники роду *Penicillium*. Деякі бактерії, наприклад, *Bacillus mycoides*, тяжіють до верхніх горизонтів ґрунту, а *Bac. idosus* добре росте і в верхніх, і в нижніх горизонтах.

Не більше 10% бактерій ґрунту належать до строгих і факультативних анаеробів.

На характер мікрофлори значний вплив має **активна кислотність ґрунту**. Одна і та сама величина pH може мати неоднакове значення у діяльності мікроорганізмів у різних ґрунтах. Так, у підзолах деяке зниження pH спричиняє вивільнення алюмінію, який токсично впливає на деякі мікроорганізми. Цього немає у збагачених кальцієм чорноземах. Тому підкислення підзолів спричиняє значно сильніше пригнічення мікробіологічних процесів, ніж таке ж підкислення чорноземів. До алюмінію найбільш чутливі актиноміцети, азотобактер і багато водоростей. Підвищений вміст цього елемента легко переносять гриби і певні бактерії. Це одна з причин

збіднення північних ґрунтів актиноміцетами та азотобактером.

Мікроорганізми однієї і тієї самої групи неоднаково реагують на кислотність середовища. Так, більшість бактерій не розвивається при значеннях pH нижчих 4,5–5,0, але деякі з них (наприклад, *Thiobacillus thiooxidans*) можуть зберігатися у життєздатному стані навіть при pH 0,9. Мінімальні значення pH для грибів становлять 2–3, але деякі гриби (представники роду *Mortierella*) не переносять підкислення середовища. Досить чутливі до зниження pH актиноміцети. Тому в будь-якому ґрунті можна знайти представників основних груп мікроорганізмів, але в кислих ґрунтах відносно більше мікроскопічних грибів, ніж у лужних. У лужних ґрунтах ліпше розмножуються бактерії та актиноміцети.

Усі групи мікроорганізмів найактивніше проявляють свою життєдіяльність у нейтральному середовищі. Тому зниження кислотності кислих ґрунтів і лужності лужних приводить до активізації бажаних для агрономічної практики процесів.

На діяльність ґрунтових мікроорганізмів значний вплив має **гранулометричний склад ґрунту**. Основна маса ґрунтових мікроорганізмів (до 90–99%) зв'язана з твердою фазою ґрунту, і лише незначна їхня частка знаходиться у ґрунтовому розчині. Це пояснюється особливістю твердих частинок ґрунту адсорбувати клітини мікроорганізмів. Здатність ґрунту адсорбувати мікроорганізми не є постійною, вона залежить від вологості ґрунту, його температури, pH, дисперсності та інших факторів. Оскільки ці фактори змінюються упродовж року, то змінюється й адсорбція.

У ґрунтовому розчині є поживні для мікроорганізмів речовини. Це сприяє розмноженню мікробів не тільки на поверхні твердих частинок, але і в водному середовищі ґрунту. На розподіл мікроорганізмів у твердій і водній фазах ґрунту значно впливають рослинні рештки, які збагачують ґрунтовий розчин органічними спо-

луками. На рослинній масі відбувається також значне розмноження мікробів.

Дуже багато мікроорганізмів знаходиться у ризосфері рослин і на поверхні коріння, оскільки органічні речовини, які виділяють коріння, є поживою для мікрофлори. Для деяких груп мікроорганізмів джерелом живлення є гумусові речовини, а також продукти їхнього розпаду. Тому збагачення ґрунту гумусовими речовинами суттєво впливає на склад ґрунтової мікрофлори. Глибина поширення мікроорганізмів у ґрунтовому профілі залежить від потужності гумусового горизонту. Проте вміст гумусу в профілі зменшується з глибиною поступовіше, ніж чисельність мікроорганізмів.

На характер угруповань мікроорганізмів ґрунту значний вплив мають **біотичні фактори** і насамперед взаємостосунки мікробів, які бувають досить різними. При *метабіотичних* стосунках продукти життєдіяльності одних мікроорганізмів є джерелом існування для інших.

Існують *синтрофні* відносини мікроорганізмів, коли два види мікроорганізмів або більше ростуть на середовищі, недоступному кожному виду окремо. Це пояснюють обміном факторами або субстратами росту, а інколи видаленням одним мікроорганізмом якогось компонента сполук, токсичних для іншого мікроба.

У представників мікросвіту відзначений також *паразитизм*. Є гриби-хижаки, які утворюють кільця чи липкі головки, за допомогою яких вони ловлять нематод, що є джерелом їхнього живлення. Існує багато грибів, які паразитують на інших грибах. Ці паразити називають мікофільними грибами. Бактерія *Bdellovibrio* (вібріоп'явка) проникає у клітини більших за розміром бактерій і живиться їхнім вмістом. Паразитами бактерій, актиноміцетів і водоростей є фаги.

Отже, розвиток мікроорганізмів у ґрунті визначається багатьма абіотичними та біотичними факторами [55. – С. 215–226].

## *4.3. Продуктивність організмів у зональних типах ґрунтів*

На Землі існує велике різноманіття ґрунтів із різним проявом біологічних процесів. Наприклад, ґрунти, сформовані в умовах оптимального поєднання екологічних факторів (достатня кількість тепла, вологи, живлення), відрізняються вищою біологічною активністю. Ґрунти північних регіонів в умовах лімітуючого температурного фактора, промивного типу водного режиму, особливостей ґрунтотворних порід характеризуються низькою біологічною активністю і своєрідним ґрунтово-біологічним комплексом. Тобто, різні екосистеми функціонують за участі різних ґрунтових організмів, що зумовлює рівень ґрунтової родючості та стійкості екосистеми до несприятливих факторів середовища. Так, чорноземні ґрунти характеризуються високою урожайністю і високою стійкістю до токсикантів. Ґрунти північних територій – підзолисті й дерново-підзолисті – володіють значно нижчою родючістю, а також низькою стійкістю до антропогенного забруднення.

Залежно від типу ґрунту та його культурного стану, ці відмінності проявляються у значних коливаннях чисельності й структури ґрунтової біоти загалом та мікроорганізмів зокрема. Найбільша кількість ґрунтових організмів міститься у чорноземах і окремих підтипах каштанових ґрунтів. Високою чисельністю мікроорганізмів, за умови зрошення, характеризуються також сіроземи. На північ і південь від регіону поширення цих ґрунтів чисельність мікробного населення зменшується. Мікробіота активно функціонує здебільшого у верхньому гумусованому шарі, де концентрується найбільший запас поживних елементів, тобто родючість ґрунтів, чисельність та активність ґрунтової біоти взаємопов'язані.

Чисельність і біомаса мікроорганізмів коливається у певних межах, відхиляючись від мі-

німуму (пулу), який характерний для певного ґрунту (наприклад, кількість мікроорганізмів, які ґрунт може підтримати в найнесприятливіші для їхнього розвитку періоди). Величина пулу не залежить від випадкових коливань температури, вологості, надходження рослинних решток, а зумовлена типом ґрунту із характериними для нього фізичними, хімічними властивостями, які формуються у процесі ґрунтотворення, а також факторами, які призводять до зміни властивостей ґрунту за відносно незначні проміжки часу і зумовлені зазвичай антропогенними впливами (забруднення, агротехнічні та агрохімічні заходи). Верхня межа кількості організмів зумовлена непрогнозованими екологічними факторами – кількістю опадів, зміною температури ґрунту тощо. Вони можуть бути однаковими для різних типів ґрунтів [75].

Якщо зональні типи ґрунтів відповідають розподілу основних рослинних формацій на земній поверхні, а з рослинами тісно пов'язаний і тваринний світ ґрунтів, то питання щодо мікробних асоціацій у різних ґрунтах і їхньої специфічності є значно складнішим. Вперше на цю тему звернув увагу С.П. Костичев у 20-ті роки XX ст. Він припускав, що особливості ґрунтових типів повинні найперше відображатися у специфічності мікробних угруповань, у їхній фізіологічній активності. Географічний підхід до вивчення мікробних угруповань запропонував академік Є.М. Мішустін. Особливу увагу в його роботах приділено не стільки визначенню „валового" складу мікроорганізмів у ґрунтах, скільки виявленню окремих видів і їхніх угруповань, які могли б характеризувати стан органічної речовини в ґрунті, розмір мінералізаційних процесів, утворення і розкладення гумусу. Найбільш значні успіхи досягнуті під час вивчення поширення спорових форм бактерій і мікроскопічних ґрунтових грибів.

Динамічність взаємин мікробіоти з середовищем та надзвичайно широкий ареал

багатьох мікроорганізмів ускладнюють встановлення географічних закономірностей у їхньому поширенні. Водночас, оскільки життєдіяльність мікроорганізмів визначають екологічними умовами, зміни яких мають зональний характер, асоціації ґрунтових мікроорганізмів пов'язані з географією ґрунтових типів.

Зібраний на сьогодні матеріал щодо вивчення типів мікробних угруповань у ґрунтах різних природних зон дав змогу зробити висновок про те, що вплив географічного чинника в розселенні мікробних угруповань проявляється через комплекс екологічних чинників, таких, як вологість, тип субстрату, реакція середовища, температура, засолення. Варто говорити не про приуроченість окремих видів мікроорганізмів до певних типів ґрунтів, а про специфічну структуру мікробних угруповань загалом, співвідношення, таксономічних та еколого-трофічніх груп, про типологію мікробних угруповань, що особливо чітко розрізняються у контрастних ґрунтово-кліматичних зонах (*Д.Г. Звягінцев і ін., 1998*).

Рисунки 4.2–4.4 наочно ілюструють відмінності в поширенні домінуючих груп бактерій, актиноміцетів і грибів у різних типах ґрунтів основних природних зон.

Так, у північних лісових ґрунтах переважають гриби родів *Penicillium* і *Mucor*, види *Trichoderma* характерні для підстилок лісових ґрунтів (див. рис. 4.2). У південних степових і напівпустельних ґрунтах широко поширені роди *Aspergillus* і *Fusarium*, а також різні види *Penicillium*, у тому числі й такі, які не трапляються у лісових ґрунтах. Своєрідність мікробіоти тундрових ґрунтів полягає у редукції таксономічного складу, малій наявності власне ґрунтових видів, високій частці психрофільних і психротолерантних форм.

Чіткі географічні закономірності проявляються у чисельності і таксономічній структурі дріжджових угруповань (І.Ю. Чернов, 2000). Так, на-

приклад, у ґрунтах тундри повністю відсутні не лише типові для багатьох південніших ґрунтів дріжджі роду *Lipomyces*, але й усі інші аскоспорові дріжджі. Абсолютно домі-

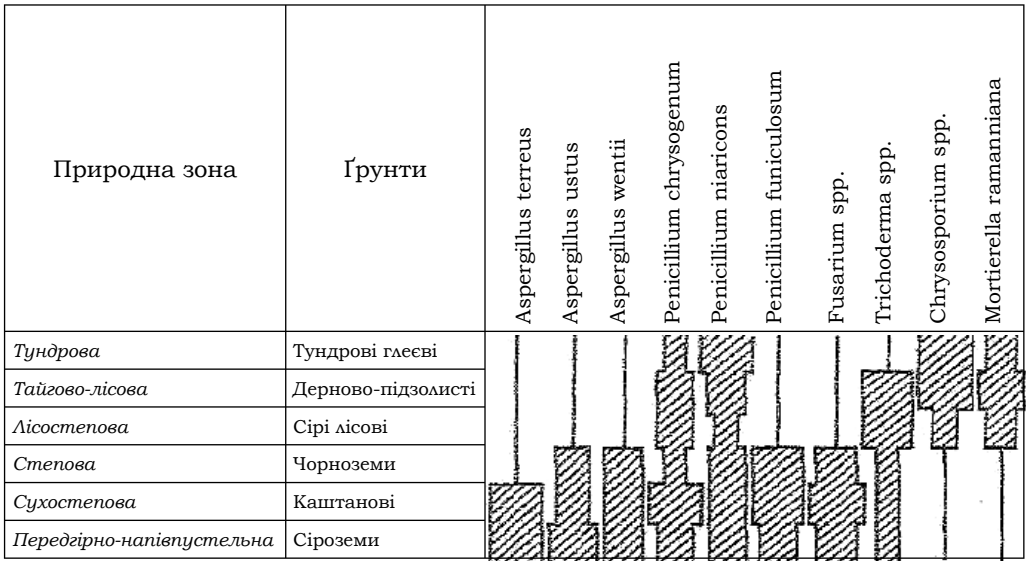



Рис. 4.2. Поширення домінуючих видів мікроміцетів у ґрунтах різних природних зон (ширина фігури показує відносну величину групи в умовних балах) (за Д.Г. Звягінцевим і ін., 1998)

нують дріжджі роду *Cryptococcus gilvescens*. У підзолистих і дерново-підзолистих ґрунтах під хвойними і мішаними лісами в мінеральних горизонтах панують *Lypomyces starkey* і деякі види криптококів. У сіробурих пустельних ґрунтах з дріжджових грибів абсолютними домінантами виступають криптококи, але іншого видового складу порівняно з тундровою зоною. Ліпоміцети і психрофільні дріжджі в ґрунтах пустель не виявлені [80].

Структура комплексів ґрунтових актиноміцетів також специфічна в ґрунтах різних ґрунтово-кліматичних зон (Г.М. Зенова, 1998). У підзолистих, сірих лісових і бурих лісових ґрунтах домінують актиноміцети роду *Streptomyces* (див. рис. 4.3). У чорноземах, каштанових і сіробурих ґрунтах переважають стрептоміцети і мікромоноспори.

Видовий склад бацил змінюється з півночі на південь, у цьому ж напрямі збільшується

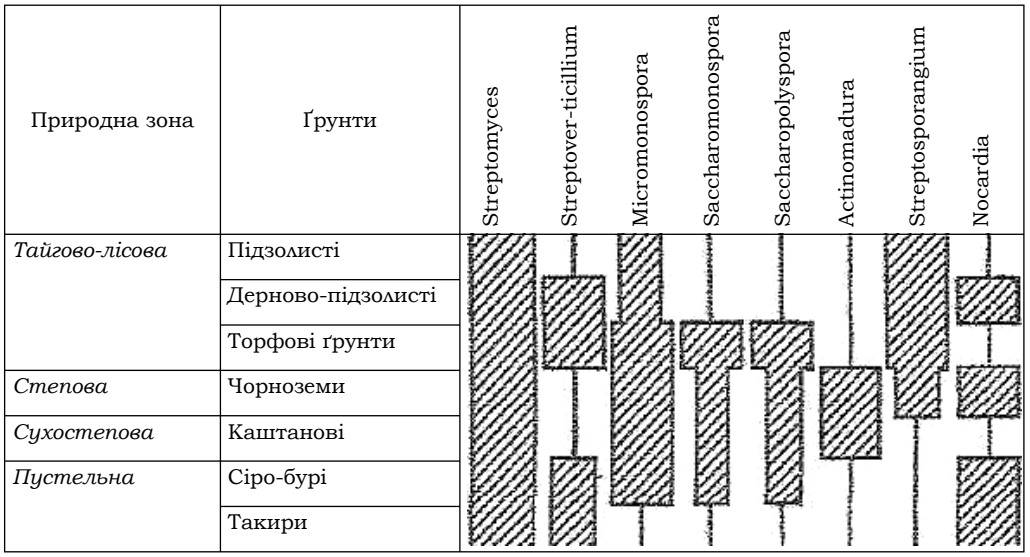



Рис. 4.3. Поширення домінуючих родів актиноміцетів у ґрунтах різних природних зон (за Д.Г. Звягінцевим і ін., 1998)

кількість спороносних бактерій, характерних для пізніх стадій розкладання органічних речовин.

У різних ґрунтово-екологічних умовах у біохімічних процесах беруть участь неоднакові групи ґрунтових організмів. Наприклад, у північних екосистемах у біологічному кругообігу активну участь беруть гриби, на півдні у структурі мікробного ценозу переважають бактерії та актиноміцети (див. табл. 4.2). Отже, не тільки чисельність мікроорганізмів, але і співвідношення окремих їхніх груп у ґрунтах різних типів неоднакова.

Деякі угруповання мікроорганізмів залишаються досить константними при антропогенному впливі на ґрунт. Співвідношення основних груп мікроорганізмів у ґрунтах теж приблизно однакове. А під час окультурення в мікробному ценозі відбуваються суттєві зміни: збільшується чисельність організмів, і в ценозі з'являються організми, характерні для південніших ґрунтово-кліматичних зон (див. табл. 4.2).

Є.М. Мішустін і В.Т. Ємцев вважають, що правильніше перечислювати кількість бакте-

*Таблиця 4.2*

**Чисельність і співвідношення груп мікроорганізмів у ґрунтах різних типів (за Є.М. Мішустіним, В.Т. Ємцевим, 1987)**

| Зони | Ґрунти | Стан ґрунту | Кількість мікроорганізмів, тис. на 1 г ґрунту | Бактерії | Спори (серед бактерій) | Актиноміцети | Гриби |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | % | | | |
| Тундра і тайга | Тундрово-глеєві і глеєво-підзолисті | Цілинні<br>Окультурені | 2140<br>4870 | 95,6<br>98,0 | 0,7<br>0,6 | 1,4<br>1,6 | 3,0<br>0,4 |
| Лісо-лучна | Підзоли і дерново-підзолисті | Цілинні<br>Окультурені | 1080<br>2620 | 89,3<br>70,7 | 12,0<br>14,9 | 8,1<br>28,2 | 2,6<br>1,1 |
| Степ | Чорноземи | Цілинні<br>Окультурені | 3630<br>4530 | 63,8<br>64,4 | 21,4<br>24,5 | 35,4<br>35,1 | 0,8<br>0,5 |
| Сухий степ | Каштанові | Цілинні<br>Окультурені | 3480<br>6660 | 64,8<br>67,6 | 19,3<br>23,0 | 34,7<br>32,0 | 0,5<br>0,4 |
| Напівпустеля і пустеля | Бурі та сіроземи | Цілинні<br>Окультурені | 4490<br>7380 | 63,4<br>66,1 | 17,7<br>19,8 | 36,1<br>33,6 | 0,5<br>0,3 |

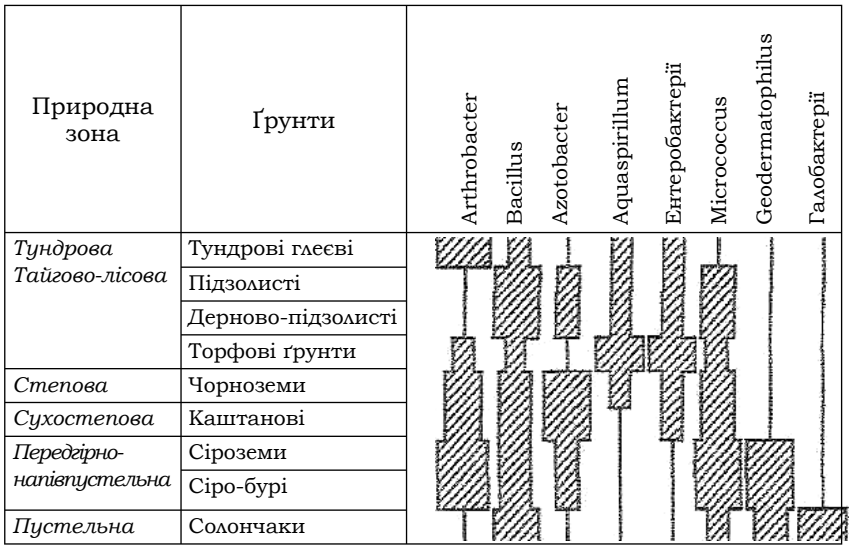



Рис. 4.4. Поширення домінуючих таксономічних груп бактерій у ґрунтах різних природних зон (за Д.Г. Звягінцевим і ін., 1998)

рій не на 1 г ґрунту, а на 1 г гумусу, оскільки життєдіяльність сапрофітних мікроорганізмів пов'язана не зі всією ґрунтовою масою, а з її органічною речовиною (розкладають органічні сполуки). Такий перерахунок дасть можливість пояснити досить енергійну трансформацію

органічної речовини мікроорганізмами в південних ґрунтах. У табл. 4.3 зроблений перерахунок даних, отриманих методом посіву, на 1 г гумусу.

*Таблиця 4.3*

**Вміст сапрофітних мікроорганізмів цілинних ґрунтів різних типів у розрахунку на 1 г гумусу**

| Зони | Ґрунти | Кількість мікроорганізмів, тис. |
|---|---|---|
| Тундра і тайга | Тундрово-глеєві і підзолисті | 1800 |
| Лісо-лучна | Підзоли і дерново-підзолисті | 3200 |
| Лучний степ | Чорноземи | 5700 |
| Сухий степ | Каштанові | 10500 |
| Напівпустелі | Сіроземи | 20000 |

*Таблиця 4.4*

**Річна продукція біоти деяких екосистем і її енергетичний еквівалент (за В.А. Ковдою, І.В. Якушевською, 1971)**

| Зона | Вищі рослини | | Мікроорганізми | | Водорості | | Усього | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | т/га в рік | млн кДж/га | т/га в рік | млн кДж/га | т/га в рік | млн кДж/га | т/га в рік | млн кДж/га |
| Тундра | 2,5 | 52,3 | 1,8 | 45,2 | 0,05 | 1,05 | 4,35 | 98,6 |
| Південна тайга: | | | | | | | | |
| ліс | 6 | 125,6 | 8,4 | 211,0 | 0,5 | 10,5 | 14,9 | 347,1 |
| рілля | 8 | 167,5 | 18,9 | 474,8 | 1,0 | 20,9 | 27,9 | 663,2 |
| заплава, луки | 12 | 251,2 | 25,2 | 633,0 | 3,0 | 62,8 | 40,2 | 947,0 |
| Зона широколистяних лісів: | | | | | | | | |
| ліс | 11 | 230,3 | 21,6 | 542,6 | 1,0 | 20,9 | 33,6 | 793,8 |
| рілля | 10 | 209,3 | 24,0 | 602,9 | 1,0 | 20,9 | 35,0 | 833,1 |
| Чорноземний степ: | | | | | | | | |
| цілина | 11 | 230,3 | 21,3 | 542,6 | 1,0 | 20,9 | 33,6 | 793,8 |
| рілля | 15 | 314,0 | 31,2 | 783,7 | 1,0 | 20,9 | 47,2 | 1118,6 |
| Пустеля: | | | | | | | | |
| цілина | 1,2 | 25,1 | 13,5 | 339,1 | 0,5 | 10,5 | 15,2 | 374,6 |
| рілля | 15 | 314,0 | 31,4 | 813,9 | 1,5 | 31,4 | 48,9 | 1159,3 |
| Тропічний вологий ліс | 34 | 711,8 | 144,0 | 3617,4 | – | – | 178 | 4329,2 |

У різних ґрунтах відрізняється також і річна продукція біоти (див. табл. 4.4).

Специфіка живого мікронаселення ґрунту підтверджує закон зональності і робить можливою мікробіологічну діагностику направленості ґрунтотворного процесу, родючості ґрун-

тів і їхньої зміни під впливом діяльності людини [55].

Розподіл ***ґрунтової фауни*** теж підкоряється географічній зональності. Так, у ґрунтах тундрової зони небагато дощових черв'яків, у ґрунтах лісової і лісостепової зон вони широко поширені, в ґрунтах напівпустель і пустель відсутні, або трапляються рідко. Відповідно змінюються і обсяги їхньої діяльності. У ясно-сірих лісових ґрунтах дощові черв'яки можуть щорічно переробляти до 40 ц/га підземних рослинних залишків, у лісостепових чорноземах – до 35 і більше, а в малогумусних чорноземах південних районів – до 10 ц/га (*І.А. Соколов, 1956*).

Загальна чисельність, зоомаса, видова різноманітність і глибина, проникнення ґрунтових безхребетних зростають від тундри до зони широколистяних лісів і лісостепу і знову зменшуються до пустель. Причому чисельність безхребетних максимальна в лучних степах, а зоомаса – в широколистяних лісах на сірих лісових ґрунтах здебільшого за рахунок дощових черв'яків. Так, за даними М.С. Гілярова і Ю.І.Чернова (1975), в широколистяних лісах зоомаса складає в середньому 800 кг/га, в лучних степах вона нижча у 4 рази і різко зменшується далі на південь, становить 2–4 кг/га в глинистих і щебенистих пустелях. На північ від смуги широколистяних лісів, у хвойно-широколистяних лісах маса ґрунтових безхребетних складає 160–300 кг/га, у північній тайзі – 100–150 кг/га, у підзоні типової тундри – близько 90 кг/га, у підзоні арктичної тундри знижується до 10 кг/га [80].

Своєрідність ґрунтових умов (тип органічної речовини, pH, режим вологості) позначається і на складі таких одноклітинних тварин, як раковинні амеби. Особливо висока чутливість цієї групи найпростіших, чисельність яких може досягати декількох десятків тисяч в 1 г абсолютно сухого ґрунту, до вологості. Незважаючи на космополітизм значної кількості видів, серед них виділяються групи з певним географічним поширенням (Бобров,1999).

Кожній зоні властиве специфічне співвідношення різних груп ґрунтової фауни. Так, наприклад, у тундрі серед мікроартропод різко домінують колемболи (ногохвостки), частка яких становить близько однієї четвертої сумарної біомаси, а для тайгових лісів характерна найбільша чисельність панцирних кліщів – орібатид. Загальною закономірністю змін комплексу ґрунтових тварин від гумідних регіонів до аридних є зниження частки сапрофагів і збільшення ролі

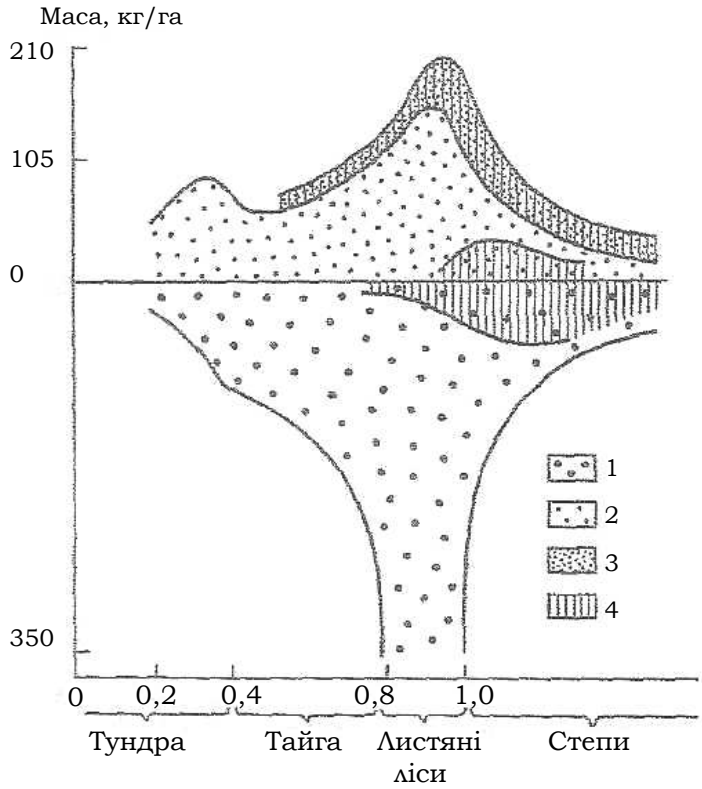



Рис. 4.5. Загальна тенденція ярусного розподілу зоомаси в різних ландшафтно-географічних зонах (за Ю.І. Черновим, 1968)
*1* – жителі ґрунту;
*2* – жителі підстилки і мохової дернини;
*3* – жителі трав'яного покриву і деревної рослинності;
*4* – фітофаги.
По осі абсцис – радіаційний індекс сухості.

фітофагів (див. рис. 4.5). Від тундри до широколистяних лісів серед тварин зональних ґрунтів переважають сапрофаги, які складають 80–95% від загальної зоомаси [29].

Знання про закономірності зонального поширення рослин, тварин і мікроорганізмів, накопичені до теперішнього часу, дають змогу виділити особливості ґрунтової біоти у зв'язку з географічним розподілом ґрунтів на земній поверхні. І.П. Баб'єва та Г.М. Зенова (1983) розгля-

дають деякі типи ґрунтотворення, порівнюючи їхню біопродуктивність [7].

*Кріоморфні ґрунти (мерзлотні)* утворюються в умовах впливу вічної або багаторічної мерзлоти. Вони поширені в тундровій і північнотайговій природних зонах. Відтаюють на незначну глибину на короткий період часу.

Ґрунтові безхребетні в тундрі зосереджені в поверхневому п'ятисантиметровому шарі, а в ґрунтах плямистої тундри – в шарі 0–2 см. Унаслідок такої концентрації тварин у гумусовому горизонті їхня маса в одиниці об'єму є навіть вищою, ніж у ґрунтах південніших територій. Роль ґрунтових безхребетних у ґрунтотворних процесах в тундрі, в локальних умовах, може бути суттєвою. Весь комплекс мікроартропод має „колембоїдний" характер, оскільки 1/4 частина сумарної зоомаси та оксисену, який споживають, припадає на частку колембол. Багато в ґрунтах тундри нематод (до 5 млн/м$^2$) та енхітреїд (більше, ніж 1 000 екз./м$^2$). Останні досягають дуже значних розмірів. З інших безхребетних у кріогенних ґрунтах багато личинок двокрилих (зокрема тіпулід). Їхня чисельність у ґрунтовому населенні північної тайги місцями досягає кількох сотень на 1 м$^2$. Фауна ґрунтових кліщів у тундрі дуже збіднена. Дощові черв'яки не чисельні, в середньому їх не більше, ніж 10 екз./м$^2$ у зональних типах тундри і північної тайги. Вони представлені видами, що проживають на поверхні, причому їхній видовий склад дуже бідний: у тундрі зустрічаються усього два види – *Dendrobaena octaedra* в європейській частині та *Eisenia nordenskioldi* – в азіатській. Обидва ці види широко розповсюджені й за межами тундри, а ендеміків тут немає. У тайгових лісах крім вказаних видів з власне ґрунтових є тільки *Octolasium lacteum*, здатний переносити сильне перезволоження твердими ґрунтовими водами.

Із хребетних тварин для тундри і лісотундри особливо характерні лемінги – гризуни. Деякі їхні види харчуються мохами, лишайниками і грибами. Екскременти цих тварин заселяють своєрідні асоціації мікроорганізмів і макроміце-

тів. Із грибів тут розвивається гнойовик *Coprinus martinii*. Деякі види макроміцетів утворюють плодові тіла на мохах. Загальна різноманітність цих грибів у тундрі незначна. Чисельність і різноманітність грибів різко зростають за появи деревних порід.

Слабкий розвиток профілю кріогенних ґрунтів, які погано аеруються і прогріваються, неглибоке проникнення коріння у ґрунтову товщу і низька зольність фітомаси – все це впливає на мікробний склад цих ґрунтів. У них майже відсутні мікроорганізми, які руйнують целюлозу, і є невелика кількість бактерій, які беруть участь у кругообігу нітрогену. Переважають оліготрофи та олігонітрофіли. Провідною групою виступають коренеформні бактерії. Актиноміцети не чисельні. Гриби представлені темноколірним міцелієм, що поволі росте, без спороношення. Майже немає спорових бактерій, які характерні для пізніх стадій розкладення органічних речовин. Серед дріжджів є обмежений набір таксонів, зовсім відсутні аскоміцети, а також представники автохтонного угруповання ґрунтових дріжджів – ліпоміцетів. Різко домінують деякі види, особливо роду *Cryptococcus*, які переважають лише в окремих біотопах – скупченнях мохів, решток рослин. Чисельність та активність мікроорганізмів буває значною лише короткий час (у період розпалу вегетації рослин) і швидко знижується. Тому загальна продукція біомаси бактерій досить низька.

Через незначну активність мікроорганізмів процеси гуміфікації у кріогенних ґрунтах сповільнені, відбувається накопичення торфу. В умовах переважання опадів над випаровуванням і поганим дренажем через наявність горизонту мерзлоти як водоупору ці ґрунти часто сильно перезволожені. Створюються анаеробні умови. Якщо є резерв глинистих мінералів, то відбувається оглеєння. У перетвореннях феруму беруть участь неспецифічні залізобактерії з групи артробактерів і *Metallogenium*.

*Кислі сіалітні ґрунти* формуються під лісами. Інтенсивність біологічного кругообігу збіль-

шується від підзолистих ґрунтів до дерново-підзолистих і сірих лісових. Запаси фітомаси в тайзі – близько 250 т/га, в широколистяних лісах – 400 т/га; приріст 70 і 90 ц/га відповідно. В лісі, особливо за наявності густого трав'яного покриву, роль мікроскопічних автотрофних компонентів ценозу – водоростей – у створенні органічної речовини в цих ґрунтах незначна. Їхня біомаса складає до 20 кг/га при значному видовому різноманітті: до 150 видів у підзолистих і більше 300 в дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах. Усі вони сконцентровані в гумусовому горизонті. На першому місці знаходяться зелені одноклітинні, потім жовто-зелені і синьо-зелені. Діатомових майже немає в підзолистих, але досить багато в сірих лісових ґрунтах.

Перетворення лісового опаду відбувається за активної участі ґрунтової фауни, особливо в сірих лісових ґрунтах, де сумарна зоомаса в 4 рази вища, ніж у підзолистих, а саме 200 і 800 кг/га. Чисельність дощових черв'яків збільшується від підзолистих до сірих лісових ґрунтів і складає у дібровах 200, а в липових лісах більше 300 екз./м$^2$. До видів, що живуть на поверхні ґрунту, додаються ґрунтово-підстилкові: *Octolasium lacteum* у вологих дерново-підзолистих ґрунтах і *Lumbricus rubellus*, що харчуються опадом листяних порід, – у сірих лісових ґрунтах під широколистяними лісами. З діяльністю дощових черв'яків у цих ґрунтах пов'язані початкові етапи розкладання опаду. У кислих сіалітних ґрунтах під листяними лісами висока чисельність й інших великих безхребетних-сапрофагів. Особливо багато личинок двокрилих: до декількох сотень на 1 м$^2$. Такі представники сапрофагів, як кивсяки, мокриці, енхітреїди, залишають на поверхні ґрунту багато екскрементів і піддають опад значному перетворенню ще до залучення його в ґрунт.

На відміну від тундрових ґрунтів, у лісових ґрунтах найбільша чисельність панцирних кліщів орібатид, особливо під хвойними лісами. Чисельність кліщів сягає у середньому 60 тис. екз./м$^2$, біомаса – 4–6 г/м$^2$ живої ваги.

Кліщі беруть участь у розкладенні хвої та інших елементів рослинного опаду.

З мікроорганізмів у лісових ґрунтах особливо чисельні та активні – гриби. Максимальна кількість тут і макроміцетів, склад яких різко змінюється, залежно від лісотворних порід дерев. Сумарна біомаса грибного міцелію складає 3,5–10% сухої маси підстилки і в десятки разів перевищує масу бактерій. Велика різноманітність і дріжджових грибів. Органічні кислоти, які утворюють гриби в процесі розкладання підстилки, впливають на мінерали ґрунтотворної породи, спричиняючи їхнє руйнування.

Накопичення гідроокисів феруму, алюмінію і мангану в певних горизонтах підзолистих ґрунтів пов'язане з діяльністю особливого комплексу мікроорганізмів. Залізо-марганцеві бактерії відповідальні за формування ортштейнів і ортштейнових плит у цих ґрунтах. Розкладення мікроорганізмами-гетеротрофами органомінеральних сполук гумусових речовин з півтораоксидами відіграє роль в утворенні ілювіальних горизонтів і впливає на швидкість розвитку підзолистого горизонту. За надмірного зволоження і систематичної нестачі оксисену в нижній частині профілю відбуваються активні процеси відновлення за участю маслянокислих бактерій роду *Clostridium*. Відбувається відновлення окисного феруму, що пов'язане з виникненням глеєвого горизонту. З бактерій, що беруть участь у кругообігу нітрогену, в цих ґрунтах переважають оліго-нітрофіли. Азотобактер у кислих ґрунтах відсутній. У фіксації нітрогену беруть участь складні комплекси бактерій з грибами, головно у підстилці і верхньому гумусовому горизонті. Процес нітрифікації пригнічений.

Отже, для кислих сіалітних ґрунтів під лісовими асоціаціями у процесах розкладання опаду характерна значна участь підстилкових безхребетних-сапрофагів і грибів. Серед безхребетних переважають дощові черв'яки і кліщі. У мінеральних горизонтах багато бактерій, що беруть участь у перетвореннях феруму й мангану.

*Нейтральні гумусо-сіалітні ґрунти* представлені в зональному плані ***чорноземами*** – ґрунтами, сформованими під степовою рослинністю. В умовах степу мікробіологічна діяльність значно залежить від вологи. Влітку, в посушливий період вона сповільнюється, навесні, за низхідного потоку води, активність мікроорганізмів у чорноземах дуже висока.

Загальна біомаса водоростей у чорноземах складає близько 190 кг/га. До 60% цієї біомаси займають діатомеї. У лучних степах, під могутнім покривом трав'янистої рослинності, водорості не утворюють поверхневих розростань.

Тваринний світ чорноземів характеризується максимальною ярусною диференціацією. На цілинних ділянках значною є роль великих хребетних тварин – травоїдних і гризунів, хоча їхня маса не перевищує 1% від загальної зоомаси. Травоїдні тварини підтримують рівновагу між створенням органічних речовин і їхнім розкладанням. Загальна зоомаса в типових степах складає близько 200 кг/га, а в лучних степах – близько 300 кг/га, тобто вона близька до тайгових біоценозів, але значно поступається широколистяним лісам. У ґрунті типчаково-ковилових степів мало дощових черв'яків, і представлені вони тільки одним видом *Nicodrilus roseus*. У лучних степах на плакорах присутній також *Octolasium transpadanum*. Дощові черв'яки у чорноземах проникають на значну глибину – до 2 м. З їхньою діяльністю пов'язують винесення карбонатів на поверхню.

Панцирних кліщів у ґрунтах степів значно менше, ніж під лісами. У типових степах їхня чисельність складає всього 4–6 тис./м$^2$, тобто майже у 10 разів нижча, ніж у лісових ґрунтах. Серед найпростіших мало раковинних кореноніжок.

У степовій зоні дуже характерний склад макроміцетів, що різко відрізняються від набору грибів у лісовій зоні. Зовсім немає грибів-мікоризоутворювачів, які створюють мікоризу з деревними породами. Поширені види з дрібними плодовими тілами. Найчастіше зустрічається: шампіньйон, гриб-парасолька, лучний опеньок.

Чисельність ґрунтових мікроорганізмів значна по всьому профілю без різких перепадів із глибиною. Біомаса бактерій однакова або перевищує грибну. Домінуючі види бацил – *B. subtilis, B. mesentericus*. Серед актиноміцетів багато пігментних форм. Специфічний склад мікроміцетів: переважають види пеніцилів *(P. tardum, P. janthinellum, P. vermiculatum),* які не зустрічаються або дуже рідкісні в лісових ґрунтах. З дріжджів для чорноземів характерне розповсюдження по всьому профілю *Lipomyces tetrasporus*, і майже повна відсутність інших видів у ґрунтових горизонтах.

***Каштанові ґрунти*** формуються в умовах збільшення аридності в зоні сухих степів, що переходять південніше в напівпустелі та пустелі. Опади випадають сезонно (зима, весна), водний режим непромивного типу. Рослинний покрив розріджений, складається із посухостійких трав (типчак, ковила) або галофітів. Рослини сухого степу залучають багато елементів у біологічний кругообіг, тому характеризуються високою зольністю. Синьо-зелені та діатомові водорості утворюють кірки на поверхні ґрунту. Від темно-каштанових до каштанових і сіро-бурих пустельних ґрунтів простежується скорочення числа видів-домінантів, зниження чисельності та зменшення частки діатомей.

В аридних районах серед тваринного населення суттєвою є роль фітофагів, на відміну від гумідних, де основу комплексу тварин складають сапрофаги. Якщо в лісах основна частина фітофагів (личинки коників, довгоносиків, листоїдів) пов'язана з надґрунтовими ярусами, то в степах різко збільшується заселеність ними ґрунтів. У плакорних ценозах сухих степів і напівпустель майже повністю зникають сапрофаги, типові для ґрунтової фауни лісів, а залишаються лише деякі ефемерні личинкові форми. Загальна зоомаса зменшується. Помітні міграції тварин по ґрунтовому профілю залежно від вологості. Часто максимальна чисельність відзначається не у верхньому горизонті, а в глибших шарах ґрунту, куди

тварини мігрують у разі висушування. Дощові черв'яки зустрічаються рідко, лише в темно-каштанових ґрунтах, а в ґрунтах південніших районів їх немає. Значно скорочується фауна кліщів. Чисельність орібатид складає менше 5 тис./м$^2$, і вони не приурочені, як у лісах, до верхніх горизонтів.

Серед мікроорганізмів значну частку складають актиноміцети і спорові бактерії. Спорові бактерії представлені тут „південними" формами: *B. mesentericus, B. megaterium*. У складі міксоміцетів, поряд з поширеними представниками пеніцилін, є характерні види – *P. purpurogenum, P. lilacinum*, а також багато видів роду *Aspergillus*. Розкладання целюлози відбувається активно у вологі періоди, і в ньому беруть участь, поряд із грибами, бактерії та актиноміцети. У каштанових ґрунтах багато нітрифікуючих бактерій.

***Сіроземи*** поширені в субтропічному сухому поясі, займають головно передгірні рівнини напівпустельної зони. Вони ніколи не промерзають, а влітку інтенсивно прогріваються. Водний режим – непромивний. Розквіт життя буває ранньою весною, коли випадають дощі, що не промивають ґрунт. Активна вегетація займає короткий період. Рослинність переважно ефемерна, напівпустельна. Дуже велика частина біомаси (близько 80%) щорічно відмирає. При цьому спостерігається швидка мінералізація завдяки високій активності ґрунтової мікрофлори, і накопичення надґрунтових запасів фітомаси у вигляді повсті та підстилки не відбувається. Це ґрунти високої біогенності. Для них характерні ефемерні, іноді – великі розростання водоростей. Альгоугруповання напівпустельної і пустельної зон мають невелике видове різноманіття з домінуванням синьо-зелених водоростей та одноклітинних зелених. У зимово-весняний період зустрічаються ефемерні альгосинузії із зелених, жовто-зелених і діатомових. Їхня чисельність варіює у широких межах. За сезонами вона змінюється від майже повної відсутності до десятків тисяч клітин на 1 г ґрунту.

Тваринний світ напівпустель досить багатий, хоча загальна зоомаса невелика – менше 50 кг/га. Серед ґрунтової фауни значну частку складають великі хребетні тварини, особливо ховрахи, які унаслідок своєї активної риючої діяльності іноді різко змінюють весь ландшафт напівпустелі. Багато молюсків. Тварини мігрують по горизонтах, пересуваючись у жаркі періоди в глибину ґрунтового профілю. Дощових черв'яків немає. Панцирні кліщі нечисельні – близько 0,5 тис. екз./м$^2$. Протистофауна сіроземів збіднена, виявляються тільки в невеликій кількості амеби, які розвиваються у весняний період у ризосфері. Сіроземи характеризуються високою мікробіологічною активністю. Тривалий період високих температур і нейтральна або слабколужна реакція сіроземів сприятливі для діяльності бактерій. Основний лімітуючий чинник – дефіцит вологи. Тому в цілинних сіроземах період інтенсивної діяльності мікроорганізмів обмежений весняним сезоном. У цих ґрунтах рясно представлені актиноміцети і спороутворюючі бактерії. Їхній видовий склад різноманітний, але домінують „південні" види – *B. idosus, B. mesentericus, B. megaterium*. У великій кількості представлені нітрифікатори та денітрифікатори. У цілинних сіроземах азотобактера немає, або ж він з'являється лише в ризосфері рослин. Целюлоза інтенсивно руйнується в аеробних умовах зазвичай бактеріями, міксобактеріями та актиноміцетами. У складі мікроміцетів, які в сіроземах нечисельні, до 40% займають види роду *Aspergillus*, характерні для південних ґрунтів аридних районів.

*Пустелі кам'янисті, піщані і глинисті* відрізняються своєю біогенністю. Найбідніші з них – кам'янисті. Значну роль у ґрунтотворенні відіграють у них лишайники і водорості. На каменях утворюється „пустельна засмага" – темні плівки оксидів феруму і мангану унаслідок мікробної діяльності. Вища рослинність надзвичайно бідна і розріджена. Чисельність мікроорганізмів низька, але може досягати значних величин у дрібноземі під лишайниками. Переважають серед них

коренеформні бактерії, багато пігментних актиноміцетів і нокардій. Дріжджі поодинокі, головно це представники *Cryptococcus*. Видовий склад грибів одноманітний: темноколірні *Cladosporium, Hormodendrum*, рідше – *Acrothecium, Stemphilium*. Навіть пеніцили зустрічаються рідко. Водорості утворюють ефемерні, але місцями дуже великі колонії.

У піщаних і глинистих пустелях життя активніше. У формуванні первинної продукції органічних речовин значною є роль водоростей і надґрунтових лишайників – накипних і кочуючих. У піщаних пустелях і міжбарханних пониженнях розвивається трав'яниста і чагарникова рослинність. З дерев – саксаул і пустельна акація. У рослинних угрупованнях пустельних областей виявлено близько 600 видів водоростей, серед яких синьо-зелені складають від 50 до 70%, зелені – 20–25% альгофлори, на жовто-зелені, діатомові та евгленові припадає 5–7%. Чим аридніша територія, тим більше в альгофлорі синьо-зелених водоростей.

У складі розріджених дуже бідних рослинних угруповань пустель, де покриття ледве досягає 3–9%, водоростеві ценози формують самостійні угруповання і мають значний вплив на ґрунтотворний процес. Їхня біомаса коливається від 30–40 до 200 кг/га. В окремих особливо сприятливих умовах, наприклад, у глинистих пустелях на такирах і такироподібних ґрунтах, що отримують додаткову вологу за рахунок поверхневого стоку у зв'язку з їхнім розташуванням на знижених ділянках, біомаса водоростей може сягати 0,5–0,7 т/га.

З макроміцетів, що зустрічаються у пустелях, відомо не більше 50 видів, але вони дуже різноманітні екологічно. Характерне переважання грибів із замкнутими, часто підземними плодовими тілами. Гриби пустелі – світловитривалі, швидкостиглі. Їх можна віднести до пустельних ефемерів.

Загальна зоомаса в пустелях низька, в середньому 2,2 кг/га. Дощових черв'яків у пустелях немає, їхню роль виконують багатоніжки.

Місцями весь ґрунт буває пронизаний їхніми нірками. Пустельні багатоніжки серед членистоногих – одні з найчисельніших мешканців лесових пустель. Живуть вони в ґрунтах, де ґрунтові води залягають не дуже глибоко. Утворюють великі колонії, навколо яких скупчується багато викидів, що складаються з пережованого ґрунту з невеликою домішкою перетравлених частинок рослин. Іноді на 1 м$^2$ може знаходитися до 40 нірок багатоніжок, а на 1 га 20–800 тис. особин, або близько 25 кг зоомаси. Протягом літа на 1 га площі, зайнятої багатоніжками, на поверхню виноситься близько 0,5 т ґрунту і до 1 т екскрементів.

З інших ґрунтових безхребетних у пустелях значну роль відіграють мурахи і терміти. Мурахи харчуються трупами інших комах, виконуючи функції санітарів. Загалом склад тварин у пустелях дуже диференційований: більше половини складають сапрофаги, 1/3 – фітофаги, мало хижаків. У мікрофауні небагато панцирних кліщів. Їхня чисельність не перевищує 0,5 тис. екз./м$^2$.

Мікрофлора ***сіро-бурих пустельних ґрунтів і такирів*** приурочена до поверхневих горизонтів. У складі ґрунтових мікроорганізмів, окрім водоростей і бактерій, переважають актиноміцети. Основну масу бактерій складають неспорові і коренеформні види, азотобактер відсутній. Чисельність і біомаса грибів незначна.

*Кислі ферсіалітні ґрунти вологих субтропіків* представлені здебільшого червоноземами і жовтоземами.

***Червоноземи*** формуються в умовах промивного водного режиму. Продукти вивітрювання, що активно утворюються у кислому середовищі, виносяться в умовах хорошого дренажу. Вміст гумусу у верхньому горизонті може бути дуже високим – до 10–12%. Гумус дуже кислий, фульватний. Червоноземи – кислі ґрунти, $pH_{KCl}$ = 4–4,5. Склад біоти цих ґрунтів у багатьох відношеннях схожий з дерново-підзолистими. Найвища продуктивність кліщів – до 13 г/м$^2$ в рік – завдяки тому, що кліщі розмножуються кілька разів у рік. Середня їхня чисельність –

10–20 тис. екз./м$^2$, тобто у 2–3 рази нижча, ніж у бореальних лісах.

Основна маса бактерій, як і в дерново-підзолистих ґрунтах, представлена неспоровими формами групи *Pseudomonas*. Значний вміст грибів. Руйнування целюлози має грибний характер і протікає інтенсивно. Головні руйнівники клітковини – гриби роду *Trichoderma,* особливо характерні для листяних лісів. Кругообіг нітрогену також відбувається активно. З азотфіксаторів поширені здебільшого бактерії роду *Beijrinckia*, що добре розвиваються у кислих ґрунтах. Азотобактеру в червоноземах немає, як і в підзолистих ґрунтах. Великою є кількість амоніфікаторів і нітрифікаторів, дуже багато дріжджових грибів, які рясно поширені по всьому профілю. Серед них, як і серед пеніцилів і спорових бактерій, є види, характерні для підзолистих ґрунтів *(L. starkeyi)* і специфічні для червоноземів *(L. kononenkoae*). Присутній і *Candida podzolica* – індикатор кислих ґрунтів.

***Жовтоземи***, які формуються у схожих з червоноземами біокліматичних умовах (на пологих підніжжях схилів гір, але за погіршеного дренажу), вивчені біологічно значно менше, ніж червоноземи. Порівняно з червоноземами інтенсивність біологічного кругообігу через надлишок вологи дещо нижча. Нижчий вміст гумусу – 5–6%. Гумус кислий, фульватний, pH ґрунтів 5,6–6,5. Розкладання опаду – грибне за участю ґрунтово-підстилкових безхребетних. Багато дощових черв'яків. У складі комплексу мікроміцетів значна частка целюлозоруйнуючих видів. Серед дріжджових грибів найбільш типовий вид *Candida podzolica.*

*Азональні та інтразональні ґрунти автоморфного і гідроморфного ґрунтотворення* включають алювіальні та болотні ґрунти, примітивні і слаборозвинені (примітивно-щебенисті, дернові, вулканічні), а також засолені та солонцюваті.

За своєю біологією всі ці ґрунти різко відрізняються від зональних ґрунтів, серед яких вони зустрічаються. Особливо великі відмін-

ності в зонах з екстремальними умовами (у тундрі, пустелі). По заплавах річок, наприклад, може відбуватися проникнення рослин, тварин і комплексів ґрунтових мікроорганізмів у ті області, де вони не зустрічаються у зональних ландшафтах.

Різко виділяються за своєю біологією ***засолені ґрунти***. Для них характерне зниження інтенсивності біологічного кругообігу, винесення солей рослинами-галофітами і концентрація їх у біомасі. У солонцях, розташованих плямами в пониженнях серед зональних ґрунтів, унаслідок біогенних процесів сульфатредукції накопичується сода. Індикатором засолення може бути спорова бактерія *B. gasificans.* Гриби в засолених ґрунтах мають незначний спектр з великою часткою (до 30%) аспергілів. Дріжджові гриби відсутні. З бактерій переважають коренеформні угруповання. Азотобактеру багато в солончаках, але немає в солодях і осолоділих ґрунтах.

У сильно засолених ґрунтах майже зникають раковинні кореноніжки, зберігається лише один вид – *Centropyxis halophila*, приурочений до горизонту, де концентрація солей відносно низька. Водоростеві угруповання розрізняються залежно від ступеня і хімізму засолення. Солестійкі синьо-зелені та одноклітинні зелені складають основу угруповань. Для засолених ґрунтів характерна велика кількість водоростей. У степових солонцях діатомеї складають до 80% біомаси.

Велика роль водоростей у ***примітивних щебенистих*** і ***вулканічних ґрунтах***, де широко поширені процеси первинного ґрунтотворення. Першими в попіл, який тільки випав, поселяються синьо-зелені й діатомові водорості. У ***дернових ґрунтах*** автоморфного ґрунтотворення угруповання водоростей відрізняються від зональних: вони утворюють ефемерні кірки, схожі за складом із солонцями, у них значна роль (за числом видів і за інтенсивністю розвитку) синьо-зелених водоростей. Характерний для них діатомово-ностоко-сцитонемовий ценоз. Для дернових ґрунтів специфічний і комплекс видів раковинних амеб. За складом грибів вони різко

відрізняються від зональних ґрунтів: якщо розвиваються у зоні дерново-підзолистих ґрунтів, у комплексі мікроміцетів немає грибів, характерних для цих ґрунтів.

Отже, екологічні умови регіонального характеру викликають суттєві зміни в біоценозах і приводять до іншого типу ґрунтотворення у межах однієї біокліматичної зони.

*Гірські ґрунти.* Поширення ґрунтів у гірських районах підпорядковується законам вертикальної поясності. Вертикальна поясність (зональність) у горах добре вивчена на зміні рослинних асоціацій: від нівальних мохово-лишайникових угруповань до альпійських і субальпійських лук із добре розвиненим трав'яним покривом, до хвойних і широколистяних лісів на буроземах і далі – до степової рослинності на ґрунтах, аналогічних сіроземам, каштановим ґрунтам або чорноземам. Цим рослинним асоціаціям відповідає свій комплекс тварин і певна структура мікробного ценозу ґрунтів. На прикладі Північного Кавказу, де вертикальна поясність добре виражена, показано зміну складу і чисельності дощових черв'яків (Перель, 1979). У передгір'ях під дубовими лісами в палево-підзолистих ґрунтах їх налічується 100 екз./м$^2$. Вище, під буками в гірсько-лісових буроземах чисельність дощових черв'яків менша, змінюється дещо і їхній видовий склад. У ґрунті субальпійських луків чисельність люмбрицид вища, ніж під лісами, а в альпійській зоні дощові черв'яки зустрічаються лише спорадично. У тих гірських системах, де є гірська тундра, дощові черв'яки були завжди, але в невеликих кількостях. Специфічних „альпійських" видів люмбрицид немає. Отже, у вертикально-поясному розподілі дощових черв'яків у горах у загальних рисах повторюються ті самі закономірності, які простежуються у їхньому зональному розподілі на рівнині.

Аналогічні дані отримані і для інших груп тварин, для макроміцетів, а також для мікробного населення ґрунтів загалом і для окремих видів та угруповань мікроорганізмів у різних гірських системах. Ґрунти гідроморфного ряду

в горах так само, як і на рівнинах, відрізняються від зональних ґрунтів і за ступенем заселення і за складом видів. Багато видів люмбрицид, наприклад, здатні „виходити" по алювіальних ґрунтах у заплавах річок за межі „своєї" зони, де вони зазвичай поширені. У ґрунтах річкових заплав зустрічається багато космополітних видів, а деякі гірські ендеміки, навпаки, проникають вздовж рік у передгір'я і на рівнини.

Отже, різні ґрунти характеризуються неоднаковим набором ґрунтових організмів, різною їхньою біомасою, а отже, і біопродуктивністю, що визначає властивості ґрунту, а головне – його родючість. Структура мікробного ценозу і, особливо, видовий склад ґрунтових організмів свідчать про певний перебіг ґрунтотворного процесу і стан екосистем.

***Контрольні запитання:***

1. Якою є структура едафону?
2. Біомаса яких організмів переважає у ґрунтах?
3. Які функції у ґрунтах виконують тварини та мікроорганізми?
4. Які ґрунти відзначаються найвищою біомасою мікроорганізмів?
5. Назвіть причини, які зумовлюють зміну угруповань тварин і мікроорганізмів у різних ґрунтах.
6. Як змінюється чисельність і біомаса тварин та мікроорганізмів у різних ґрунтово-кліматичних зонах?

Галина
Іванюк

*Розділ 5*

# *ВПЛИВ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ҐРУНТІВ*

Людина своєю господарською діяльністю безпосередньо чи опосередковано впливає на продуктивність ґрунтів.

Безпосередній вплив, як зазначає професор С.П. Позняк [63], здійснюється передусім у процесі землеробського використання ґрунтів, що охоплює приблизно одну десяту частину суші Землі: обробіток ґрунтів, особливо із застосуванням важкої сільськогосподарської техніки, внесення органічних і мінеральних добрив, застосування отрутохімікатів, вапнування кислих та гіпсування солонцюватих ґрунтів і солонців, промивання засолених ґрунтів, зрошення, осушення, заходи захисту від ерозії та дефляції, терасування схилів, заліснення водозбірних басейнів, рекультивація порушених земель. Перелічені основні заходи підвищення родючості ґрунтів визначають різний ступінь впливу на властивості ґрунтів, а в багатьох випадках – і на увесь комплекс природних умов.

Побічний (опосередкований) вплив на ґрунти відбувається шляхом зміни середовища ґрунтотворення, зокрема, макро- і мікроклімату, хімічного складу атмосфери; зміни гідросфери (зміна глибини залягання і режиму ґрунтових вод); зміни в ґрунтотворних породах, які полягають у зміні окисно-відновних умов, сольового балансу; викидання на поверхню порід, збагачених різними, в тім числі токсичними, хімічними елементами та їхніми сполуками; зміни природного рослинного покриву унаслідок вирубування лісів і перевипасання, випалювання лісів, саван і чагарників, переобтяження природного ландшафту орними угіддями і пасовищами тощо.

Вплив людини на ґрунт має позитивні й негативні наслідки.

Розглянемо вплив агротехніки (рівень удобрення, використання сівозмін, способи обробітку ґрунту, водні, хімічні меліорації) на родю-

чість і біопродуктивність ґрунтів. У разі високого рівня агротехніки на ґрунтах меншої природної родючості врожай культур може бути вищим, ніж у разі низького рівня на потенційно багатих ґрунтах.

Спостереженнями вчених встановлено рівні впливу на врожайність вирощуваних культур агротехнічних заходів за сумісного їхнього застосування. Так, на 50 % зростання врожайності забезпечується за рахунок застосування добрив. Ще 50% розподіляються між іншими прийомами в такий спосіб: 15% (гербіциди) + 15% (досконала агротехніка: оранка, культивація, спосіб посіву тощо) + 8 % (гібридне та сортове насіння) + 5 % (зрошення і осушення) + 7 % (інші фактори) (М.О. Горін, 2005).

Зазначимо, що до розробки комплексу агротехнічних заходів потрібно підходити з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов господарства, кожного поля і навіть окремих його частин. Вони специфічні також для кожного виду й сорту рослин. „Наука, – підкреслював О.О. Ізмаїльський, – може вказати лише закони землеробства, застосування ж їх – справа господаря, рецептів бути не може”.

## *5.1. Застосування добрив*

Основним засобом землеробського втручання людини в кругообіг речовин є застосування добрив – найбільш дієвий спосіб підвищення урожайності рослин і поліпшення їхньої якості [25]. Серед різних агротехнічних заходів удобрення ґрунту забезпечує до половини врожайності сільськогосподарських культур.

***Добриво*** *– речовина, призначена для покращення живлення рослин і підвищення родючості ґрунту*. Добрива поділяють на три групи: органічні, мінеральні, бактеріальні. *До органічних добрив* відносять ті, які своїм походженням зобов’язані рослинам або тваринам (гній, торф, пташиний послід, компости, сидерати тощо). *Мінеральними добривами* називають ті, які отримують промисловим способом, шля-

хом хімічної чи механічної обробки сировини (азотні, фосфорні, калійні тощо). *Бактеріальні добрива* – препарати, які містять мікроорганізми, що здатні підвищувати вміст поживних речовин (наприклад, бактерії, які фіксують нітроген) і мобілізувати їх, тобто переводити у доступні форми (фосфоробактерин, силікатні бактерії і т.д.) [83].

### *5.1.1. Роль добрив у підвищенні біопродуктивності ґрунтів*

Розрізняють поняття: ***норма добрива*** – кількість добрива, яку вносять під культуру за період вирощування і ***доза добрива*** – кількість добрива, яку вносять за один прийом. Норми і дози внесення добрив і поживних речовин під окремі культури встановлюють на основі польових досліджень і агрохімічних аналізів ґрунту та рослин.

Доведено, що коли добрива використовують на полях сівозміни за науково обґрунтованою системою при чіткому виконанні всіх вимог у прийнятій сівозміні та високій агротехніці, створюються умови для підвищення родючості ґрунту і постійного зростання урожайності.

Забезпечення оптимуму в мінеральному живленні рослин упродовж усієї їхньої вегетації залишається дуже складною проблемою, тому необхідно брати до уваги такі особливості:

загальні потреби рослин у конкретних елементах живлення (вони змінюються у період їхнього росту й розвитку);

генетично закодовані (успадковані) можливості конкретних культивованих сортів;

погодні умови, які постійно змінюються;

динамічні ґрунтові процеси, від яких неодмінно залежить режим живлення рослин.

Високою є економічна ефективність застосування добрив. Якщо вносити добрива в оптимальних (науково обґрунтованих) дозах і пропорціях під провідні культури, визначені запитами ринку, то всі витрати від їхнього застосування не лише окуповуються вже в перший рік, але й забезпечують господарствам отримання прибутків.

Розглядаючи взаємодію ґрунтів з добривами, найперше враховують, що під впливом добрив у ґрунті збільшується вміст поживних елементів. Однак сам ґрунт не є інертним субстратом стосовно добрив, оскільки впливає на їхню розчинність, а отже, й доступність рослинам (збільшує або зменшує їх). Добрива беруть участь у живленні рослин, які вибірково (фізіологічно, тобто біохімічно, а не фізично чи хімічно) вбирають своїми коренями потрібні їм елементи живлення.

Ефективність добрив значно коригує рівень природної родючості ґрунтів. Так, на Поліссі з його високим вологозабезпеченням і дерново-підзолистими та іншими малородючими ґрунтами застосування добрив забезпечує до 80% приросту врожаю зернових культур (особливо на фоні вапнування кислих ґрунтів).

Досвід світового землеробства переконливо засвідчує, що рівень урожайності тісно пов'язаний з кількістю застосованих добрив. У літературі наводяться дані про те, що за десятиріччя 1975–85 рр., коли суттєво збільшилися обсяги виробництва мінеральних добрив, валові збори зерна в світі підвищилися на 32 %, а врожайність зернових культур у світі за цей період зросла на 30% і перевищила 25 ц/га [25].

За період від 1966–1970 рр. до 1986–1990 рр. рівень хімізації землеробства в Україні інтенсивно зростав, обсяг застосування добрив за рік у середньому підвищився від 46 до 148 кг діючої речовини (NPK) на гектар посівної площі, в тому числі азотних добрив з 20 до 65 кг/га, фосфорних з 14 до 41 кг/га і калійних добрив з 12 до 42 кг/га [26].

Вважають, що на сьогодні приблизно 25% усього продовольства на планеті отримують завдяки застосуванню мінеральних добрив. Щороку в світі на 1,2 млрд га ріллі вноситься близько 60 млн т поживних речовин (близько 50 кг/га), основну частину яких складають азотні добрива. Нинішні збори врожаю є значно меншими (найгіршим був сезон 2002–2003 рр.),

що змушує враховувати залежність потенційної врожайності від агротехнології, економічних стимулів, екологічних вимог тощо.

Застосування мінеральних добрив, сприяючи підвищенню врожаїв, дає можливість збільшувати поголів'я худоби, а отже, й вихід гною. Гній є найважливішим і першочерговим з органічних добрив (крім торфу, сапропелю, різних компостів тощо), одним із основних блоків раціональної системи добрив у господарствах будь-якого типу незалежно від форм власності і напрямків господарювання. Наочним прикладом ефективності гною є його застосування на ґрунтах невисокої природної родючості – 20–30 т/га гною забезпечують приріст урожаїв на 6–7 ц/га зернових, 60–70 – картоплі, 150 – коренеплодів, 150–200 ц/га силосних культур. Характерною особливістю гною є наявність чіткої (не менше чотирьох-п'яти років) післядії від його внесення і за цей час кожна тонна гною забезпечує приріст продукції, що дорівнює 10 ц/га (у перерахунку на зерно) [25].

Значення органічних добрив у родючості ґрунтів визнане давно, проте в наш час в Україні перспективи виробництва органічних добрив незначні внаслідок зменшення поголів'я великої рогатої худоби, переведення тваринництва на інтенсивні технології. Тому обов'язковим має бути повернення органічної маси в ґрунт у вигляді побічної продукції: солома, гичка тощо. Позитивні наслідки від внесення органічних добрив різноманітні:

поліпшення структури ґрунту, повітряного і водного режиму;

прискорення фізичної стиглості ґрунту;

збереження і підвищення вмісту органічної речовини ґрунту завдяки внесенню свіжої органічної речовини (підстилковий гній, рештки рослин, зелені добрива і т. ін.);

суттєве пряме забезпечення рослин поживними елементами (NPK та ін.);

пролонговане забезпечення рослин поживними елементами завдяки мінералізації стабільніших фракцій органічної речовини.

Згідно з науковими рекомендаціями, для підтримання бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті потрібно вносити, у середньому, в зоні Полісся від 13–15 до 17–18 т/га, лісостепу 10–12, степу 8–9, у Передкарпатті 15–16, а під час зрошення 11–13 т/га органічних добрив за рік ротації сівозміни [57].

За даними Ю.О. Тараріко у 1990 році в Україні на 1 га загальної площі посівів було внесено в середньому 8,6 т органічних і 141 кг мінеральних добрив. На сьогодні їхня частка зменшилася до 2–3 т гною і 13 кг NPK на 1 га орних земель [76].

### *5.1.2. Негативний вплив добрив*

Дуже високі дози добрив негативно впливають на рослини. Шкідливий вплив добив може проявлятися у зниженні схожості насіння, у послабленні нормальних функцій рослинного організму. Підвищення доз добрив супроводжується збільшенням винесення поживних речовин з ґрунту завдяки збільшенню їхнього вмісту в побічній продукції (соломі, ботві), зниженням кількості зерен в одному колоску зернових культур, збільшенням кількості непродуктивних стебел (без зерна), порушенням співвідношення поживних речовин, якими живляться рослини, що змінює обмін речовин у рослині. Величина дози добрив, за якої починається їхній негативний вплив, залежить від біологічних особливостей окремих рослин і навіть від їхніх сортів.

Ненормоване використання добрив може також призвести до погіршення властивостей ґрунту. Добрива можуть накопичуватися у ґрунті, бути токсичними для рослин і мікроорганізмів. За стійкістю до високих норм добрив рослини розміщуються так: пшениця>ячмінь> овес>просо>льон> горох>люпин. Добрива треба вносити відповідно до системи удобрення культур, беручи до уваги терміни, способи й дози.

З добрив на перше місце серед забруднювачів природного середовища виходять азотні добрива. Найнебезпечнішим проявом дії азотних добрив є накопичення у ґрунті нітратів,

які надходять у рослини в надлишковій кількості, або вимиваються у поверхневі чи ґрунтові води. З підвищенням дози нітрогену від 60 до 180 кг/га кількість вимитого нітрогену зростає від 5 до 15 кг/га, а у разі неправильного застосування добрив втрати нітрогену збільшуються до 30–45%. Для зменшення його вимивання використовують інгібітори нітрифікації, повільнодіючі азотні добрива, або органічні речовини з широким співвідношенням C:N. Цим стимулюється іммобілізація нітратів ґрунтовими мікроорганізмами.

Серед вищих рослин виділяють ті, які здатні акумулювати значну кількість нітратів. До них належать родини: амарантових, зонтичних, складноцвітних, пасльонових. Серед родин овочевих культур найбільш здатні до накопичення нітратів капустяні, гарбузові, пасльонові, а серед окремих культур – редька біла, буряк столовий, салат, шпинат, редиска.

Такі добрива, як сульфат амонію, аміачна селітра, суперфосфат та інші, під час тривалого застосування підкислюють ґрунти і таким чином погіршують їхні властивості.

Використання високих доз азотних добрив призводить і до інших негативних наслідків: змінюється кількість, видовий та груповий склад мікроорганізмів, зазнає розвитку патогенна мікрофлора. Надлишок нітратів зумовлює зміну окислювально-відновного потенціалу та газового режиму ґрунтів. На ґрунтах із занадто великим вмістом нітратів коренева система бобових рослин не формує активних бульбочок. Водночас культура вражається фітопатогенними грибами, суттєво погіршується якість врожаю.

Рівень накопичення нітратів у рослинах залежить від ґенези ґрунту, вмісту в ньому органічної речовини та мінерального нітрогену, кліматичних чинників, умов мінерального живлення рослин, фітосанітарного стану посівів, технології вирощування тощо.

Фосфорні і калійні добрива є менш небезпечними під час забруднення навколишнього середовища. Внаслідок низької рухомості вони

повільно мігрують по профілю і не потрапляють до підґрунтових вод. Однак під час інтенсивних ерозійних процесів сполуки фосфору та калію вимиваються з ґрунту з твердим стоком. Через це існує небезпека забруднення водойм.

Використання високих доз фосфорних добрив викликає зниження використання фосфору рослинами, раннє дозрівання культур, низькі врожаї.

Значно більшу небезпеку для рослин і навколишнього середовища становлять баластні речовини, що містяться у фосфорних і калійних добривах (кадмій, плюмбум, купрум, нікель, фтор). Серед елементів-забруднювачів ґрунтів, рослин, який привертає багато уваги, є флуор – незмінний компонент усіх фосфорних добрив, меліорантів і промислових викидів. Вміст флуору в фосфорних добривах – 0,9–3,5%, у фосфогіпсі – 0,5–4%. Кореневі системи рослин, особливо кукурудзи, є акумуляторами флуору. У разі вмісту водорозчинного флуору в кількості 10–12 мг/кг ґрунту, відбувається зниження урожаю, інвертазної активності, яка є одним із критеріїв оцінки хімічного забруднення ґрунтів. Надлишок фосфору в ґрунті призводить до зменшення кількості цинку в рослинах.

Високий вміст внесеного калію спричиняє вимивання магнію і погіршує магнієве живлення рослин. У зелених кормах співвідношення між калієм і сумою кальцію та магнію не повинно перевищувати 2,2, а вміст калію не повинен перевищувати 4% на суху речовину. Якщо калійні добрива застосовувати кілька років підряд без урахування співвідношення з іншими елементами, то після досягнення оптимального врожаю подальше їхнє використання негативно впливатиме на величину і якість урожаю. Підвищення дози калію знижує вміст натрію, кальцію та магнію у рослинах.

Мінеральне живлення рослин також впливає на синтез вітамінів. Отже, незбалансоване застосування основного добрива призводить до порушення рівноваги, нестачі інших елементів у ґрунті й рослинах.

Забруднення навколишнього середовища зумовлює не лише кількість внесених добрив, а й низька культура хімізації землеробства, використання недосконалих або екологічно дуже несприятливих технологій.

Нерівномірність розподілу добрив при їхньому внесенні у виробничих умовах удвічі-втричі перевищує допустимі межі. Саме з цієї причини ефективність азотних добрив знижується на 40–50%, фосфорних – на 35–40, калійних і складних – на 15–20%, різко загострюється екологічна обстановка через те, що в ґрунті створюються осередки з надмірно високим вмістом елементів живлення рослин.

### *5.1.3. Система застосування добрив*

Розробляючи систему застосування добрив у сівозмінах, враховують такі основні принципи [45]:

**1) Народногосподарське значення культури.** Важливо забезпечити добривами ті культури, ареал розповсюдження яких обмежений ґрунтово-кліматичними умовами, найбільш придатними для їхнього вирощування (буряк цукровий, картопля, соняшник, ріпак тощо).

**2) Біологічні особливості культури**

*Потреба культур в елементах живлення у періоди росту і розвитку.*

*Відношення до концентрації ґрунтового розчину.* З польових культур найменш чутливими є жито, пшениця, ячмінь і овес. Дуже чутливою до концентрації ґрунтового розчину в перший період розвитку є кукурудза. Огірки і морква мають більшу чутливість, ніж інші овочеві культури.

*Відношення до реакції середовища і засвоювана здатність кореневої системи.* Сільськогосподарські рослини по-різному реагують на реакцію ґрунтового середовища. Дуже чутливими до кислої реакції середовища є люцерна, еспарцет, конюшина, бавовник, цукрові, столові і кормові буряки, коноплі, капуста, цибуля, огірки тощо; чутливими до підвищеної кислотності є пшениця озима і яра, кукурудза, ячмінь, соняшник, соя, квасоля, горох, кормові

боби, салат тощо; володіють підвищеною стійкістю до кислої реакції і позитивно реагують на вапнування овес, жито, гречка, тимофіївка, льон, картопля, ріпа, редька, морква тощо; добре переносять кислу реакцію середовища і, як правило, не потребують вапнування люпин, серадела. Треба враховувати, що відношення рослин до реакції середовища змінюється залежно від фази росту. Найчутливішими до кислої реакції рослини у перший період свого життя. У цей час вони дуже чутливі і до лужного середовища. Рослини характеризуються неоднаковою засвоюваною здатністю кореневої системи використовувати поживні речовини з ґрунту і добрив. Наприклад, стосовно поглинання фосфору з важкодоступних сполук, ячмінь характеризується дуже низькою здатністю; пшениця й овес – низькою; жито і кукурудза – відносно високою; картопля, буряки цукрові, червона конюшина і гірчиця – високою; люцерна, горох, люпин і гречка – дуже високою.

Отже, розробляючи систему застосування добрив, треба враховувати відношення рослин до реакції ґрунтового середовища і засвоювану властивість кореневої системи стосовно поживних речовин для того, щоб підбиранням відповідних форм мінеральних добрив і хімічної меліорації створювати найбільш сприятливі умови для формування високого врожаю.

*Характер розвитку кореневої системи.* Під час вибору строку внесення добрив і глибини їхнього загортання враховують характер розвитку кореневої системи, глибину її проникнення й утворення додаткових коренів.

**3) Ґрунтово-кліматичні умови**

*Ґрунтові умови.* Вибір добрив, строків внесення і способів їхнього загортання треба проводити з урахуванням властивостей ґрунту, ступеня окультурення. Мінеральні добрива (NPK) вносять у різних співвідношеннях: на ясно-сірих і сірих лісових ґрунтах – 1,2–1,3:1:1,2–1,3; на темно-сірих опідзолених ґрунтах, опідзолених і вилугуваних чорноземах – 1:1:1. Залежно від

біологічних особливостей культур ці співвідношення можуть змінюватися.

Гранулометричний склад ґрунту має суттєве значення для переміщення добрив, поглинання і закріплення їх ґрунтом, що впливає на характер засвоєння рослинами поживних речовин; впливає на інтенсивність мінералізації органічної речовини та органічних добрив, вміст поживних речовин, особливо калію, а також норми хімічних меліорантів. Ступінь окультурення ґрунту впливає на мікробіологічну діяльність, водний і повітряний режими, вміст легкозасвоюваних форм поживних речовин, що треба брати до уваги під час використання добрив.

*Кліматичні умови.* На ефективність добрив суттєво впливають кліматичні умови, водний режим, який відповідно залежить від фізичних властивостей ґрунту. У разі нестачі вологи ефективність добрив знижується. У районах недостатнього зволоження важливо передбачити глибину загортання добрив і не завжди доцільно проводити підживлення сільськогосподарських рослин. В умовах достатнього зволоження або під час зрошення добрива треба вносити в підвищених дозах, вибирати відповідні їхні форми, щоб запобігти вимиванню поживних речовин у нижні шари ґрунту.

**4) Агротехніка**

*Залежність ефективності добрив від рівня агротехніки.* Порівняно невеликі норми добрив за високої агротехніки можуть дати значний ефект, а збільшені норми за низької агротехніки часто не дають передбачуваного результату.

*Вплив попередника.* Одна і та сама культура в межах однієї сівозміни на фоні однакових ґрунтово-кліматичних умов має отримувати добрива різного складу і в різних кількостях залежно від свого місця у сівозміні. Наприклад, льон після конюшини треба удобрювати головно фосфорними і калійними добривами за невеликої дози азотних (20–30 кг/га). Але льон після слабкого попередника або старооранки повинен забезпечуватися нітрогеном у нормі не менше 45 кг/га. Пшениця озима, яку висівали після

чорного пару, може дати стійкі та високі врожаї зерна при внесенні фосфорних добрив, але пшениця, яка йде в сівозміні після зернових і просапних культур, вимагає удобрення не лише фосфором, а, насамперед нітрогеном. Буряки цукрові, що розміщені в ланці з багаторічними травами, слабко реагують на азотні добрива і сильно – на фосфорні та калійні.

Для встановлення потреби ґрунту в добривах на всю площу сівозміни норми добрив на 1 га поживних речовин множать на середній розмір поля сівозміни та одержують кількість поживних речовин, яка необхідна для всієї площі посіву культури. Потім визначають загальну кількість добрив, що потрібна для сівозміни.

Унаслідок того, що під час розроблення системи удобрення використовують середні рекомендовані норми, а середньозважений рівень вмісту в ґрунті сівозміни поживних речовин може бути нижчий або вищий від середнього, загальну потребу в добривах коректують. Кафедра агрохімії та якості продукції рослинництва НАУ використовує метод корегування, який полягає у тому, що за низького рівня забезпечення рослин фосфором і калієм потребу в добривах збільшують у 1,2–1,3 раза, за високого – зменшують у 0,7–0,8 разів, а за середнього – залишають без змін. Насичення добривами сівозміни визначають шляхом ділення загальної кількості добрив після коректування на загальну площу сівозміни. Завершальним етапом розробки системи застосування добрив є її агрохімічне та агроекологічне обґрунтування [57].

## *5.2. Хімічна меліорація ґрунтів*

***Вапнування кислих ґрунтів.*** Серед заходів підвищення родючості кислих ґрунтів вапнування займає одне з перших місць. Використання вапна у сільському господарстві має дуже давню історію.

Вплив вапна на властивості кислих ґрунтів і на рослини досить різноманітний. Так, під час внесення вапна відзначають такі зміни в ґрунтах:

усувається негативний вплив кислої реакції на рослини і мікроорганізми ґрунту;
вапно збагачує ґрунт кальцієм, необхідним елементом живлення рослин;
зменшується гідролітична кислотність, збільшується ступінь насичення основами;
змінюється поживний режим ґрунту, доступність одних поживних речовин у ґрунті збільшується, а інших – зменшується;
зміна реакції середовища в ґрунті впливає на фізіологічні процеси у рослинах;
позитивний вплив на фізичні властивості ґрунту;
створюється сприятливіший фон для використання азотних і калійних добрив;
впливає на ураження рослин хворобами, змінює склад і кількість бур'янів на полях.

Вапно вносять насамперед для усунення надлишку кислотності. Якщо як вапняковий матеріал використовують гашене вапно, то його вплив на реакцію середовища цілком зрозумілий, оскільки гашене вапно є лугом – $Ca(OH)_2$. Його взаємодію з ґрунтом схематично можна зобразити так:

$$[ГВК]^{H^+}_{H^+} + Ca(OH)_2 = [ГВК]^{Ca^{2+}} + 2H_2O.$$

Унаслідок цього реакція середовища зміщується з кислого інтервалу до нейтрального чи лужного. При внесенні карбонату кальцію $CaCO_з$ або магнію під впливом ґрунтового розчину, в якому міститься вода і діоксид карбону, відбуваються наступні реакції:

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$$

$$Ca(HCO_3)_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2O + 2CO_2.$$

Унаслідок цього в ґрунтовому розчині збільшується концентрація гідроксиду $OH^-$ і зменшується кислотність.

Зміна кислотності та інших властивостей ґрунту залежить від дози вапна (див. табл. 5.1).

Оптимальні умови для більшості мікроорганізмів створюються у нейтральному ґрунті.

Проте стійкість окремих організмів до кислої реакції середовища досить різноманітна. Найбільшою стійкістю до кислої реакції середовища володіють плісені: вони живуть і розмножуються у таких умовах, в яких багато бактерій гине. Тому в кислих ґрунтах переважають гриби.

*Таблиця 5.1*

**Орієнтовні норми внесення вапна (т/га) залежно від pH і гранулометричного складу ґрунту**

| Гранулометричний склад ґрунтів | | | pH сольового розчину | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ≤4,0 | 4,1–4,5 | 4,6 | 4,7–4,8 | 4,9–5,0 | 5,1–5,5 | 5,6–5,7 |
| Піщані і зв'язнопіщані | 4,0 | 3,5 | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 1,0 | 0,5 |
| Супіщані | 4,5 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 1,0 |
| Легкосуглинкові | 5,5 | 4,5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,0 |
| Середньосуглинкові | 6,0 | 6,0 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,0 | 3,0 |

Мікроорганізми однієї групи не завжди однаково ставляться до кислої реакції середовища. Більшість бактерій не розвиваються при pH нижче 4,5–5,0, хоча бактерії, які окислюють сульфур, володіють високою кислотостійкістю, а серед плісені є представники, які погано ростуть у кислому середовищі.

Дуже негативно впливає кислотність ґрунту на розвиток азотобактера і бульбочкових бактерій. Азотобактер у ґрунті з pH 5,0 і нижче не живе [1].

Кислотність ґрунтів впливає на рухомість поживних речовин. Вапнування є потужним фактором мобілізації та іммобілізації поживних речовин у ґрунті. Вапнування кислих ґрунтів супроводжується мобілізацією фосфатів ґрунтів, збільшує кількість засвоюваного калію.

Кислі ґрунти відчувають надлишок мангану. Внесення невисоких доз вапна сприяє поліпшенню живлення рослин манганом.

Кислотна деградація ґрунтів набуває глобальних масштабів, спричиняючи негативні екологічні наслідки. Підкислення подекуди має

вторинний характер. Вагомими причинами підкислення ґрунтів є передусім кислотні дощі, низький рівень внесення органічних добрив, інтенсивне (часто необґрунтоване) застосування хімізації в землеробстві, тобто вторинне підкислення ґрунтів має антропогенний характер.

Підкислення ґрунтів за рахунок кислотних дощів найбільше поширене в країнах Скандинавського півострова, в східних районах США, Канади, а також у Великобританії, Бельгії, Німеччині, Польщі, Україні, країнах Балтії, Молдові, деяких областях Росії. Зростання кислотності дощових опадів за останні десятиріччя спостерігається в індустріальних районах багатьох країн Західної Європи, США та Канади. В цих країнах pH дощової води знизився з 6,0–6,5 до 5,0–4,5, а в окремі періоди – до 3,5 одиниць.

Суттєво впливають на кислотність ґрунту промислові викиди, що містять оксиди металів. У ґрунті вони утворюють сірчану кислоту, яка зумовлює підкислення. На освоєних болотних ґрунтах підкислення може бути спричинене окисненням сульфідів феруму та мангану.

У випадку тривалого внесення підвищених доз мінеральних добрив на чорноземах типових спостерігається збільшення активної кислотності. Внесення азотних добрив набагато більше підвищує активну кислотність ґрунту порівняно з внесенням фосфорно-калійних добрив [63].

В Україні ґрунти з підвищеною кислотністю займають 9,6 млн га сільськогосподарських угідь, з яких на середньо- і сильнокислі припадає 4,4 млн га (С.А. Балюк, В.В. Медведєв, М.М. Мірошниченко, 2009).

Систематичне вапнування кислих ґрунтів на Поліссі, в лісостепу, гірських Карпатах та Закарпатті знизило кислотність до pH = 5,8–5,9. За останні роки обсяги вапнування кислих ґрунтів різко зменшилися. Якщо в 1986–1990 рр. вапнування проводили в середньому за рік на площі 1548 тис. га, то в 2001 р. – тільки на 24 тис. га (див. табл. 5.2).

*Таблиця 5.2*

**Вапнування кислих ґрунтів а Україні за 1986–2001 рр. [63]**

| Показник | Середнє за роки | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1986–1990 | 1991–1995 | 1996–2000 | 2001 |
| Площа вапнування | 1 548 | 682 | 53 | 24 |
| Внесено вапняних матеріалів, тис. т | 8 204 | 3 613 | 306 | 170 |

### *Гіпсування солонців і солонцюватих ґрунтів*

Середньо- і сильносолонцюваті ґрунти займають в Україні 0,5 млн га сільськогосподарських угідь. Вони поширені в лівобережній частині лісостепу, в степовій і сухостеповій зонах.

Солонці та солонцюваті ґрунти володіють несприятливими фізичними властивостями. Під час зволоження вони сильно набухають, стають майже непроникними для води, а під час висихання перетворюються на щільну і тверду масу, яку важко обробляти. Водний і повітряний режими цих ґрунтів дуже несприятливі. Солонці мають лужну реакцію середовища, яка шкідлива для багатьох рослин.

Як меліорант солонцюватих ґрунтів і солонців використовують гіпс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), фосфогіпс та інші кальцієвміщуючі сполуки. Гіпсування приводить до заміни ввібраного натрію кальцієм і зменшується кислотність.

Схематично цей процес відбуватиметься так:

$$[ГВК]^{Na^+}_{Na^+} + CaSO_4 = [ГВК]^{Ca^{2+}} + Na_2SO_4.$$

Сульфат натрію – нейтральна сіль, яка добре розчинна у воді. Утворений унаслідок гіпсування сульфат натрію вимивають поливними водами. Заміщення ввібраного натрію кальцієм супроводжується коагуляцією колоїдів, унаслідок чого утворюється водостійка структура ґрунту, поліпшується водопроникність та аерація, створюються сприятливі умови для життєдіяльності мікроорганізмів.

Гіпсування солонців і солонцюватих ґрунтів дає значне підвищення урожаю. Середнє під-

вищення врожаю зернових в зоні чорноземних ґрунтів коливається в межах 3–6 ц/га, а в зоні каштанових ґрунтів – 2–7 ц/га. Врожай люцерни збільшується на 10–20 ц/га, а буряка цукрового – до 100 ц/га.

## *5.3. Сівозміни*

### *5.3.1. Поняття про сівозміну та беззмінні посіви*

***Сівозміна*** – це науково обґрунтоване чергування сільськогосподарських культур і пару на певній території і в часі, спрямоване на збільшення родючості ґрунтів, їхньої продуктивності.

Впровадження сівозмін є одним із найважливіших агротехнічних заходів, що регулюють родючість ґрунту.

В основі сівозмін лежить науково обґрунтована ***структура посівних площ***, що є співвідношенням площ під різними культурами і чистими парами, вираженим у відсотках до загальної сівозмінної площі. Її розробляють відповідно до спеціалізації господарства.

Відомо, що в структурі земельного фонду України частка територій з напівприродними екосистемами значно нижча за світовий рівень і загалом не перевищує третини: ліси і лісовкрита територія – 17,3% (середньосвітовий показник – 31,8; європейський – 34), пасовища – 9 (світовий показник – 20), сіножаті – 4, території, що підлягають особливій охороні в складі природно-заподівного фонду – понад 4%. Частка сільськогосподарських угідь становить 69,3%, зокрема ріллі – 54% (світовий показник – 10–12% польових екосистем); близько 0,7% території – перелоги [63. – С. 279].

Основні площі в агроекосистемах займають три-п'ять культур, частка кожної залежить від ґрунтово-кліматичних та економічних зон. Структуру посівних площ культурних рослин, що сформувалася в Україні, подано в табл. 5.3.

Кожна сівозміна має певну кількість полів і встановлений порядок чергування сільськогосподарських культур. Період, протягом якого культури і пар проходять через усі поля сівозміни у встановленій послідовності, називають ***ротацією сівозміни***. Тривалість ротації (кількість років) відповідає кількості полів сівозміни.

*Таблиця 5.3*

**Структура посівних площ сільськогосподарських культур в Україні, 2008 р.**

| Показник | Вся посівна площа | У тому числі | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | зернові та зернобобові культури | технічні культури | картопля і овочебаштанні культури | кормові культури |
| Площа, тис. га | 27 133,0 | 15 636,3 | 6 777,9 | 1 966,5 | 2 752,3 |
| Від посівної площі, % | 100 | 57,6 | 25,0 | 7,2 | 10,2 |

Якщо сільськогосподарську культуру висівали на одному і тому ж полі не більше 8 років поспіль, її називають *повторною*, а коли її вирощують на одному полі тривалий час – *беззмінною*. Одна культура, яку вирощують у господарстві, називається *монокультурою*. Сільськогосподарська культура або пар, які займали певне поле в минулому році, називаються *попередником*.

До попередника ставлять такі вимоги:
своєчасне звільнення поля;
очищення поля від бур'янів;
поліпшення фітосанітарного стану ґрунту;
поліпшення поживного режиму ґрунту за рахунок удобрення органічною масою кореневої системи і вегетативної частини рослини;
поліпшення структури ґрунту, повітряного і водного режимів;
відсутність алелопатичної дії на сходи наступної культури.

Необхідність чергування культур зумовлене їхніми біологічними особливостями та вимогами економіки; додержання раціональних сівозмін забезпечує систематичне збільшення врожаю. Не всі культури однаково реагують на беззмінне вирощування. Деякі культури можуть протягом

певного часу вирощуватися беззмінно без суттєвого зниження урожайності. Такі культури досить легко переносять повторні посіви у сівозміні і вважаються умовно самосумісними. Інші культури різко негативно реагують не тільки на беззмінний спосіб вирощування, а навіть не витримують повторних посівів у сівозміні. Це самонесумісні культури. Є також культури, які

*Таблиця 5.4*

**Нормативна класифікація попередників у сівозміні (за В.Ф. Сайком, П.І. Бойком, 2002)**

| Культура | Попередник | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Багаторічні трави (бобові) | Однорічні трави | Горох-вика | Люпин на | | Кукурудза на | | Пшениця озима | Жито озиме | Ячмінь | Овес | Картопля | | Льон | Буряки цукрові | Соняшник |
| | | | | зелену масу | зерно | силос | зерно | | | | | рання | пізня | | | |
| Пшениця озима | Х | Х | Х | Х | УД | Д | Н | Н | Н | Н | УД | Х | УД | Х | Н | Н |
| Жито озиме | Х | Х | Х | Х | УД | Д | Н | Н | Н | УД | Н | Х | УД | Х | Н | Н |
| Ячмінь | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Д | Д | Н | УД | Х | Х | Х | Х | УД |
| Овес | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Д | Д | УД | Н | Х | Х | Х | Х | УД |
| Кукурудза | Х | Х | Х | Х | Х | УД | УД | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Х | УД | УД |
| Горох, вика | Н | УД | Н | Н | Н | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Д |
| Люпин | Н | УД | Н | Н | Н | Д | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Д |
| Льон | Х | Х | Д | Н | Х | Х | Х | Д | УД | УД | Х | Х | Х | Н | Д | Н |
| Буряки цукрові | УД | Д | Х | УД | Д | УД | УД | Х | Х | Х | Д | Д | Д | УД | Н | Н |
| Картопля | Х | Х | Х | УД | Х | Д | Д | Х | Х | Д | Д | Н | Н | Х | Х | Н |
| Соняшник | Н | Х | Х | УД | Х | Х | УД | Х | Х | Х | Х | Х | Х | Х | УД | Н |

*Примітка:* Х – хороший, Д – допустимий, УД – умовно допустимий, Н – недопустимий.

мають спільні хвороби і спільних шкідників, а тому зближення цих культур у сівозміні або ж послідовне розміщення їх неприпустимі. Саме з цієї причини такі культури, як ріпак і буряки цукрові, пшениця–ячмінь–овес, вважаються несумісними (див. табл. 5.4).

За реакцією на беззмінні посіви культури поділяються на:

*дуже чутливі* – льон, бобові, соняшник, буряк цукровий, ярі зернові;

*середньочутливі* – озимі зернові, кукурудза на зерно;

*малочутливі* – коноплі, рис, тютюн, картопля, гречка, кукурудза на силос.

У табл. 5.5 наведено нормативні умови розміщення і чергування культур у сівозміні, за яких можна побудувати будь-яку сівозміну.

Сівозміни мають велике значення у підвищенні врожайності всіх сільськогосподарських культур і поліпшенні родючості ґрунту. Вони компенсують втрати гумусу, сприяють поповненню і кращому використанню поживних речовин з ґрунту і добрив, підтриманню сприятливих фізичних властивостей ґрунту, захисту ґрунтів від ерозії, запобіганню поширення бур'янів, шкідників і хвороб, раціональному використанню техніки, а також трудових ресурсів і є головною ланкою ведення всього виробництва, через яку здійснюється раціональне поєднання всіх галузей господарства.

*Таблиця 5.5*

**Нормативи періодичності чергування культур у сівозміні (за В.Ф. Сайком, П.І. Бойком, 2002)**

| Культура | Термін періоду повернення культури на попереднє місце вирощування, роки | | |
|---|---|---|---|
| | Степ | Лісостеп | Полісся |
| Пшениця озима | 2–3 | 2–3 | 2–3 |
| Жито озиме | 1–2 | 1–2 | 1–2 |
| Ячмінь озимий | 1–2 | 1–2 | 1–2 |
| Овес | 1–2 | 1–2 | 1–2 |
| Гречка | 1–2 | 1–2 | 1–2 |
| Просо | 3–4 | 3–4 | 3–4 |
| Горох, вика, чина, соя | 3–4 | 3–4 | 3–4 |
| Ріпак | 3–4 | 3–4 | 3–4 |
| Буряки цукрові і кормові | 3–4 | 3–4 | 3 |
| Картопля | 1–2 | 1–2 | 1–2 |
| Соняшник | 8–9 | 7–9 | – |
| Еспарцет | 2–3 | 2–3 | – |
| Конюшина | – | 3–4 | 3–4 |
| Люцерна | 3–4 | 3–4 | 3–4 |
| Багаторічні злакові трави | 3–4 | 3–4 | 3–4 |
| Сорго | 3–4 | 3–4 | 3–4 |
| Чорний пар | 5–10 | 10 | – |
| Кукурудза | 0–5 | 0–5 | 0–5 |

Виділяють такі *основні завдання сівозміни:*
підвищення родючості ґрунтів;
поліпшення водного режиму;
раціональне використання поживних речовин;
поліпшення фітосанітарного стану;
досягнення позитивного балансу гумусу;
збільшення врожайності та якості продукції.

### *5.3.2. Наукові основи чергування культур у сівозміні*

Причини, які зумовлюють необхідність чергування культур, викликають зниження урожаїв, академік Д.М. Прянишников (1962) об'єднав у чотири групи: хімічні, фізичні, біологічні та економічні.

**Хімічні** – пов'язані з відмінностями в хімічному складі рослин та особливостями їхнього живлення.

Завдяки чергуванню культур підвищується ефективність мінеральних добрив. Різні рослини виносять з ґрунту неоднакову кількість елементів. Бобові більше використовують фосфору, зернові – нітрогену і фосфору, коренеплоди і бульбоплоди – калію. Рослини мають неоднакову здатність засвоювати поживні речовини з ґрунту. Так, овес, картопля, гірчиця, гречка, люпин мають здатність засвоювати малорозчинні фосфати, а льон, пшениця, буряк засвоюють фосфор тільки з легкорозчинних сполук.

Бобові культури засвоюють нітроген, збагачуючи ним ґрунт. Унаслідок чергування бобових і небобових рослин, можна поліпшити азотне живлення у сівозміні.

Рослини засвоюють поживні речовини з ґрунту з різної глибини. Для кращого використання поживних речовин ґрунтів пропонують чергувати рослини з різною довжиною коріння. Так, корені картоплі, льону, гороху проникають на глибину 0,8–1 м, зернових – 1,5–2,0 м, кукурудзи, соняшника, люпину, буряка – 2,0–2,5 м, люцерни – 5 м і більше.

**Фізичні** – пов'язані з різним впливом рослин та агрозаходів на фізичний стан, вологість, повітряний, тепловий режими ґрунту. Поліпшення фізичних властивостей ґрунту залежить від за-

лишених у ґрунті коренів і стерньових решток культурами сівозміни: чим їх більше, тим кращі будова орного шару і структура ґрунту. Кількість рослинних решток різних культур неоднакова. Наприклад, багаторічні трави можуть залишати до 130 ц/га повітряно-сухої маси, пшениця озима – 32,1, ячмінь – 24, горох – 14, буряк – 5,3 ц/га. Залишені в ґрунті рештки рослин є джерелом утворення гумусу, позитивний вплив якого на властивості ґрунту загальновідомий.

Щодо впливу сільськогосподарських культур на баланс і вміст *гумусу* в ґрунті деякі дослідники поділяють їх на чотири групи [12]:

*Багаторічні кормові культури* на орних землях за малої інтенсивності обробітку ґрунту збагачують ґрунт гумусом і нітрогеном.

*Однорічні бобові* збагачують ґрунт нітрогеном і не зменшують запаси гумусу.

*Колосові культури* за незначної інтенсивності обробітку менше знижують вміст гумусу і нітрогену, ніж просапні культури.

*Просапні культури*, які вирощують за інтенсивного обробітку, сильно знижують вміст гумусу і нітрогену в ґрунті.

Олійні та спеціальні культури відповідно з їхнім впливом розміщують у перших трьох групах.

Різні культури впливають не тільки на вміст гумусу, але і на *структуру ґрунту*. Найліпша структура після багаторічних трав, найбільше вона руйнується за вирощування просапних культур.

Дуже важлива роль сівозміни в регулюванні *вологозабезпечення культур*. Польові культури суттєво відрізняються за вимогливістю до ґрунтової вологи і мають неоднаковий вплив на водний режим ґрунту.

Споживаючи воду, рослини зумовлюють висушування ґрунту на певну глибину і певний перерозподіл залишків вологи по його шарах залежно від особливостей розвитку, поширення кореневої системи, тривалості вегетаційного періоду.

Найбільше висушують ґрунт буряки цукрові, соняшник, конюшина, люцерна багаторіч-

ного використання, картопля. Насичення такими культурами сівозміни спричиняє дуже напружений баланс вологи у ґрунті для наступних культур. Коефіцієнти вологоспоживання у цих культур порівняно з іншими дуже високі – 600–800 одиниць вологи на одиницю сухої речовини врожаю, тоді як у зернових колосових – 350–450, кукурудзи та однорічних трав – 250–400.

Для спрямованого регулювання водного режиму в системі ґрунт-рослина необхідне таке чергування культур у сівозмінах, за якого раціональне використання рослинами ґрунтової вологи поєднується з наступним відновленням її запасів у відповідних шарах ґрунту. Встановлено, що під такими культурами, як кукурудза, пшениця озима, зайняті пари, досить добре відновлюються запаси продуктивної вологи в глибоких шарах ґрунту. Тому ці культури треба розміщувати після культур із глибоко проникаючою кореневою системою (які висушують ґрунт на значну глибину) для того, щоб відновлювалися запаси ґрунтової вологи на великі глибини. Проте повністю запаси вологи на глибину 3 м і більше протягом одного осінньо-зимового періоду, особливо в південних районах, не відновлюються. Після соняшника і буряка цукрового для цього потрібно 3–5 років. Тому після соняшника найліпше розміщувати поле чорного пару і не треба повертати цю культуру в сівозміні на попереднє місце раніше 7, а буряки цукрові – 3–4 років. З метою збереження вологи в ґрунтах степової зони рекомендують відводити 5–10% чорних парів у структурі посівних площ, а в сівозмінах – 10–20% [74].

Чергуванням культур можна також зменшити *ерозію ґрунту*, особливо за рахунок багаторічних трав, озимих зернових.

**Біологічні** – пов'язані з різною стійкістю культур до бур'янів, хвороб, шкідників.

*Бур'яни* завдають великої шкоди землеробству. Вони відбирають у культурних рослин поживні елементи, вологу, світло, сприяють поширенню шкідників і збудників хвороб і внаслідок

цього знижують на 10–20 % урожаї сільськогосподарських культур. Послаблення боротьби з бур'янами збільшує втрати врожаю у кілька разів. Впровадження сівозміни сприяє зменшенню видів і кількості бур'янів. Так, наприклад, у посівах озимих культур розмножуються зимуючі бур'яни, ярих – ярі, чергування цих культур створює несприятливі умови для обох бур'янів.

Не всі культури однаково реагують на забур'яненість. Кукурудза, соняшник, коноплі, швидко затінюючи ґрунт, пригнічують бур'яни сильніше, ніж овес, ячмінь, просо, льон. У посівах просапних культур бур'яни знищують міжрядними обробітками. Отже, ефективно боротися з бур'янами можна лише тоді, коли правильно чергуються озимі культури з ярими, зернові з просапними і зернобобовими, вузьколисті з широколистими. Найповніше знищуються бур'яни в парах.

Сівозміна дуже важлива у боротьбі з шкідниками і збудниками хвороб. *Захворювання рослин* спричиняють патогенні гриби, бактерії і віруси, джерелом яких є насіннєвий матеріал, ґрунт, рослинні рештки, бур'яни, комахи тощо. Серед інфекційних хвороб зернових культур перше місце за поширенням і шкідливістю займають кореневі гнилі. Вони розвиваються на підземних і надземних органах рослин, що призводить до зменшення кількості коренів, які нормально функціонують, порушуються зв'язки між підземними і надземними частинами рослин, різко знижується водопостачання і живлення колосу, зменшується або повністю втрачається продуктивність рослин, погіршується якість урожаю.

Значної шкоди льону, коноплям завдає фузаріоз, картоплі – фітофтора, чорна ніжка, парша і фомоз, соняшнику – несправжня борошниста роса, кукурудзі – пухирчаста сажка і фузаріоз.

Багаторічні трави дворічного використання у сівозміні підтримують баланс гумусу в орному шарі й до мінімуму знижують захворювання кореневими гнилями наступних зернових культур.

У повторних і беззмінних посівах сільськогосподарських культур створюються сприятливі умови для розмноження *шкідників*. Наприклад,

на буряках цукрових розмножуються буряковий довгоносик, листкова попелиця, нематоди; на просі – просяний комарик; на бобових – бульбочковий довгоносик; на льоні, коноплях, капустяних – блішки. Повторні посіви пшениці озимої сприяють поширенню хлібної жужелиці, гессенської і шведської мух, клопів-черепашок. Шкода, якої завдають шкідники, значно зменшується завдяки правильному чергуванню культур у сівозміні. Відповідним чергуванням культур у сівозміні також стимулюють розвиток мікроорганізмів-антагоністів нематод (деякі бактерії та актиноміцети), які стримують розвиток шкідливих мікроорганізмів у ґрунті й позитивно впливають на врожайність сільськогосподарських культур.

Чергування культур – важливий захід активізації ферментів.

Беззмінне вирощування деяких культур (льону, гороху тощо) може спричинити нагромадження токсичних речовин, які виділяють рослини, гриби, бактерії і викликати ґрунтовтому. За умови правильного чергування культур цього вдається уникнути.

**Економічні** – пов'язані з різними затратами праці і засобів виробництва та їхнім розподілом у часі під час вирощування різних рослин, різним їхнім значенням для господарства.

Економічною основою сівозмін є структура посівних площ, яка дає можливість забезпечувати оптимальне чергування культур. Структура посівних площ повинна забезпечувати високу врожайність сільськогосподарських культур, поліпшення якості продукції і високу економічну ефективність.

Разом з економічною основою сівозміна має і велике господарсько-організаційне значення у раціональному використанні землі, робочої сили, засобів виробництва – машин, знарядь, матеріалів. Це забезпечують найдоцільнішим підбором культур і здійсненням заходів для одержання високих урожаїв. Наприклад, коли застосовувати монокультуру, то робочу силу і засоби виробництва будуть використовувати періодично;

якщо більше культур у сівозміні, то вони будуть з різними строками сівби, догляду та збирання урожаю, а використання робочої сили, машин і знарядь буде рівномірним протягом вегетаційного періоду.

### *5.3.3. Класифікація сівозмін*

В основі сучасної класифікації сівозмін є дві ознаки:

головний вид рослинницької продукції, яку одержують у сівозміні;

співвідношення площ окремих груп культур, що різняться між собою за біологічними особливостями, агротехнікою і впливом на родючість грунту.

За першою ознакою сівозміни поділяють на типи. Тип сівозміни свідчить про господарське призначення основної рослинницької продукції, яку виробляють у сівозміні (зерно, продукція технічних культур, корми, овочі). Виділяють три ***типи сівозмін***: польові, кормові, спеціальні [16] (див. табл. 5.6).

*Таблиця 5.6*

**Класифікація сівозмін (за С.А. Воробйовим)**

| Типи сівозмін | | Види сівозмін |
|---|---|---|
| Польові | | Зерно-парові |
| | | Зерно-просапні |
| | | Зерно-паро-просапні |
| | | Зерно-трав'яні |
| | | Трав'яно-просапні |
| | | Просапні |
| | | Зерно-трав'яно-просапні (плодозмінні) |
| | | Сидеральні |
| Кормові | прифермерські | Плодозмінні |
| | | Просапні |
| | | Трав'яно-просапні |
| | лукопасовищні | Травопільні, в т.ч. ґрунтозахисні |
| Спеціальні | | Зерно-трав'яні, в т.ч. рисові |
| | | Просапні, в т.ч. овочеві |
| | | Трав'яно-просапні, в т.ч. овочеві, бавовникові, конопляні, тютюнові |
| | | Ґрунтозахисні |

У **польових сівозмінах** вирощують зазвичай зернові, технічні культури, які не потребують особливих ґрунтових умов чи спеціальних умов вирощування (наприклад, буряки цукрові, соняшник, картопля). У сучасних польових сівозмінах вирощують також буряки кормові. Проте повне забезпечення тваринництва кормами не входить у завдання польових сівозмін. Вони займають близько 90% усіх орних земель і їх впроваджують в усіх господарствах.

**Кормові сівозміни** призначені здебільшого для виробництва соковитих і грубих кормів, а також незначні площі в них займають зернові, технічні, овочеві та інші культури. Залежно від місця розміщення та від того, яка група кормових культур переважає, кормові сівозміни поділяють на прифермські та лукопасовищні.

У *прифермських сівозмінах* вирощують зазвичай силосні культури, коренебульбоплоди і трави на зелену масу. Їх розміщують поблизу тваринницьких ферм.

У *лукопасовищних сівозмінах* вирощують зазвичай багаторічні трави на сіно і випас (лукопасовищний період, який триває 3–5 років), а також одне-два поля займають просапні й зернові культури, в які знову підсівають багаторічні трави (польовий період).

**Спеціальні сівозміни** призначені для виробництва продукції культур, які потребують дуже родючих ґрунтів або спеціальних умов вирощування. За призначенням серед спеціальних сівозмін розрізняють *овочеві, конопляні, тютюнові, махоркові, рисові, сівозміни з ефіроолійними та лікарськими рослинами, ґрунтозахисні* тощо.

Спеціалізація й концентрація сільськогосподарського виробництва сприяє зменшенню кількості культур у польових сівозмінах і насичення їх основними. Однак, оскільки ці культури розміщуються на звичайних ґрунтах у польових сівозмінах, на відміну від спеціальних, їх називають спеціалізованими польовими (наприклад, зернобобові, зерно-картопляні та ін.).

Ґрунти, які піддаються ерозії, відводять під сівозміни, завданням яких, крім раціонального використання землі, є захист ґрунтів від ерозії. Такі сівозміни називають *ґрунтозахисними.* Залежно від того, який набір культур вони включають, їх відносять до польових, кормових чи спеціальних.

Кожен із розглянутих типів сівозмін може поділятися на види. Вид сівозміни свідчить про співвідношення груп культур і парів, що відрізняються за біологічними особливостями, технологією вирощування та впливом на родючість грунту (зернові, пари, трави, просапні та ін.).

Найбільш поширені такі ***види сівозмін***:

1) *Зерно-парові* – кілька полів займають зернові, а одне поле перебуває під чистим паром.

2) *Зерно-паро-просапні* – кілька полів займають зернові культури (50–70%), одне поле відводять під чистий пар і не менше одного поля займають просапні культури. Поширені вони в степу.

3) *Зерно-просапні* – вся площа зайнята зерновими, просапними і парозаймаючими культурами (без чистих парів), при цьому просапні культури займають меншу площу, ніж зернові. Поширені в менш посушливих північних районах степу та в південному лісостепу.

4) *Зерно-трав'яні* – більшу частину площ займають посіви зернових і непросапних технічних культур, а на іншій частині площ вирощують багаторічні трави. Це сівозміни Полісся, західного лісостепу, еродованих територій (раніше їх називали травопільними).

5) *Трав'яно-просапні* – вирощують багаторічні трави, які займають два і більше полів і просапні культури. Вони поширені на зрошуваних землях при вирощуванні бавовнику та інших культур, на осушених землях (торфовищах), в заплавах.

6) *Зерно-трав'яно-просапні,* або *плодозмінні* – це сівозміни, в яких вирощують зернові, просапні культури й однорічні та багаторічні трави – зазвичай бобові. Зернові культури тут займають не більше половини площі. В цих

сівозмінах відбувається принцип плодозмін, тобто таке чергування культур, коли висівають одну після одної культури, різні за технологією вирощування і впливом на родючість ґрунту. В таких сівозмінах жодну культуру не розміщують два роки підряд в одному і тому самому полі. Такі сівозміни поширені в Україні в районах вирощування буряків цукрових.

7) *Просапні сівозміни* – це такі сівозміни, в яких просапні культури займають всю, або більшу частину площі. Чистих парів у них немає, а просапні культури висівають повторно або після інших просапних.

8) С*идеральні сівозміни* – вирощують сидеральні культури, зелену масу яких використовують на зелене добриво. Їх впроваджують на бідних піщаних ґрунтах у районах достатнього зволоження, в умовах зрошення, а також на засолених ґрунтах (з посівами буркуну).

9) *Травопільні сівозміни* – багаторічні трави займають половину і більше площі. Крім того, в них вирощують ще зернові, однорічні трави й технічні культури. Впроваджують їх у гірських районах для захисту ґрунтів від водної і вітрової ерозії, на природних кормових угіддях.

Розглянуті сівозміни класифікують за співвідношенням різних культур, за прийнятим чергуванням і впливом їх на родючість ґрунту. Але поряд з цим при класифікації сівозмін враховують кількість полів і навіть напрям спеціалізації. Повну назву треба давати кожній сівозміні, наприклад: польова десятипільна просапна, просапної системи землеробства, кукурудзяно-бурякового напряму.

У кожному сільгосппідприємстві впроваджують тільки такі типи і види сівозмін, які відповідають природним умовам, спеціалізації господарства, забезпечують науково обґрунтовану структуру посівних площ, підвищення родючості ґрунту і зростання врожайності сільськогосподарських культур.

## *5.4. Значення і завдання обробітку ґрунтів*

Значення механічного обробітку ґрунту зумовлене дією на всі його властивості та наявністю у ньому земних факторів життя рослин, які визначають родючість. Неправильно проведений обробіток завдає ґрунту значної шкоди, знижуючи потенційну та ефективну родючість, а отже, і біопродуктивність ґрунту.

***Обробіток ґрунту*** – це механічна дія на нього робочими органами машин і знарядь з метою створення найліпших умов для росту й розвитку культурних рослин. Заходи обробітку ґрунту змінювалися у процесі зміни економічних систем, розвитку природничих наук, росту технічного оснащення сільського господарства.

Виділяють загальні та спеціальні заходи обробітку ґрунту.

*Загальні заходи обробітку* – це дія на ґрунт різними ґрунтообробними машинами і знаряддями для виконання оранки, лущення, дискування, шлейфування, боронування, культивації, коткування, щілювання, безполицевого розпушування тощо.

*Спеціальні заходи обробітку* – це обробіток ґрунту машинами і знаряддями для виконання спеціальних завдань. До них належать: дво- і тришарова оранка, плантажна з передплужниками, фрезерування, плантажна оранка з ґрунтопоглибленням, плантажна оранка з вирізними полицями.

Спеціальні заходи обробітку ґрунту здійснюють у специфічних умовах. Так, важкі й кам'янисті, засмічені корінням дерев, перезволожені ґрунти доцільно орати *дисковим плугом*, який обертає пласт ґрунту без ущільнення дна борозни. Перед закладанням садів, ягідників, лісосмуг, із метою поліпшення властивостей дерново-підзолистих і солонцюватих ґрунтів, а також для обробітку ґрунту під просапні культури на чорноземах ефективна оранка *ярусними плугами*. Для обробітку осушуваних торф'яників, важких ґрунтів, міжрядь у садах, а також із ме-

тою підготовки ґрунту під проміжні культури доцільне *фрезерування. Кротування* застосовують для дренажу перезволожених ґрунтів утворенням суцільних горизонтальних отворів діаметром 6–8 см на глибині до 30 см, розташованих на відстані 70–140 см, спеціальними плугами – кротоутворювачами. *Щілювання* проводять для підвищення водопроникності ґрунту на схилах із метою зменшення стоку і на зрошуваних землях для запобігання їхньому заболочуванню в умовах низької водопроникності ґрунтів. *Заходи лункування, боронування, гребенеутворення* здійснюють також на схилових угіддях для захисту ґрунтів від водної ерозії.

Вирощування сільськогосподарських культур супроводжується застосуванням не одного якогось із перелічених заходів обробітку ґрунту, а відповідного їхнього поєднання, яке називають ***системою обробітку ґрунту.*** Система обробітку ґрунту при вирощуванні певної сільськогосподарської культури об'єднує три ланки – основний, передпосівний і післяпосівний обробітки. Кожна із зазначених ланок також складається із кількох заходів і тому є системою. Вибір заходів обробітку ґрунту, складових кожної системи залежить від вимоги вирощуваної культури, її попередників, типу ґрунту та його окультуреності, рельєфу, погодних умов, типу забур'яненості поля, строків виконання робіт, матеріальних можливостей.

Серед систем *основного обробітку ґрунту* розрізняють основний обробіток під ярі та озимі культури. Основний обробіток під ярі культури проводять у літньо-осінній період, що позитивно впливає на водний і поживний режими ґрунту, ефективно контролює чисельність бур'янів.

*Передпосівний обробіток ґрунту* спрямований на недопущення сходів бур'янів і виснаження кореневої системи багаторічних їхніх видів у весняний період, створення ущільненого посівного ложе та вологозатримного дрібногрудкуватого поверхневого шару ґрунту.

*Система післяпосівного обробітку ґрунту* складається із заходів, спрямованих на ство-

рення умов, сприятливих для появи сходів культурних рослин та їхнього росту і на знищення бур'янів. Для цього після сівби в посушливих умовах площу коткують, а за достатнього зволоження у разі необхідності боронують до і після появи культурних рослин. Ця потреба виникає після дощів, коли утворюється ґрунтова кірка – ущільнений поверхневий шар, який погіршує повітрообмін у ґрунті, а також для ефективного знищення проростків бур'янів.

Обробіток ґрунту виконує такі основні ***завдання*** [16]:

змінити будову та агрегатний стан ґрунту, який обробляють, з метою створення сприятливих для рослин водного, теплового, повітряного і поживного режимів;

забезпечити активізацію біологічних процесів, кращий розвиток кореневих систем культурних рослин;

посилити кругообіг елементів живлення приорюванням (підняття їх з глибших шарів ґрунту, переведення важкодоступних форм мінеральних речовин в доступні для рослин форми, регулювання мінералізації органічної речовини);

забезпечити ефективну боротьбу з бур'янами, провокуючи проростання їхнього насіння і знищуючи сходи та вегетативні органи, а також збудників хвороб і шкідників сільськогосподарських культур;

забезпечити рівномірне загортання на необхідну глибину у ґрунт рослинних решток, органічних і мінеральних добрив;

знищити небажану рослинність, дернину за первинного обробітку ґрунтів;

захистити ґрунт від розвитку водної і вітрової ерозії;

забезпечити відповідні умови для загортання насіння сільськогосподарських культур на оптимальну глибину під час сівби (насіння потрібно висівати по вирівняній поверхні, на ущільненому ложі та загортати пухким ґрунтом);

зберегти і нагромадити вологу в ґрунті;

створити умови для пониження сольових горизонтів і запобігання підвищенню рівня підґрунтових вод.

Виділимо основні етапи розвитку обробітку ґрунту в історичному аспекті:

1) *Посів у лунки.* Землеробство починалося в той період, коли ще не було жодних ґрунтообробних знарядь. Зерно сіяли в ґрунт без обробітку, роблячи загостреною палицею невеликі ямки. Боротьбу з бур'янами та удобрення ґрунту проводили у примітивний спосіб – спалювали ліс, який ріс на місці майбутнього поля. Бур'яни згоряли, а попіл був хорошим добривом.

2) *Обробіток мотикою* мало чим відрізнявся від попереднього. Зерно висівали у борозни, зроблені мотикою, загортали вручну.

3) *Обробіток плугом.* Уже давні греки користувалися полицевим плугом, який заорював бур'яни на глибину, де вони не могли прорости. Становлення плужного обробітку вважають чи не однією з найбільших і найвагоміших подій в історії людства, яка прискорила формування ранніх цивілізацій.

4) *Інтенсивний обробіток ґрунту* проводили у середині XX століття, мав такі операції: оранку, декілька культивацій, боронування і передпосівне вирівнювання ґрунту. Потім проводили посів і додаткове ущільнення ґрунту. Потужність тракторів, глибина оранки і ширина захоплення плугів постійно збільшувалися. За такої технології затрачали величезні ресурси, насамперед пальне, праця. Унаслідок такого обробітку верхній шар ґрунту був надто пухким, а нижче нього утворювався ущільнений шар підплужної підошви, яка перекриває ґрунтові капіляри, і природна циркуляція вологи в ґрунті припиняється. У ґрунтах значно знизився вміст гумусу, вони стали піддатливими до водної і вітрової ерозій, коренева система не проникала у глибокі горизонти ґрунту, рослини відчували нестачу вологи, оранка з обертанням пластів негативно впливає на діяльність ґрунтової біоти, змінюючи найперше повітряний режим ґрунту.

5) *Безполицевий обробіток ґрунту* передбачає відмову від обертання пласта ґрунту. Вперше такий спосіб обробітку запропонував американський вчений Едвард Фолкнер. Ґрунти розпушували на глибину 10–15 см плоскорізами з широкими горизонтальними ножами або чизельними розпушувачами. Бур'яни знищували за допомогою гербіцидів.

6) Останнім часом у багатьох країнах світу для зменшення негативного впливу інтенсивних обробітків на родючість ґрунту широко використовують *мінімальний обробіток*. Мінімальним вважають такий обробіток ґрунту, який забезпечує зниження енергетичних витрат шляхом зменшення кількості і глибини обробітків, поєднання операцій в одному робочому процесі, або зменшення оброблювальної поверхні. За мінімального обробітку глибина обробітку визначається глибиною загортання насіння. Основні положення цієї технології розробив ще у середині XIX ст. український вчений Іван Овсинський, який у своїй праці „Нові технології у землеробстві" заявив, що винайдення плуга принесло більше шкоди, ніж винайдення вогнестрільної зброї [86].

Не всі ґрунти України сприятливі до мінімізації обробітку. Найліпшими для цього є середньосуглинкові, добре оструктурені і не перезволожені ґрунти. На Поліссі і в західних областях, де велика ймовірність перезволоження ґрунтів, застосовувати мінімізацію обробітку недоцільно. Потрібно також враховувати біологічні властивості рослин. Так, оптимальні показники щільності будови в зернових культур значно вищі, ніж у просапних.

Мінімальний обробіток проводять:

під ярі колоскові культури, посіяні після просапних, під соняшник і бобово-злакові сумішки. Оранку замінюють поверхневим або мілким (на 12–14 см) обробітком ґрунту;

на структурних ґрунтах за доброї якості і своєчасності напівпарового обробітку, для пізніх ярих культур зменшують кількість культивацій;

у степу під озимі культури, що розміщуються після непарових попередників, а в посушливі роки і після зайнятих парів;
під час вирощування просапних культур на чистих від багаторічних бур'янів полях;
під час вирощування озимих зернових після гороху, кукурудзи на силос.

*Позитивними моментами мінімізації обробітку є*:
зменшення мінералізації органічної речовини;
зменшення витрат паливно-мастильних матеріалів, трудових ресурсів, амортизація;
покращення водного режиму ґрунтів (у посушливих умовах).

*Негативні сторони мінімізації обробітку:*
зростання забур'янення, кількості шкідників і хвороб (широке застосування пестицидів);
дефіцит нітрогену (через погану аерацію ґрунту);
зростання щільності ґрунту;
поверхневий стік (на еродованих землях).

Енерго- і ресурсоощадні технології можна впроваджувати, наприклад, на чорноземах. На солонцюватих і оглеєних ґрунтах, де щільність будови висока, необхідно проводити інтенсивний обробіток.

7) *Нульовий обробіток ґрунту (no-till)* – це не обробіток у звичному значенні слова, а забезпечення комплексу умов для створення оптимальної структури ґрунту. У разі нульового обробітку немає жодного впливу на ґрунт, проте, незважаючи на це, ґрунт знаходиться в стані, оптимальному для росту і розвитку рослин. На сьогодні нульова технологія – це відсутність обробітку ґрунту, окрім впливу сівалки. Суть цієї системи полягає у заміні низки заходів механічного обробітку ґрунту лише на одну технологічну операцію, яку здійснює складний агрегат, що поєднує смуговий або суцільний обробіток на глибину загортання насіння, здебільшого у поєднанні з локальним внесенням добрив, із сівбою на попередньо не обробленому полі. Бур'яни знищують при цьому лише за допомогою гербіцидів. Вибирають гербіциди, які після прояву токсичної дії швидко знешкоджують у процесі

біологічного розкладення ґрунтовими мікроорганізмами.

Вчені називають такі переваги технології *no-till* порівняно із традиційним полицевим обробітком:

Значна економія пального. Нова технологія передбачає лише один прохід посівної техніки по полю.

Економія часу.

Зниження витрат на техніку.

Збільшення врожайності. В середньому врожайність культур при *no-till* майже така ж, як під час традиційних методів обробітку. Проте оскільки структура ґрунту покращується, у ґрунті достатньо вологи (залишається мульча на поверхні ґрунту), то врожайність культур збільшується.

Зменшується шкода від тиску важкої техніки на ґрунт.

Оптимізується температурний режим ґрунту. За нульового обробітку ґрунт у вегетаційний період має дещо нижчу температуру, ніж за традиційного обробітку. Зимова температура, навпаки, вища через додатковий захист ґрунту рослинними рештками. Стерня утримує сніг від видування.

Покращується структура ґрунту. Всі методи обробітку ґрунту руйнують структуру. У разі переходу на нульову технологію відбувається відновлення природної структури ґрунту.

Зберігається популяція дощових черв'яків та інша ґрунтова фауна.

Збільшується вміст органічних речовин у ґрунті.

Ґрунт захищений від ерозії.

Зберігається і накопичується ґрунтова волога.

Покращується інфільтрація дощових опадів.

Покращується екологічна ситуація. Відмова від оранки пом'якшує негативний екологічний вплив добрив на довкілля. Вони не вимиваються поверхневим стоком і залишаються у ґрунті. Поживні речовини не надходять у водойми та не накопичуються там, а це знижує ризик цвітіння водойм.

Упроваджуючи нульовий обробіток беруть до уваги таке:

необхідно вирівняти поле, щоб досягти однакової глибини висаджування насіння. Ця операція затратна, проте одноразова;

технологію *no-till* не варто впроваджувати в монокультурі, тому що можливий розвиток хвороб і шкідників. Тільки збалансована система сівозмін із використанням сидеральних культур поліпшує фітосанітарну ситуацію і знижує кількість шкідників;

технологія передбачає використання гербіцидів для боротьби із бур'янами.

У світі територія, на якій використовують нульовий обробіток, зростає і станом на 2006 рік площа використання становила 132 млн га, тоді як у 1990 – 10–12 млн га. Найбільші площі земель із застосуванням нульового обробітку є у США – 25,8 млн га, Бразилії – 23,6; Аргентині – 18, Канаді – 12,5; Австралії 9 млн га. У Франції 0,05, а в Італії 0,08 млн га земель відведено під нульовий обробіток [86].

Академік В.Ф Сайко і професор А.М. Малієнко вважають, що в перспективі *no-till* системи можуть бути поширеними в Україні на площі 600–700 тис. га, максимум – до 1 млн. га [72].

Отже, незважаючи на позитивні сторони обробітку ґрунту, його не треба переоцінювати. Він не може замінити інші заходи, які мають значення у підвищенні родючості ґрунту і врожайності сільськогосподарських культур. Постійний механічний обробіток ґрунту призводить до втрати гумусу, а посилене окиснення органічної речовини знижує агрегацію та інфільтраційну здатність ґрунту. У такому випадку його поверхня більше піддається змиванню, розмиванню і видуванню ґрунтових часток. Ґрунтообробні машини і знаряддя ущільнюють ґрунт. Механічний обробіток є раціональним тоді, коли його здійснюють невеликою кількістю машин і знарядь.

Обробіток ґрунту не повинен бути шаблонним. Надмірне розпушування орного шару може призвести до швидкого розкладання органічної речовини, втрати найціннішої її частини

– гумусу та зменшення протиерозійної стійкості ґрунту. Крім того, обробіток потребує значних затрат (до 40% енергетичних і 25% трудових від загальної кількості затрат на вирощування сільськогосподарських культур), тому зайві заходи обробітку підвищують собівартість продукції рослинництва.

Проводячи обробіток ґрунту, в кожному конкретному випадку треба враховувати місцеві ґрунтово-кліматичні умови, біологічні особливості вирощуваних культур, попередники, забур'яненість тощо. Так, на забур'янених полях основним завданням обробітку ґрунту є повне знищення бур'янів, а на задернованих – багаторічної рослинності. У посушливих районах завдання обробітку ґрунту – нагромадження і збереження у ньому вологи. В умовах надмірного зволоження обробітком ґрунту відводиться зайва волога, і в орному шарі створюється сприятливий водно-повітряний режим.

## *5.5. Вплив зрошення і осушення на біопродуктивність ґрунтів*

Для підвищення продуктивності ґрунтів із несприятливим водним режимом широко застосовують водні меліорації: зрошення чи осушення. Питання меліорації ґрунтів детально розглядають професори С.П. Позняк і Є.Н. Красєха у праці „Чинники ґрунтотворення" (2007).

В умовах гумідного й аридного клімату меліорація ґрунтів є необхідною умовою отримання врожаю культурних рослин. Меліорація ґрунтів за своєю тривалістю порівнювана, очевидно, з історією людської цивілізації. Розвиток великих іригаційних систем, організоване водокористування тісно пов'язані з виникненням великих держав, появою централізованого управління.

За останнє сторіччя особливо швидко розвивається зрошуване землеробство. В 1900 році площа зрошуваних земель у світі становила 48 млн га, а в 2000 році вона зросла до 270 млн га, тобто зросла більше ніж у п'ять разів. Найбільша відносна частка площ зрошува-

них земель зосереджена в субаридних і аридних областях. Саме на ці області припадає 80% зрошуваних площ, але в гумідних субтропіках і тропіках червоноземи, жовтоземи і різні типи фералітних ґрунтів також зрошують у випадку вирощування рису. Близько 85% зрошуваних земель є в Азії, здебільшого в країнах, що розвиваються.

Загалом на Землі налічують більше 500 млн га земель, які потребують зрошення. Аналіз світового досвіду засвідчив, що в районах засушливого клімату зрошення може подвоїти виробництво продукції на 40% усіх сільськогосподарських земель, а на 15% тих, які приурочені до напівaридної та аридної зон, потроїти його обсяги. Цим пояснюються високі темпи щорічного приросту зрошуваних земель у світі, які становлять у XX столітті 3 млн га в рік.

Площа зрошуваних земель в Україні становить 2,45 млн га. Основні масиви цих земель зосереджені в південній степовій підзоні, де поширені чорноземи південні і темно-каштанові ґрунти. На зрошуваних землях України врожаї всіх сільськогосподарських культур збільшуються в півтора–три рази. Висока культура зрошуваного землеробства дає змогу не тільки отримувати високі врожаї, але й певною мірою зберігати родючість ґрунтів. Особливо ефективне зрошення на темно-каштанових ґрунтах і чорноземах південних в Автономній республіці Крим, де врожайність основних культур збільшена в два–три рази. Ефективність зрошення знижується з півдня на північ і зі сходу на захід, що передусім залежить від вирощуваної культури. Коефіцієнт ефективності зрошення окремих культур змінюється більше ніж у півтора–два рази.

В окремі роки спостерігається зниження врожайності основних сільськогосподарських культур, що зумовлено відсутністю сучасних змін технології меліоративного землеробства з урахуванням еволюції властивостей і режимів зрошуваних ґрунтів, зокрема, в зв'язку з підняттям рівня ґрунтових вод до критичної глибини (1,5–2,5 м).

За станом використання зрошувані землі втратили роль стабілізуючого фонду в ресурсному і продовольчому забезпеченні країни. Це сталося через різке скорочення фактичних площ поливу. В окремі роки поливали від 500 до 800 тис. га земель, або 20–35% від наявної площі. Суттєво знизилась (на 25–40%) їхня продуктивність і катастрофічно зменшились (майже в шість–вісім разів) обсяги виробництва сільськогосподарської продукції на зрошуваних землях.

Важливим заходом із відновлення провідної ролі зрошуваних земель є здійснення реконструкції та модернізації зрошуваних систем з одночасним впровадженням комплексу заходів, спрямованих на збереження, а в багатьох випадках і відтворення родючості ґрунтів та поліпшення їхнього агрономічного стану.

Площа осушених земель в Україні становить 3,2 млн га, в т.ч. близько 1,2 млн га земель з подвійним водним регулюванням. Необхідно провести значний обсяг робіт, пов'язаний з реконструкцією застарілих меліоративних систем і переходом на нові, технічно більш досконалі системи двостороннього водорегулювання.

В Україні осушення широко розвинуте на Поліссі, Передкарпатті, Закарпатті і північній частині лісостепової зони. Рівень ефективності використання осушених земель в Україні ще не досягнув проектного, що пов'язано з низьким рівнем природної родючості ґрунтів, оскільки вони безструктурні, швидко запливають і переосушуються, оглеєні, часто кислі, з несприятливим повітряним режимом, містять інколи закисні, токсичні для рослин сполуки. Тому саме тільки осушення не може дати позитивного ефекту, якщо не враховувати агромеліоративні й агротехнічні заходи з окультурення гідроморфних ґрунтів.

На осушених землях збільшення врожаїв сільськогосподарських культур і окупність добрив зазвичай вищі, ніж на неосушених, особливо на осушених торфових ґрунтах. Застосування органічних добрив на осушених дерново-підзолистих і дернових оглеєних ґрунтах також ефек-

тивне. Водночас застосування органічних добрив на гідроморфних ґрунтах необхідно поєднувати із заходами поліпшення їхнього повітряного режиму. Багаторічний досвід експлуатації осушувальних систем засвідчив, що регулювання водно-повітряного режиму ґрунтів, поєднане з комплексом агротехнічних і агромеліоративних заходів, значно підвищує продуктивність землеробства і дає можливість отримувати високі і сталі врожаї сільськогосподарських культур. Зокрема, в період 1985–1990 років середні врожаї зернових, овочів, картоплі на меліорованих землях Полісся наблизилися до проектного рівня і становили відповідно 33, 160 і 150 ц/га. Порівняно з 1966–1970 роками валові збори кормових культур за згаданий період зросли в 2,5 раза: врожайність буряків цукрових підвищилась на 23%, сіна багаторічних трав – на 30%. Про ефективність меліорації періодично перезволожених земель свідчать дані Рівненської області, де меліоровані землі займають 31% від загальної площі орних земель. Сільськогосподарське виробництво на них забезпечує майже 50% льонудовгунця, 38% картоплі, 30% зернових і 17% буряків цукрових. Меліорація земель на Поліссі залишається головним чинником не тільки підвищення продуктивності угідь, а й соціального розвитку регіону.

В останні роки унаслідок наявних економічних проблем виникають серйозні проблеми ведення меліорації, пов'язані з погіршенням загального стану меліоративних систем. У 1990–1995 рр. спостерігається значне зниження врожайності сільськогосподарських культур (на 10–37% порівняно з 1986–1990 рр., в т.ч. зернових – на 10%). Навіть у Рівненській області, де осушені землі мають вагоме значення у виробництві сільськогосподарської продукції, також спостерігається падіння валової врожайності. Головними причинами є недостатня кількість добрив і меліорантів, порушення технології вирощування сільськогосподарських культур, різке погіршення технічного стану багатьох меліоративних систем, гостра потреба їхньої реконструкції.

Важливими заходами підвищення родючості осушених ґрунтів є глибоке розпушування, піскування і глинування, внесення підвищених доз органічних і мінеральних добрив, вапнування, ретельне планування, вирівнювання поверхні тощо [63].

Підвищення продуктивності меліорованих ґрунтів можливе лише за умови постійного моніторингу за станом зрошуваних і осушуваних систем, а також властивостями цих ґрунтів.

***Контрольні запитання:***

1. У чому проявляється антропогенний вплив на біопродуктивність ґрунтів?
2. Як внесення добрив та різні способи обробітку ґрунту впливають на його продуктивність?
3. Як хімічні меліорації впливають на біопродуктивність ґрунтів?
4. Що таке сівозміна? Які є типи і види сівозмін?
5. Які наукові основи сівозмін ви знаєте?
6. Що таке „*no-till*" і у яких країнах його найбільше запроваджують?
7. Розкажіть про вплив зрошення та осушення на біопродуктивність ґрунтів.

Галина
Іванюк

*Розділ 6*

# ПОКАЗНИКИ БІОПРОДУКТИВНОСТІ АГРОЦЕНОЗІВ

Біопродуктивність агробіоценозів виражається продуктивністю вищих рослин (культурних і бур'янів), тварин і мікроорганізмів. Розглянемо дещо вужче поняття – біопродуктивність агроценозів.

***Агроценоз*** *(агрофітоценоз)* – це сукупність рослинних популяцій, створених людиною або які зазнають значного її впливу. До складу агроценозу входять як культурні рослини, так і бур'яни.

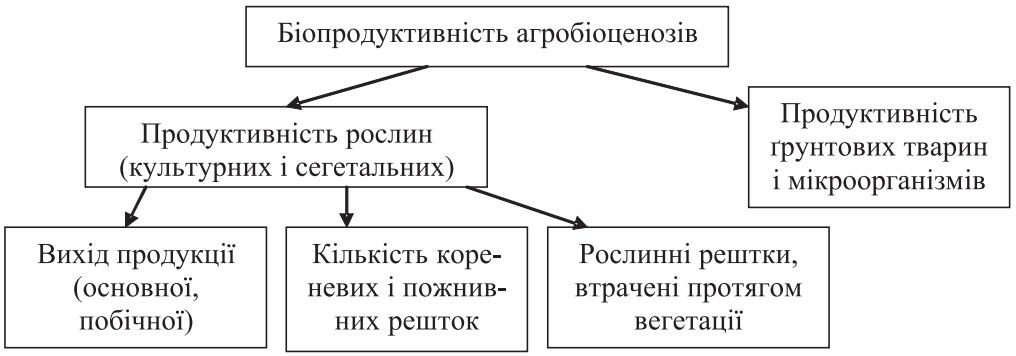



Рис. 6.1. Показники біопродуктивності агробіоценозів

Зазвичай, говорячи про продуктивність, мають на увазі лише врожайність культури (основної і побічної продукції). Насправді це поняття значно ширше. Продуктивність агроценозів визначається урожаєм продукції культурних рослин і бур'янів, кількістю кореневих і пожнивних решток рослини, які щорічно надходять у ґрунт після збирання врожаю продукції, рослинними рештками, які втрачаються протягом вегетації культур (відмерлі коріння, листя і пагони рослини; насіння бур'янів і зерна культурних рослин, які висипалися у ґрунт; речовини, відчужені травоїдними комахами; кореневі виділення) (див. рис. 6.1).

*На жаль, у літературі щодо біопродуктивності агроценозів наведені здебільшого оцінки*

*не продукції, а запасів надземної і підземної фітомаси в момент збирання урожаю, величини яких в 1,2–1,3 раза нижчі від загальної рослинної продукції.*

Чиста первинна продукція агроценозів (кількість органічних речовин, які продукуються за рік на певній площі) залежить від вирощуваної культури, кліматичних і погодних умов, застосування різних технологій. За В.І. Кирюшиним зі співавторами (1993) чиста первинна продукція агроценозів змінюється у межах 6–20 т/га в рік. Так, на чорноземах лучного степу первинна продукція пшениці озимої становить 13,5, гороху – 6,1, вівса – 9,4 т/га в рік [42].

## 6.1. Вихід основної і побічної продукції агроценозів

Вихід продукції оцінюють різними показниками: урожайністю, кормовими, зерновими, кормопротеїновими одиницями, вмістом білка, протеїну, енергією урожаю. Розглянемо деякі з цих показників.

### 6.1.1. Урожайність культурних рослин

Оцінимо продуктивність ріллі відносно основних сільськогосподарських культур України (див. рис. 6.2).

***Зернові культури*** є основою сільськогосподарського виробництва. Серед озимих зернових найвимогливіша до умов вирощування – *пшениця.* Найкраще її культивувати на родючих ґрунтах із високим вмістом поживних речовин: темно-сірих опідзолених, чорноземах, темно-каштанових, дерново-карбонатних. Малопридатні для неї кислі підзолисті та солонцюваті ґрунти, торфовища. Реакція ґрунту повинна бути близька до нейтральної. Найвищу продуктивність ріллі відносно пшениці озимої зауважено у центральному лісостепу. „Пшеничний пояс” обмежовано з півночі лінією Львів–Київ–Суми, з півдня – Чернівці–Полтава, де врожайність сягає 40–49 ц/га. Далі на південь продуктивність агроценозів знижується до 32 ц/га, окрім Донецької області (32–40 ц/га). На

Поліссі продуктивність ґрунтів відносно пшениці озимої становить лише 18–25 ц/га [35].

Рис. 6.2. Характеристика кореляційної залежності між урожайністю основних сільськогосподарських культур і природними властивостями ґрунтів України:

*Жито* має розвинену кореневу систему з високою засвоюваною здатністю, тому воно добре росте на різних ґрунтах. За умов удобрення високі врожаї вирощують навіть на бідних дерново-підзолистих, торфово-болотних та інших низькородючих ґрунтах Полісся. Проте кращими для цієї культури є чорноземи та сірі лісові, легкі за гранулометричним складом ґрунти. Жито добре переносить підвищену кислотність ґрунту (pH менше 5,5). Середня світова врожайність жита становить 22 ц/га, в Україні вона невисока – 15 ц/га, проте за повної реалізації біологічних можливостей урожайність жита може сягати 45–60 ц/га.

*Ячмінь ярий* має слабкорозвинену кореневу систему, тому краще його вирощувати на родючих, добре забезпечених поживними легкодоступними речовинами ґрунтах. Його врожайність різко знижується на заболочених, недостатньо розпушених ґрунтах з близьким заляганням

ґрунтових вод. Водночас погано росте на легких піщаних ґрунтах. Для ячменю ярого, зерно якого використовують для пивоваріння, найліпшими ґрунтами є чорноземи, темно-сірі опідзолені та сірі лісові ґрунти і дерново-карбонатні, менше придатні – дерново-підзолисті ґрунти. Середня урожайність цієї культури в Україні становить 25,5 ц/га.

*Овес* до ґрунтів невибагливий, тому що його коренева система добре розвинена та активно проникає у ґрунт на глибину 1,2 м, засвоюючи важкодоступні форми фосфору і калію. Він добре росте на слабкокислих дерново-підзолистих ґрунтах, хоча одночасно позитивно реагує і на вапнування. Придатні для нього легкі піщані і супіщані ґрунти, де за рік випадає не менше 500 мм опадів. На заболочених ґрунтах овес часто є єдиною зерновою культурою, яку варто вирощувати. За врожайністю зерна овес поступається пшениці, ячменю. У сприятливі роки в окремих господарствах урожайність досягає 40–60 ц/га і вище, а середня врожайність – до 20 ц/га.

*Кукурудза* середньовимоглива до родючості ґрунту. Найкращими для неї є добре аеровані ґрунти з глибоким гумусовим горизонтом. За правильного обробітку ґрунту та удобрення добре росте на більшості типів ґрунтів. Малопридатні для неї заболочені, кислі, важкі та засолені ґрунти. Висока продуктивність ріллі відносно зерна кукурудзи в областях західної України – 60–69 ц/га, частково у Вінницькій, Київській і Черкаській областях, далі на схід і південь урожаї зменшуються до 27–38 ц/га. Середня урожайність зерна кукурудзи в світі дещо вища 40 ц/га. За врожайністю зеленої маси кукурудза випереджає майже всі культури – 600–700 ц/га.

Вчені М.В. Лісовий, А.В. Конариста та Н.А. Солов'яненко оцінили продуктивність основних типів ґрунтів України за врожайністю сільськогосподарських культур найоб'єктивнішим критерієм оцінки продуктивності ґрунтів [49]. Продуктивність основних агровиробничих груп ґрунтів визначали за врожайністю зернових культур (без кукуру-

**БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ҐРУНТІВ**

1 – Полісся,
2 – лісостеп,
3 – пн. степ,
4 – пд. степ,
5 – передгірські райони, 6 – Карпатська і Кримська гірські області,
7 – Закарпаття;
8 – зернові,
9 – кукурудза на зерно, 10 – буряки цукрові, 11 – соняшник, 12 – льон;
13 – потужність гумусового горизонту, 14 – потужність профілю ґрунту,
15 – вміст гумусу в орному шарі,
16 – вміст гумусу в шарі 30, або 40 см,
17 – вміст мулу,
18 – коефіцієнт кореляції.

дзи), яку отримали в умовах польових дослідів. Розраховували два рівні врожайності: природну, яку отримано завдяки родючості ґрунту і потенційну, яку отримано за рахунок родючості ґрунту й застосування агрохімікатів (див. табл. 6.1). Таку диференціацію врожайності проведено з метою визначення продуктивності конкретного типу ґрунту, що відповідає його природним властивостям і продуктивності, якої можна досягнути за умов оптимізації поживного режиму ґрунту.

*Таблиця 6.1*

**Продуктивність основних агровиробничих груп ґрунтів України**

**(за М.В. Лісовим, А.В. Конаристою, Н.А. Солов'яненком, 2008)**

| Назва агрогрупи ґрунту, гранулометричний склад | Код агрогрупи | Площа, га | Врожайність зернових (без кукурудзи), ц/га | |
|---|---|---|---|---|
| | | | природна | потенційна |
| *Дерново-підзолисті та дернові ґрунти:* | | | | |
| піщані | 5 | 37780 | 16,6 | 33,1 |
| глинисто-піщані | | 209022 | 18,7 | 33,3 |
| супіщані | | 280164 | 20,8 | 34,0 |
| легкосуглинкові | | 1984 | 22,9 | 34,9 |
| *Дерново-підзолисті глеюваті ґрунти:* | | | | |
| піщані | 8 | 24797 | 14,3 | 30,8 |
| глинисто-піщані | | 133694 | 15,6 | 30,7 |
| супіщані | | 163625 | 17,9 | 31,1 |
| легкосуглинкові | | 2247 | 19,7 | 31,7 |
| *Дерново-підзолисті і підзолисто-дернові глейові:* | | | | |
| піщані | 14 | 19802 | 11,2 | 32,7 |
| глинисто-піщані | | 103032 | 13,6 | 31,3 |
| супіщані | | 187708 | 15,9 | 31,0 |
| легкосуглинкові | | 31804 | 18,2 | 31,4 |
| середньосуглинкові | | 16470 | 20,1 | 32,1 |
| *Ясно-сірі й сірі лісові:* | | | | |
| супіщані | 29 | 169328 | 23,1 | 33,5 |
| легкосуглинкові | | 339038 | 25,7 | 35,1 |
| середньосуглинкові | | 253512 | 28,3 | 36,8 |
| важкосуглинкові і легкоглинисті | | 74663 | 30,8 | 38,6 |

*Закінчення табл. 6.1*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Ясно-сірі й сірі лісові слабозмиті:* | | | | |
| супіщані | 37 | 16840 | 23,1 | 33,5 |
| легкосуглинкові | | 339038 | 25,7 | 35,1 |
| середньосуглинкові | | 253512 | 28,3 | 36,8 |
| важкосуглинкові і легкоглинисті | | 74663 | 30,8 | 38,6 |
| *Темно-сірі опідзолені та слабо-реградовані:* | | | | |
| супіщані | 40 | 51704 | 22,3 | 31,4 |
| легкосуглинкові | | 292601 | 25,1 | 33,2 |
| середньосуглинкові | | 191471 | 27,3 | 35,2 |
| важкосуглинкові і легкоглинисті | | 201504 | 30,8 | 37,3 |
| *Темно-сірі опідзолені і чорноземи опідзолені глеюваті:* | | | | |
| супіщані | 45 | 14175 | 19,1 | 28,1 |
| легкосуглинкові | | 159217 | 21,5 | 29,5 |
| середньосуглинкові | | 123925 | 23,9 | 31,1 |
| важкосуглинкові і легкоглинисті | | 57459 | 26,3 | 32,8 |
| *Чорноземи типові середньогумусні:* | | | | |
| легкосуглинкові | 54 | 104 | 28,4 | 35,2 |
| середньосуглинкові | | 13409 | 31,5 | 37,7 |
| важкосуглинкові і легкоглинисті | | 226394 | 34,7 | 40,3 |
| *Чорноземи типові і чорноземи сильнореградовані сильнозмиті:* | | | | |
| легкосуглинкові | 57 | 23118 | 19,9 | 28,4 |
| середньосуглинкові | | 27400 | 22,1 | 29,7 |
| важкосуглинкові і легкоглинисті | | 19123 | 24,3 | 31,3 |
| *Чорноземи звичайні малогумусні неглибокі та їхні залишково- й слабосолонцюваті відміни:* | | | | |
| легкосуглинкові | 61 | 2401 | 23,8 | 30,6 |
| середньосуглинкові | | 44216 | 26,8 | 32,9 |
| важкосуглинкові і легкоглинисті | | 413218 | 29,8 | 35,3 |
| *Чорноземи південні та їхні слабо- і залишково-солонцюваті відміни:* | | | | |
| легкосуглинкові | 71 | 33385 | 24,6 | 30,4 |
| середньосуглинкові | | 195635 | 27,8 | 32,9 |
| важкосуглинкові і легкоглинисті | | 1014691 | 30,7 | 35,4 |
| *Темно-каштанові солонцюваті ґрунти в комплексі з солонцями (10–30%):* | | | | |
| легкосуглинкові | 108 | 12027 | 20,0 | 23,7 |
| середньосуглинкові | | 41587 | 22,5 | 25,8 |
| важкосуглинкові і легкоглинисті | | 15261 | 25,0 | 28,0 |
| *Темно-каштанові та каштанові вторинно-осолонцьовані:* | | | | |
| легкосуглинкові | 118 | 10989 | 21,1 | 24,6 |
| середньосуглинкові | | 4320 | 22,5 | 25,8 |
| важкосуглинкові і легкоглинисті | | 3591 | 25,0 | 28,0 |
| *Лучно-каштанові солонцюваті в комплексі з солонцями (30-50 %):* | | | | |
| легкосуглинкові | 132 | 163 | 14,4 | 17,7 |
| важкосуглинкові і легкоглинисті | | 698 | 16,0 | 19,0 |

Природна врожайність на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся коливається в межах 11,2–22,9 ц/га і залежить від гранулометричного складу, вмісту гумусу і поживних речовин, оглеєння, еродованості тощо. Ефективність мінеральних добрив на цих ґрунтах висока, що дає змогу підвищити врожайність до 34,9 ц/га. Природна врожайність зернових культур на ясно-сірих і сірих лісових ґрунтах коливається в межах 23,1–30,8 ц/га, а під час внесення добрив зростає до 33,5–38,6 ц/га.

На темно-сірих опідзолених ґрунтах і чорноземах опідзолених природна врожайність зернових вища, ніж на попередніх ґрунтах. Найбільш родючі ґрунти – чорноземи типові середньогумусні, які забезпечують природну врожайність на рівні 28,4–34,7 ц/га, а під час застосування мінеральних добрив – 35,2–40,3 ц/га. На еродованих ґрунтах урожайність знижується залежно від ступеня еродованості.

Високопродуктивними ґрунтами є чорноземи звичайні, але дефіцит вологи знижує максимально можливі врожаї зернових культур. Посушливі умови знижують також і ефективність мінеральних добрив. Потенційна врожайність складає 30,6–35,3 ц/га. Така ж закономірність характерна і для чорноземів південних степової зони. Темно-каштанові і каштанові солонцюваті ґрунти характеризуються меншим рівнем родючості, ніж чорноземи. Особливо це пов'язано з різним ступенем їхньої солонцюватості. Крім цього, ґрунти розповсюджені в комплексі з солонцями. Природна врожайність коливається в межах 20,0–25,0 ц/га, а з внесенням добрив – 23,7–28,0 ц/га. Чим більша комплексність із солонцями, тим нижча і потенційна врожайність зернових культур. Низька врожайність на лучно-каштанових солонцюватих ґрунтах у комплексі з солонцями. Під час застосування мінеральних добрив урожайність зростає, проте залишається на низькому рівні.

Подібні дані щодо врожайності сільськогосподарських культур на різних ґрунтах наведені в матеріалах „Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні" (див. табл. 6.2).

Отже, продуктивність ґрунтів диференціюється за типами ґрунтів і зростає від дерново-підзолистих ґрунтів Полісся до чорноземів типових лісостепу і знову знижується до чорноземів південних і темно-каштанових ґрунтів південного степу [49].

Головною властивістю ***зернобобових культур*** є здатність накопичувати у вегетативній масі та насінні значну кількість білків. За їхнім вмістом зернобобові у 2–4 рази переважають злакові культури. Білки зернових бобових культур повноцінні за амінокислотним складом і значно краще засвоюються, ніж білки зернових культур. У складі зернобобових близько 60 видів. Найпоширеніші культури в Україні – горох, кормові боби, люпин, квасоля, соя. Менші посівні площі займають чина, сочевиця, нут.

Бобові культури фіксують атмосферний нітроген за допомогою бульбочкових бактерій, що розміщуються на кореневій системі. Для ефективної діяльності бульбочкових бактерій необхідні певні умови: нейтральна реакція ґрунту (за винятком люпину), забезпечення фосфором, калієм, мікроелементами, аерація ґрунту і забезпечення вологою, наявність у ґрунті достатньої кількості бульбочкових бактерій, специфічних для певного виду.

Україна займає третє місце в світі за виробництвом зерна *гороху*. Це дуже вимоглива до ґрунтів культура. Ґрунти повинні містити достатньо гумусу, фосфору, калію та мікроелементів. На важких, дуже щільних і кислих ґрунтах горох малопродуктивний. Найвищі врожаї одержують на чорноземах і сірих лісових ґрунтах. Середня урожайність гороху в Україні – 23 ц/га, в світі – 19,1 ц/га.

*Таблиця 6.2*

**Урожайність сільськогосподарських культур на різних ґрунтах України, ц/га (за матеріалами „Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2004 році”)**

| Зона, підзона | Ґрунти | Пшениця озима | | Ячмінь | | Кукурудза | | Кукурудза (зелена маса) | | Буряк цукровий | | Соняшник | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1[1)] | 2[2)] | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Полісся | Дерново-підзолисті і дернові опідзолені | 20<br>7-29[3)] | 34<br>22-42 | 15<br>6-23 | 21<br>21-43 | – | – | 165<br>90-250 | 375<br>300-550 | – | – | – | – |
| Закарпаття | Лучно-буроземно-підзолисті поверхнево оглеєні | 27<br>26-28 | 40<br>38-43 | 33<br>28-36 | 43<br>40-50 | 55<br>45-60 | 77<br>65-90 | 300<br>250-350 | 470<br>450-520 | – | – | – | – |
| Передкарпаття і вологий лісостеп | Ясно-сірі і сірі лісові, буроземно-підзолисті поверхнево оглеєні | 13<br>10-16 | 33<br>30-37 | 13<br>10-15 | 30<br>28-35 | – | – | 130<br>100-150 | 300<br>200-430 | - | - | - | - |

*Закінчення табл. 6.2*

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Лісостеп | Сірі лісові, темно-сірі опідзолені і чорноземи опідзолені | 34<br>30-38 | 45<br>39-60 | 27<br>21-32 | 38<br>30-42 | 41<br>28-47 | 53<br>42-63 | 300<br>250-340 | 410<br>340-460 | 285<br>200-370 | 450<br>280-540 | - | - |
| Лісостеп | Чорноземи типові | 35<br>31-38 | 43<br>38-45 | 25<br>23-27 | 38<br>36-42 | 42<br>35-44 | 48<br>40-56 | 270<br>250-310 | 350<br>320-430 | 270<br>210-300 | 380<br>330-400 | 22<br>19-24 | 24<br>20-27 |
| Степ північний | Чорноземи звичайні | 32<br>26-39 | 39<br>31-45 | 23<br>20-24 | 36<br>30-39 | 41<br>35-45 | 45<br>40-50 | 235<br>190-260 | 275<br>230-300 | 258<br>230-290 | 320<br>300-350 | 22<br>19-25 | 25<br>22-26 |
| Степ південний | Чорноземи південні | 25<br>22-27 | 31<br>27-34 | 18<br>11-20 | 26<br>22-30 | 26<br>23-31 | 30<br>26-34 | 160<br>120-190 | 190<br>150-210 | – | – | 12<br>10-14 | 14<br>12-16 |
| Степ сухий | Темно-каштанові і каштанові ґрунти | 22<br>18-25 | 27<br>21-32 | 16<br>13-18 | 23<br>19-26 | 21<br>11-26 | 27<br>16-33 | 140<br>90-160 | 160<br>110-190 | – | – | 9<br>8-11 | 12<br>11-14 |
| **Середнє по Україні** | | **28** | **38** | **21** | **33** | **36** | **43** | **225** | **300** | **275** | **400** | **17** | **20** |

*Примітка:*
1) за природної родючості;
2) за ефективної родючості під час внесення рекомендованих доз добрив;
3) коливання залежно від генетичної природи ґрунту та його гранулометричного складу

*Люпин* добре росте на дерново-підзолистих та інших малородючих ґрунтах. Витримує значну кислотність (оптимальна кислотність – 5,0–5,6) і дуже погано росте на карбонатних ґрунтах. Менші врожаї отримують на важких, перезволожених, малопроникних глинистих ґрунтах, а також за близького залягання ґрунтових вод. Урожайність зерна може досягати 25–30, зеленої маси 350–400 і навіть 600 ц/га.

*Соя* найкраще росте на родючих ґрунтах із високим вмістом органічних речовин, нейтральною реакцією ґрунтового розчину, непридатними для неї є солонцюваті важкі і дуже легкі, кислі, заболочені ґрунти. Академік А. Бабич виділив „Соєвий пояс" – області, де випадає 500–650 мм опадів, сума активних температур 2400–3000$^0$С. За площею посіву ця культура займає перше місце в світі серед зернобобових культур. Середня урожайність сої в світі становить 22,4, в Україні – 11,4 ц/га.

Середня урожайність зернових культур в Україні становить 27,2 ц/га [48]. За розрахунками академіка В.Ф.Сайка, мобілізація усіх технологічних ресурсів і повна реалізація потенціалу ґрунтово-метеорологічних умов України могла б підвищити валові збори зернових культур в Україні вдвічі – до 70–80 млн т, а також суттєво збільшити урожайність культур (див. табл. 6.3).

*Таблиця 6.3*

**Перспективи виробництва зерна в Україні (за В.Ф. Сайком)**

| Культури | Посівна площа, млн га | Врожайність, ц/га | Валовий збір зерна, млн т |
|---|---|---|---|
| Зернові й зернобобові – всього, у тім числі: | 15,0 | 40,2 | 60,3 |
| пшениця озима | 6,0 | 45,5 | 27,3 |
| жито, тритикале | 0,6 | 38,2 | 2,3 |
| ячмінь озимий і ярий | 3,5 | 37,9 | 13,3 |
| овес | 0,8 | 35,8 | 2,9 |
| кукурудза | 1,1 | 53,1 | 5,8 |
| горох | 1,6 | 29,2 | 4,7 |
| круп'яні | 0,6 | 22,2 | 1,3 |
| інші зернові | 0,8 | 34,4 | 2,7 |

Посівні площі ***олійних культур*** в Україні становлять 1,8 млн га, 96% цієї площі займає *соняшник*. Основні посіви зосереджені в зоні степу. Найкраще росте на чорноземах і каштанових ґрунтах з нейтральною чи слаболужною реакцією ґрунтового розчину, непридатні для нього важкі безструктурні ґрунти, а також легкі піщані та дуже кислі ґрунти. Територія з відносно високою продуктивністю ґрунтів до соняшника (19–23 ц/га) обмежена з півдня лінією Кіровоград–Запоріжжя, з півночі – Чернівці–Харків, далі на північ і південь продуктивність знижується до 12–15 ц/га. Середня урожайність соняшника в Україні за останні роки знизилася до 9,3–12,1 ц/га, порівняно із 16,8 ц/га у 80-х роках. Це є наслідком недотримання вимог технології, порушення чергування культур у сівозміні, зокрема розміщення соняшника не через 8–10 років, а через 2–3 роки і навіть щорічного вирощування на одному полі.

*Ріпак озимий.* Посівні площі в Україні – 150 тис. га, врожайність – 13,5–15,0 ц/га. Вимогливий до родючості ґрунту, потребує значно більше поживних речовин, ніж зернові культури. Добре росте на чорноземах, темно-сірих опідзолених і сірих лісових ґрунтах з реакцією ґрунтового розчину (pH) 6,6–7,2. Непридатні важкі глинисті, заболочені ґрунти.

Найпоширенішою культурою серед ***коренеплодів*** є *буряк цукровий.* Посівна площа буряка цукрового в Україні – 740 тис. га. Культура дуже вимоглива до родючості ґрунту. Найкраще росте на родючих, багатих органічною речовиною ґрунтах: чорноземах, дерново-лучних, темно-сірих опідзолених. Найнижчий врожай – на сірих та ясно-сірих лісових ґрунтах. Не витримує високої кислотності, відноситься до солестійких культур. Урожайність гички становить 30–50% від урожайності коренеплодів. У західному лісостепу найвища продуктивність ріллі щодо буряка цукрового (367–417 ц/га), далі на схід продуктивність ріллі значно нижча (183–245 ц/га), але в Автономній республіці Крим – зростає. Середня врожайність буряка цукрового в світі – 300 ц/га.

Найвідомішою із ***бульбоплодів*** в Україні є *картопля*, площа під якою становить 1,5 млн га (Полісся – 60%, лісостеп – 30%). Найкраще росте на добре розпушених ґрунтах. Коренева система поглинає оксисену в 5–10 разів більше, порівняно з іншими культурами. Вирощують на піщаних і суглинкових чорноземах, дерново-підзолистих, сірих лісових ґрунтах, малопридатні важкі глинисті та засолені ґрунти. Середня урожайність культури – 125–130 ц/га, у приватному секторі – 200–300 ц/га. На схід та південь від Полісся продуктивність ріллі відносно картоплі знижується до 76–115 ц/га. Природні умови України дозволяють вирощувати в зоні Полісся і лісостепу по 200–400 ц/га бульб [35; 48].

Для визначення біопродуктивності ґрунтів важливою є не тільки врожайність основної продукції, але і ***вихід побічної продукції*** (гички, соломи, бадилля). Ф.І Левін і Б.Г. Розанов звертають увагу на значний вміст у побічній продукції білка і кормових одиниць: до 20–23 к. од./ц і до 29–32% білка від їхнього загального вмісту у вирощеній продукції. Їхній вміст у загальній масі продукції залежить від структури посівних площ – площі посівів силосних культур і сіяних трав, які не мають побічної продукції, коренеплодів, у побічній продукції яких білка більше, ніж кормових одиниць і т.д. Ретельне збирання і використання побічної продукції на корм тваринам дає змогу значно підвищити продуктивність тваринництва і зменшити витрати зерна і картоплі на корм.

Неоднаковим є співвідношення зерна та соломи в урожаї різних сільськогосподарських культур (див. табл. 6.4).

### *6.1.2. Кормові та зернові одиниці*

Для визначення продуктивності сівозміни врожайність переводять у кормові або зернові одиниці. ***Кормова одиниця*** – узагальнююча одиниця виміру поживності речовин (корму), яка відповідає поживності 1 кг вівса середньої якості (вологість 13–14%), або 11,13 МДж обмінної енергії. Беруть до уваги вміст сухої речовини та енергетичну цінність

*Таблиця 6.4*

**Приблизне співвідношення зерна і соломи в урожаї сільськогосподарських культур (за В.Т. Маткевичем, 1992)**

| Культура | Степ | Лісостеп | Полісся |
|---|---|---|---|
| Озимі пшениця і жито | 1:1 | 1:1,3 | 1:1,5 |
| Ячмінь озимий і ярий | 1:1 | 1:1,2 | 1:1,2 |
| Овес | 1:1 | 1:1,2 | 1:1,2 |
| Горох, боби, люпин | 1:1 | 1:1 | 1:1 |
| Кукурудза | 1:1,4 | 1:1,5 | 1:1,6 |
| Просо | 1:1 | 1:1,2 | 1:1,2 |
| Гречка | 1:1,2 | 1:1,3 | 1:1,5 |
| Люцерна (насіння) | 1:4 | 1:5 | – |
| Конюшина (насіння) | – | 1:4 | 1:5 |
| Тимофіївка (насіння) | – | 1:3 | 1:4 |
| Буряки цукрові та кормові | 1:0,4 | 1:0,4 | 1:0,4 |
| Картопля | 1:0,4 | 1:0,5 | 1:0,5 |
| Соняшник | 1:2 | 1:2 | – |

продукції. За еталон прийнято 1 кг вівса – це 1 кормова одиниця (див. табл. 6.5). ***Зернова одиниця*** – одиниця виміру продуктивності сівозмін, яка відповідає 1 кг зерна пшениці озимої.

*Таблиця 6.5*

**Вміст кормових і зернових одиниць в 1 кг деяких культур (за В.В. Лихочвором[1], 2004, В.Т. Маткевичем[2], 1992)**

| *Культура* | *к. од.*[1] | *з. од.*[2] | *Культура* | *к. од.* | *з. од.* |
|---|---|---|---|---|---|
| Овес (зерно) | 1,00 | 0,8 | Соняшник (макуха) | 0,11 | – |
| Овес (солома) | 0,31 | 0,25 | Ріпак (макуха) | 0,90 | – |
| Зернові | 1,12 | 1,0 | Льон (насіння) | 1,80 | 1,65 |
| Пшениця (зерно) | 1,10 | 1,0 | Льон (макуха) | 1,20 | – |
| Пшениця (солома) | 0,21 | 0,20 | Однорічні трави на сіно | 0,50 | 0,4 |
| Ячмінь (зерно) | 1,20 | 1,0 | Люцерна (зелена маса) | 0,23 | – |
| Ячмінь (солома) | 0,32 | 0,25 | Люцерна (сіно) | 0,57 | 0,5 |
| Просо (зерно) | 0,96 | 0,9 | Буркун (зелена маса) | 0,18 | – |
| Просо (солома) | 0,40 | – | Буркун (сіно) | 0,44 | – |
| Жито (солома) | 0,21 | 0,20 | Конюшина лучна (зелена маса) | 0,21 | – |
| Горох (зерно) | 1,17 | 1,4 | Конюшина лучна (сіно) | 0,53 | 0,5 |
| Рис (зерно) | 0,24 | – | Буряк цукровий (коренеплоди) | 0,26 | 0,26 |
| Картопля | 0,30 | 0,25 | Буряк цукровий (гичка) | 0,20 | – |
| Кукурудза (зерно) | 1,34 | 0,8 | Буряк кормовий (гичка) | 0,10 | – |
| Кукурудза на силос | 0,22–0,32 | 0,17 | Буряк кормовий (коренеплоди) | 0,12–0,15 | 0,13–0,20 |

Для кожної культури є перевідні коефіцієнти на кормові одиниці. Є кілька способів обчислень вмісту кормових одиниць у рослинній продукції.

а) $К.\ од. = СР \cdot a\ /\ 100$; $a = 112 - 1{,}75 \cdot Кл$,

де *К.* од. – кормові одиниці в 1 кг; *СР* – вміст сухої речовини, %; *а* – поправочний коефіцієнт (див. табл. 6.6), *Кл* – вміст клітковини в сухій речовині, %.

б) За наявності даних вмісту в сухій речовині корму обмінної енергії кількість кормових одиниць в 1 кг сухої речовини вираховують за формулою:

$K.$ од. = $(OE)^2 \cdot 0{,}0081$, *або* $K.$ од. = $OE : 11{,}13$,

де $OE$ – вміст обмінної енергії в МДж/кг; 0,0081 і 11,13 – сталі коефіцієнти.

Результати записують з точністю до 0,01 к. од./кг сухої речовини.

*Таблиця 6.6*

**Поправочні коефіцієнти для розрахунку основних кормових одиниць за вмістом у сухій речовині**

| Культура | Коефіцієнт | | Культура | Коефіцієнт |
|---|---|---|---|---|
| Картопля | 1,40 | | Люцерна | 0,80 |
| Буряки кормові | 0,95 | | Солома вівсяна | 0,35 |
| Буряки цукрові | 1,05 | | Солома пшенична | 0,23 |

### *6.1.3. Вміст білка*

Якість продукції рослинництва оцінюють за різними параметрами. У зерні пшениці визначають вміст клейковини, білка, скловидність тощо. У зернобобових визначають вміст білка. Якість бульб картоплі оцінюють за співвідношенням крохмалю і білка. У буряках цукрових визначають цукристість, у насіння соняшника – вміст олії, у льоні-довгунці – якість волокна. Універсальним показником, за яким оцінюється продуктивність культури, є вміст у ній білка.

Білки є основою утворення тканин у людини й тварини. За калорійністю вони переважають крохмаль, цукор і поступаються лише рослинному жиру. Важливо, щоб у білках містилося багато амінокислот, особливо лізину і триптофану, які підвищують продовольчу і кормову цінність зерна.

Серед *зернових* найбільше білка міститься у зерні трітікале, пшениці, особливо твердої, найменше – в зерні рису (див. табл. 6.7). Вміст білка у трітікале на 1–2% вищий, ніж у пшениці та на 3–4% вищий, ніж у жита.

Вміст білка у зерні *пшениці* коливається від 9 до 19 або і до 22%. В Україні середня білковість становить 11–14% (див. табл. 6.8). Сучасні високоврожайні сорти пшениці озимої мають більший вміст білка, ніж сорти екстенсивного типу. Генотипно детермінована різниця у білковості не перевищує 1%, а у разі зміни умов вирощування вона у межах одного генотипу може досягати 10%.

*Таблиця 6.7*

**Вміст білка в деяких культурах (за В.В. Лихочвором, 2004)**

| Культура | Білок, % | | Культура | Білок, % |
|---|---|---|---|---|
| Пшениця | 9–19 | | Квасоля | 22–32 |
| Жито | 9–17 | | Горох | 20–35 |
| Ячмінь | 9–12 | | Люпин | 30–48 |
| Овес | 12–13 | | Соняшник | 16–24 |
| Кукурудза | 9–12 | | Ріпак озимий | 16–29 |
| Гречка | 10–18 | | Картопля | 1,5–3,0 |
| Рис | 6–8 | | Буряки кормові | 0,7 |
| Кормові боби | 25–35 | | Конюшина | 3,4 |
| Соя | 30–55 | | Люцерна | 3,7 |

Білковість має досить різко виражену зональність накопичення: з північного заходу на південний схід із зростанням температури повітря, кількості сонячної радіації та зміни її складу (переважає короткохвильове випромінювання), а також зі зменшенням вологості повітря вона підвищується. Зерно з найвищим вмістом білка та „сирої" клейковини отримують у південно-східних районах України.

У білку зерна пшениці виявлено 20 амінокислот, з них – 8, які не синтезуються в організмі людини. Білок зерна пшениці озимої неоднорідний, складається з кількох тисяч білків, які мають різні функції.

*Таблиця 6.8*

**Вміст білка в пшениці різного класу (за В.В. Лихочвором, 2004)**

| Класи пшениці | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Вміст білка, % | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 |

Пшениця озима має чітко виражені зональні закономірності накопичення білка та клейковини. На якість зерна великий вплив мають родючість ґрунту та погодно-кліматичні фактори. Виділяють три причини зменшення вмісту білка та клейковини, пов'язані з ґрунтово-кліматичними факторами: невідповідність розмірів наростання надземної та кореневої частини рослин, порушення білково-вуглеводного обміну, ростове розбавлення нітрогену.

Прянішніков Д.М. показав, що у разі низької вологості повітря і ґрунту, які характерні для південних і східних регіонів, коренева система складає 16,6% загальної біомаси рослин, а за високої (північно-західні регіони) – тільки 7,7%. Підвищення рівня зволоження ґрунту та повітря спричиняє відставання коренів у рості, і внаслідок цього рослина не забезпечена достатньою кількістю необхідних речовин. Проте такі умови позитивно впливають на розростання вегетативної маси надземної частини рослини.

Оптимальний вміст білка в *ячмені* – 9–12% (для пивоваріння). Біологічна цінність білка вища, ніж в пшениці озимої. На якість зерна ячменю впливають кліматичні умови. Так, підвищення температури повітря від сходів до кущіння та при наливі сприяють кращому накопиченню білка.

Крупа *гречки* збагачена білками, які легко засвоюються. Середній вміст білка в плодах – 12–15%. Його вміст значно залежить від генетичних особливостей, від реакції на умови мінерального живлення. Синтез білка у плодах гречки посилюється за достатнього забезпечення рослин нітрогеном. Оптимальне співвідношення основних елементів живлення (NPK) під час вирощу-

вання гречки на дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах для одержання високоякісного зерна становить 2:1:1, або 1,5:1:1, на чорноземах – 1:1:1.

Зерно *кукурудзи* містить від 6 до 24% білка. Внесення азотних добрив збільшує вміст білка.

Головною властивістю *зернобобових* є здатність накопичувати у вегетативній масі та насінні значну кількість білків. Вміст білка в зернобобових у 2–4 рази вищий, аніж у злакових культурах і становить 25–60%. Білок зернобобових має кращу перетравність і значно багатший незамінними амінокислотами. Білок є основним показником якості зернобобових. Кращими для більшості бобових є теплі й вологі погодні умови. Вміст білка під дією добрив практично не змінюється. М.І. Смірнов-Іконніков усі зернобобові за зміною якості білка залежно від зовнішніх умов поділяє на дві групи: 1) ті, що сильно реагують (квасоля, соя) і 2) ті, що слабко реагують (горох, нут, сочевиця, люпин).

Переважна частина білка в зерні і в зеленій масі рослин утворюється завдяки нітрогену повітря, який фіксується за допомогою бульбочкових бактерій, що розміщуються на кореневій системі. Встановлено, що на 1 га зернобобових фіксується 100–400 кг нітрогену повітря.

Лєбєдєва Л.О. (1979) підрахувала, що протягом року можна забезпечити білком 16 млн людей, якщо збільшити його вміст у зернових культурах всього на 1%.

### *6.1.4. Енергетична оцінка продуктивності посівів*

За своїми біологічними особливостями різні види рослин мають неоднакову здатність засвоювати кінетичну енергію Сонця і мають різну енергетичну цінність. Для визначення виходу енергії необхідно знати енерговміст усіх частин сільськогосподарської продукції. Узагальнені результати досліджень щодо визначення енерговмісту одиниці продукції основних польових культур наведено в табл. 6.9.

В урожаї сільськогосподарських культур накопичену енергію визначають за формулою:

$$Ев = Воп \times Ев_{оп} \times 100 + Впп \times Ев_{пп} \times 100,$$

де *Ев* – енерговміст урожаю, ГДж/га; $Ев_{оп}$ – питомий енерговміст урожаю основної продукції, МДж/кг; $Ев_{пп}$ – питомий енерговміст урожаю побічної продукції, МДж/кг; *В*оп – урожай основної продукції, ц/га; *В*пп – урожай побічної продукції, ц/га. Значення $Ев_{оп}$ і $Ев_{пп}$ отримують спалюванням у колориметричній бомбі.

*Таблиця 6.9*

**Вміст енергії в урожаї сільськогосподарських культур (за О.К. Медведовським, П.Л. Іваненком, 1988)**

| Культури | Вміст загальної енергії в 1 кг сухої речовини | | Середній коефіцієнт вмісту сухої речовини |
|---|---|---|---|
| | МДж | ккал | |
| Пшениця озима (зерно) | 19,13 | 4568,9 | 0,86 |
| Жито (зерно) | 19,49 | 4654,9 | 0,86 |
| Ячмінь (зерно) | 19,13 | 4568,9 | 0,86 |
| Овес (зерно) | 18,80 | 4490,1 | 0,86 |
| Просо (зерно) | 19,70 | 4705,0 | 0,86 |
| Гречка (зерно) | 19,38 | 4628,6 | 0,86 |
| Рис (зерно) | 18,59 | 4439,9 | 0,86 |
| Горох (зерно) | 20,57 | 4912,8 | 0,86 |
| Соя (зерно) | 20,57 | 4912,8 | 0,88 |
| Кукурудза (зерно) | 17,60 | 4203,5 | 0,86 |
| Кукурудза (зелена маса) | 16,39 | 3914,5 | 0,25 |
| Буряки цукрові | 18,26 | 4361,1 | 0,14 |
| Коренеплідні кормові | 16,39 | 3914,5 | 0,25 |
| Соняшник (насіння) | 19,38 | 4628,6 | 0,92 |
| Соняшник (зелена маса) | 16,80 | 4012,4 | 0,25 |
| Картопля | 18,29 | 4368,3 | 0,20 |
| Овочеві | 14,36 | 3429,7 | 0,10 |
| Люцерна на сіно | 21,83 | 5213,8 | 0,25 |
| Багаторічні трави на сіно | 18,91 | 4516,4 | 0,20 |
| Однорічні трави на сіно | 16,39 | 3914,5 | 0,20 |
| Лукопасовищні трави | 16,19 | 3866,7 | 0,20 |
| Зернофуражні культури на зелений корм | 15,40 | 3678,1 | 0,30 |

Для визначення кількості якісно або господарсько-цінної енергії, зосередженої у рослинній біомасі, рекомендується використо-

вувати показник „кормова одиниця”. Для розрахунку за цим показником усі складові урожаю переводять у кормові одиниці, які перемножують на енергетичний еквівалент 1 кг вівса:

$$Eв = (Bоп \times K\text{ к.од.} + Bпп \times K\text{ к.од.}) \times E\text{ к.од.},$$

де *В*оп – урожай основної продукції; *К*к.од. – коефіцієнт перерахунку в кормові одиниці; *В*пп – урожай побічної продукції; *Е*к.од. – енерговміст кормової одиниці (Ю.О. Тараріко, 2005).

Дані, які отримав Ю.О. Тараріко (2005) свідчать, що показники енергоємності товарної продукції і малоцінної частини урожаю (солома, гичка) досить близькі, хоча зв’язана енергія в них якісно неоднакова. Вихід енергії з урожаєм кормових культур значно перевищує енергоємність основної продукції зернових, оскільки зелена маса начебто об’єднує в собі і основний урожай і нетоварну його частину.

Витрати енергії на вирощування культури повинні бути в декілька разів менші, ніж її вміст в урожаї. За низької урожайності сільськогосподарських культур, або нераціонального використання наявних матеріальних ресурсів затрати енергії на технологію перевищують вміст енергії у вирощеній продукції.

## *6.2. Кількість поверхневих і кореневих решток*

Для визначення біопродуктивності ґрунтів важливо враховувати кількість поверхневих (стерня, підстилка) і кореневих решток рослин. Від їхньої кількості та якості залежить підтримання родючості ґрунтів, баланс гумусу та елементів живлення у культурних ґрунтах. Свіжі рослинні рештки є найближчим резервом елементів живлення і часто визначають врожай наступних культур у сівозміні, можуть бути основним, або і єдиним джере-

лом органічних речовин для утворення гумусу в ґрунті.

Рослинні рештки містять багато елементів живлення, які використовують наступні культури сівозміни. Тому врахування їхньої маси і кількості має важливе значення і для вирішення багатьох інших важливих питань, таких як розроблення систем землеробства та удобрення, сівозмін.

Частка коріння у фітомасі сільськогосподарських культур становить 15–20%, товарної продукції (зерна) – 20–25%, плоди картоплі – до 50–60%.

М. Баталін (1962) наводить дані абсолютних величин основної і побічної продукції зернових культур, за якими побудовано схему балансу органічних речовин агроценозу (див. рис. 6.3).

Відомостей про склад і кількість рослинних решток дуже мало. Від точності визначення маси коренів залежать результати вивчення біологічного кругообігу речовин і елементів у посівах, оцінка культур як попередників і пов'язані з ними практичні висновки.

Для точності висновків необхідно оцінювати масу коренів в однаковий період. Ф.І. Левін вивчав кореневу систему в період цвітіння рослини, коли коріння досягло найбільшої величини. Кореневу систему цілою відмивали з монолітних зразків ґрунту після тривалого розмочування монолітів у воді. Розміри монолітів відповідали площі живлення культур.

Кількість рослинних решток у посівах культур залежить від біологічних властивостей культурних рослин, екологічних, головно, ґрунтово-кліматичних умов, рівня агротехніки і врожаїв, способів посіву, норм висіву насіння. Коренева система коренеплодів менша, ніж зернових і зернобобових культур, а ярих зернових менша, ніж озимих, у яких період вегетації довший. Ще більша вона у соняшника, кукурудзи і багаторічних трав. Залежно від умов і рівня врожаю абсолютні величини ***маси коренів*** становлять (ц/га): коренеплоди – 8–25; зернові й однорічні трави (вика, горох з вівсом) – 15–16 – 30–35;

озимі, соняшник – 20–45; багаторічні трави – до 45–75 і більше.

За низьких врожаїв абсолютна кількість кореневої маси менша, ніж за високих, але їхня

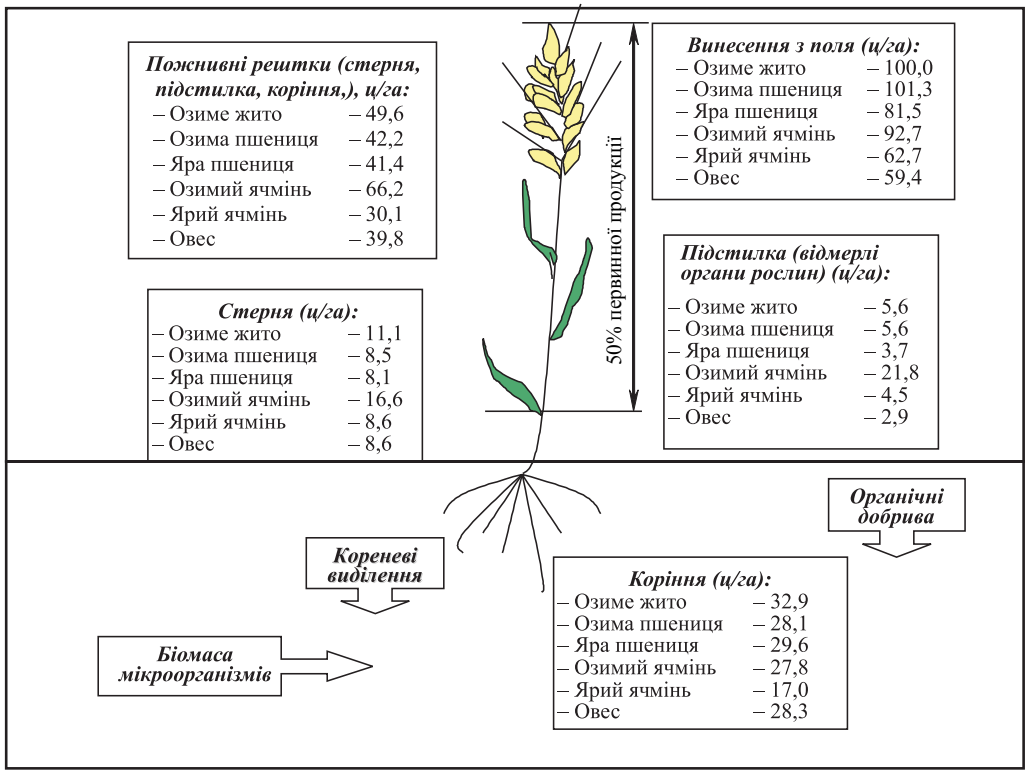



Рис. 6.3. Баланс органічних речовин у зернових агроценозах, у ц/га сухої речовини (за М. Баталіним, 1962)

частка в загальній масі рослин, навпаки, зростає. При цьому навіть в однорічних культур вона може складати близько 50% і більше по відношенню до всієї маси рослини. Наприклад, у вико-вівсяної суміші, яку на сіно збирають до закінчення росту рослин, за врожаю 20 ц/га рослинні рештки складають 23 ц/га (53,5% загальної маси культури, тобто 8 ц – стерня, 15 ц – коріння).

***Маса поверхневих решток*** теж неоднакова в різних культур: у зернобобових культур – 4–8, ярих зернових – 6–12, озимих – 13–15, багаторічних трав – 14–16 ц/га.

Загальна маса рослинних решток на полях коренеплодів становить 8–10 ц/га (за дуже низьких врожаїв і ретельному збиранні гички),

на полях багаторічних трав – до 100 ц/га. У таблиці 6.10 представлені величини біомаси різних польових культур.

*Таблиця 6.10*

**Біомаса польових культур, ц/га (за Ф.І. Левіним, 1977)**

| Культури | Врожай (основна продукція) | Побічна продукція (солома, гичка, бадилля) | Поверхневі рештки | Коріння |
|---|---|---|---|---|
| Жито озиме | 10–25<br>26–40 | 22–50<br>51–65 | 6,5–11<br>11,1–13,8 | 16–26<br>28–37 |
| Пшениця озима | 10–25<br>26–40 | 20–45<br>46–57 | 6,5–12<br>12,1–13,5 | 15–28<br>29–40 |
| Пшениця яра | 10–20<br>21–30 | 17–30<br>31–35 | 6–9<br>9–11 | 14–22<br>23–30 |
| Ячмінь | 10–20<br>21–35 | 15–24<br>25–39 | 6–9,5<br>9,6–10,8 | 14–22<br>23–29 |
| Овес | 10–20<br>21–35 | 14–29<br>31–42 | 6–9<br>9–11 | 12–22<br>24–30 |
| Просо | 5–20<br>21–30 | 12–34<br>36–54 | 6–9<br>9–12 | 10–22<br>23–28 |
| Кукурудза на зерно | 10–35 | 30–60 | 6–12 | 15–34 |
| Горох | 5–20<br>22–30 | 11–30<br>31–40 | 4–6<br>6,5–8 | 10–20<br>21–24 |
| Гречка | 5–15<br>16–30 | 13–30<br>31–50 | 5,5–8<br>8,1–11 | 11–22<br>23–30 |
| Соняшник | 8–30 | 20–60 | 7–15 | 15–38 |
| Картопля | 50–200<br>201–350 | 8–27<br>28–44 | 3–9<br>10–13 | 8–20<br>21–28 |
| Буряк цукровий | 100–200<br>201–400 | 12–26<br>30–50 | 1,5–3<br>3–3,5 | 10–17<br>18–30 |
| Овочі | 50–200<br>250–400 | 6,5–24<br>30–48 | 2,5-5<br>5,1–6 | 8–16<br>17–22 |
| Кормові коренеплоди | 50–200<br>200–400 | 4,5–17<br>18–40 | 1,5–3<br>3–3,5 | 8–15<br>16–26 |
| Льон | 3–10 | 30–65 | – | 13–22 |
| Коноплі | 3–10 | 45–80 | – | 15–30 |
| Силосні (без кукурудзи) | 100–200 | – | 8–12 | 16–26 |
| Кукурудза на силос | 100–200<br>201–350 | – | 6,2–8,8<br>9–12 | 21–33<br>33–45 |
| Однорічні трави (вика,горох+овес) | 10–40 | – | 7–11 | 15–35 |
| Багаторічні трави | 10–40<br>30–60 | – | 8–14<br>13–16 | 18–42<br>45–75 |

## 6.3. Рослинні рештки, втрачені протягом вегетації

Продукція в агроценозах завжди більша від урожаю, оскільки частина органів рослин відмирає і надходить в опад ще до періоду досягнення зрілості вирощуваної культури.

Втрати фітомаси в зернових агроценозах спостерігають з фази кущіння, коли відмирають окремі рослини. Протягом фази виходу в трубку засихає і випадає з посіву значна кількість недорозвинених паростків. Випадіння паростків призупиняється у період колосіння – цвітіння і знову інтенсифікується у період молочної та воскової стиглості. Після колосіння у злаків починається всихання і опадання нижніх листків, а з фази воскової стиглості – осипання насіння. Кількість відмерлих бур'янів залежить від забур'янення посіву. Основна кількість рослинної речовини, що надходить у ґрунт до збирання урожаю, спричинена відмиранням коріння, запас якого зазвичай знижується до моменту збирання урожаю. Запас коріння пшениці ярої максимальний у липні (цвітіння–колосіння) або в серпні (молочна стиглість).

Загалом втрати фітомаси у вигляді рослинної речовини впродовж сезону сягають у посівах пшениці ярої в степовій зоні 1,5–3,6 т/га, в лісостеповій зоні – 1,1–1,9 т/га, в посівах ячменю – 1,1–2,7 т/га, в посівах жита – 1,9–2,0 т/га [78; 79]. Втрати фітомаси у вигляді виділень органічних сполук оцінюються від 0,1 до 4,0 т/га в рік.

Літнє надходження рослинної речовини становить 15–35% річного, якщо солома залишається на полі та 20–45%, якщо солома відчужується. Кореневі виділення можуть підвищити це значення до 25–60% [42]. Цю значну кількість речовин зазвичай не враховують під час обчислення біопродуктивності ґрунтів певного землекористування.

## *6.4. Біомаса сегетальної рослинності*

Оцінюючи біопродуктивність ґрунтів, враховують лише продуктивність культурних рослин, проте не треба забувати про сегетальну рослинність, яка може накопичувати значну біомасу.

***Сегетальні рослини*** (з грец. *segetalis* – той, що росте серед хлібів) – бур'янисті рослини, які пристосувалися до проростання у посівах сільськогосподарських рослин. Це бур'яни на ріллі, перелогах (волошка синя – *Centaurea cyanus*, гірчиця польова – *Sinapis arvensis*, редька польова – *Raphanus raphanistrum*, осот рожевий (польовий) – *Sonchus arvensis*, амброзія полинолиста – *Ambrosia artemisifolia*, лобода біла – *Chenopodium album*, горошок посівний – *Vicia sativa* та ін.).

У сучасній сільськогосподарській літературі під терміном „бур'яни" розуміють рослини, які засмічують сільськогосподарські угіддя та негативно впливають на ріст і розвиток сільськогосподарських культур (на продуктивність висіяної культури).

У визначнику трав'янистої рослинності СРСР (1971) колектив відомих ботаніків дав таке визначення терміна: „Бур'яни – це рослини, що розвиваються на місцях з порушеним рослинним покровом і взагалі пов'язані з діяльністю людини, але не культивуються спеціально". Бур'яни є головними конкурентами для культурних рослин у боротьбі за фактори життя і простір [34].

Кількість бур'янів в агробіоценозі залежить від культури ведення господарства, тому вони по-різному впливають на формування агробіоценозу та його продуктивність.

Бур'яни здатні поглинати з ґрунту сполуки мінерального живлення в найдоступніших формах: нітрогену – 160–200 кг/га; фосфору – 55–90; калію – 170–250 кг/га. Навіть у разі середнього рівня забур'яненості посівів бур'яни за вегетаційний період виносять із ґрунту від 60 до 120 мм продуктивної вологи, якої часто не вистачає, що обмежує рівень продуктивності посівів культурних рослин, особливо в зонах сте-

пу і східного лісостепу. Зниження урожаїв на забур'янених посівах у середньому складає: пшениці – 25, гороху – 30, буряка цукрового – 77, капусти – 41, кукурудзи – 44, сорго – 48, льону – 58, тютюну – 66, рису – 75, бавовнику – 88, цибулі і моркви – 100% (О.О. Іващенко, 2001).

Бур'яни мають велику насінну продуктивність. Наприклад, одна рослина грициків продукує їх 73 тис., полину гіркого – 102 тис., щириця розлога – 500 тис., лобода біла – 1 млн. До того ж вони мають розтягнутий в часі період проростання насіння, різні способи розселення та вимоги до світла, тепла, вологи. Насіння більшості бур'янів тривалий час зберігає свою схожість (щириця розлога до 40 років). Мокриця за три роки може дати 3375 млрд насінин, які могли б заселити всю сушу планети з густотою 25 штук на 1 м$^2$.

Багаторічні бур'яни можуть розмножуватися вегетативно, наприклад, осот жовтий на 1 га утворює 10 т коріння довжиною 760 км, на якому було 166 млн бруньок, а пирій повзучий на 1 га має довжину кореневищ 4950 км з 259 млн бруньок, кожна з яких здатна утворити нове стебло [86].

Орні землі України мають величезну потенційну забур'яненість: в орному шарі 1 га міститься від 100 млн до 4 млрд штук насіння бур'янів, а також велика кількість органів їхнього вегетативного розмноження. Деякі автори зазначають, що рівень потенційної засміченості орних земель у шарі ґрунту 0 –30 см на більшості площ становить астрономічні цифри: в зоні степу – 1,47 млрд шт./га; лісостепу – 1,71 млрд шт./га; на Поліссі – 1,14 млрд шт./га насіння. За вегетаційний період на 1 м$^2$ (з глибини до 5 см) у середньому здатні проростати рослини бур'янів: у зоні степу – 1887 шт.; лісостепу – 2337; на Поліссі – 1121 шт. [30].

Продуктивність сегетальної рослинності може сягати значних розмірів. Так, маса бур'янів на 80-й день спільної вегетації з буряками цукровими становила 2126,6 г/м$^2$, середньодобовий приріст – 35,2 г/м$^2$; на момент збирання

урожаю буряків маса бур'янів зменшилася і сягала 625,6 г/м$^2$ [30].

Для підвищення продуктивності культурних рослин дуже важливо регулювати чисельність сегетальної рослинності в агрофітоценозах. Одним із головних способів боротьби з бур'янами є сівозміни. Чергування культур і пов'язаних з їхнім вирощуванням систем обробітку ґрунту дає змогу ефективно контролювати кількість небажаної рослинності у посівах. Проте найефективнішим способом боротьби із забур'яненням посівів є використання гербіцидів.

***Контрольні запитання:***

1. Назвіть показники біопродуктивності агроценозів.
2. Якими показниками оцінюють вихід основної і побічної продукцій?
3. Що таке кормова одиниця?
4. Який середній вміст білка в зернових, бобових культурах?
5. Для чого оцінювати величину рослинних решток, вивчаючи біопродуктивніть ґрунтів?
6. Розкажіть про енергетичну оцінку продуктивності посівів.
7. Яка роль сегетальної рослинності у продуктивності агроценозів?

Галина
Іванюк

*Розділ 7*

# *ПРОДУКТИВНІСТЬ КОРМОВИХ УГІДЬ*

В Україні кормові угіддя займають приблизно 8,5 млн га (14% площі країни), з них пасовищ – 5,5, сіножатей – 2,3 млн га, близько 0,8 млн га болотних угідь використовується під сіножаті й пасовища [27]. Найбільше сіножатей і пасовищ у західних областях України, зокрема у Карпатах, де вони займають майже 20,8% сільськогосподарських угідь. У Криму також 22,1% займають кормові угіддя. Із загальної кількості кормів, яка повинна вироблятись у найближчій перспективі в Україні на природних угіддях, є повна можливість виробляти їх близько 20, а надалі – до 30%.

Як вважає професор Ю.О. Тараріко (2005), ідеальною для агроландшафту в екологічному відношенні є ситуація, коли на 1 га ріллі припадає 1,6 га природних кормових угідь та 3,6 га лісу. В Україні на 1 га орних земель припадає лише 0,23 га сіножатей і пасовищ, 0,30 га лісу та лісових насаджень.

На сьогодні майже 15–20% орних найбільш ерозійно небезпечних земель потрібно залужити, тобто включити їх у лучну кормову площу. Це не тільки не призведе до зменшення виробництва валової продукції рільництва, але сприятиме зростанню загальної продуктивності ріллі та виробництву продукції тваринництва, збереженню і підвищенню родючості ґрунтів.

Для вирішення проблеми підвищення продуктивності лук і пасовищ необхідно вивчити фізіологію рослин, які поширені на луках і пасовищах, їхні вимоги до середовища проростання, продуктивність; визначити способи поліпшення стану кормових угідь.



## *7.1. Характеристика основних видів лучних рослин*

У луківництві рослини поділяють на чотири групи: три ботанічні родини – злакові, бобові,

осокові, а також різнотрав'я – рослини інших родин, у тім числі чагарники.

***Злакові.*** До цієї родини належать багато- та однорічні трав'яні рослини з кореневищною або мичкуватою кореневими системами, порожнистими або округлими, інколи сплющеними стеблами, лінійними, ланцетними листками, які розміщені на стеблі почергово, з двостатевими, рідше – одностатевими квітками, зібраними у волоть (див. рис. 7.1). Ця родина об'єднує майже 350 родів і 3 500 видів. Але на сіножатях і пасовищах використовують не більше 30 родів.

Злакові багаторічні трави – основа лучного кормовиробництва. За поживністю 1 кг злакової трави на пасовищі відповідає 0,18–0,22 к.о., а на сіножатях під час збирання у фазу колосіння – 0,22–0,24 к.о., більш енергоємні трави південних степів – 0,30 к.о.

*Найвищу* кормову цінність мають костриця лучна, пажитниця багаторічна (райграс пасовищний), тонконіг лучний, пирій повзучий і безкореневищний, тимофіївка лучна. *Добра* кормова цінність пажитниці багатоукісної, райграсу високого, грястиці збірної, тонконога болотного, стоколосу безостого. *Середня* – у мітлиці білої і звичайної, костриці червоної і тростинної, очеретянки. *Нижча за середню* – у костриці овечої, горошку запашного, лепешняку напливаючого. *Незадовільна* – у щучника дернистого, біловуса торчкуватого, куничника надземного.

Урожайність злакових залежить від родючості ґрунту і може становити 3–5 – 15–20 ц/га сіна, а на заплавних ділянках південних районів – до 40–60 ц/га. Це насамперед пирійні і стоколосові перелоги з бобовими і різнотрав'ям.

***Бобові.*** Родина бобових (метеликових) об'єднує майже 12 тис. видів, з них на території колишнього СРСР – 1 700 видів. Відрізняються від злакових добре розвиненими стрижневими коренями, які проникають у ґрунт на глибину 2,5–9 м. На них у верхній частині багато різної форми бульбочок, в яких знаходяться бульбочкові бактерії. Поширені бобові на кормових угіддях лісової, лісостепової, рідше – степової зон.

Найцінніші – конюшина лучна (червона), рожева, біла, люцерна посівна, жовта, хмелеподібна, еспарцет посівний, лядвенець рогатий, чина лучна, астрагали (найбільше поширені) (див. рис. 7.2). Менш цінні з них, але ті, що дають велику вегетативну масу (багаторічні люпин, буркун), можна використовувати як сидерати. Бобові – дуже поживні рослини: 1 кг сіна, заготовленого із збереженням листочків відповідає 0,5–0,6 к.о. і містить 90–100 г перетравленого протеїну. Трава бобових за поживною цінністю посідає перше місце серед кормових культур.

***Осокові***. Осоки – це кореневищні багаторічні, рідше однорічні рослини, які утворюють щільну дернину або купини. Мають частіше тригранні стебла без вузлових потовщень, лінійні або ниткоподібні листки, які розміщені здебільшого у нижній частині стебла. Суцвіття – плоскоподібні волоті або колосоподібні голівки. Плід – кулеподібний, тригранний або дещо сплющений горішок.

Осокові культури мають важливе значення у лучному виробництві лісової зони та в гірських районах, особливо в субальпійському поясі. В Україні поширений 21 рід, 633 види осокових. Частка осокових у кормовому балансі складає майже 3%. Поживність низька, в них мало фосфору і калію, тому за тривалого згодовування і поганого мінерального підгодовування тварини втрачають шерстяний покрив, знижують ріст і продуктивність.

Кормову цінність мають: кобрезія волосиста, Белларді, осока здута, піщана, кривоноса, струнка, гостра, низька, пустинна, пухівка піхвова (див. рис. 7.2).

***Різнотрав'я***. Частка різнотрав'я на луках може становити 50% і більше. Горець пташиний (спориш), родовик, мальва, кропива дводомна, вайда красильна, щириця звичайна мають високу кормову і поживну цінність. Полини, деревій та інші сприяють кращому перетравленню кормів, підвищують продуктивність тварин. Деякі види різнотрав'я (амарант червоний і білий, кропива, мальва, катран) заслуговують на

те, щоб бути широко запровадженими в культуру.

У лучних травостоях багато бур'янів – осот, щавель кінський, кульбаба, дягель лікарський, герань лучна, пижмо звичайне, лобода біла, цикорій, грицики, ромашка, подорожник великий і малий. Трапляються отруйні рослини (цикута отруйна, чемериця, гірчак, калюжниця болотна, наперстянка, болиголов плямистий), а також шкідливі, які надають запаху молоку, засмічують вовну овець (плоди череди, люцерни).

На природних кормових угіддях трапляються лишайники. Проте в Україні їх не використовують як корм. Найпоширеніші вони у тундрі й лісотундрі [84].

Для кормових фітоценозів оптимальним є таке співвідношення лучних рослин: злаків – 40–60%, бобових – 20–30%, різнотрав'я – 10–20%. Зі зростанням частки лучного різнотрав'я зазвичай знижується продуктивність та якість кормів, оскільки в травостій часто проникають підпокривні види низької якості та продуктивності. Тому для збереження оптимального співвідношення видів необхідно систематично вести догляд за станом кормових угідь, а у разі необхідності вдаватися до регулювання їхнього флористичного складу [57].

## *7.2. Типи екосистем кормового призначення та їхня продуктивність*

В Україні природні кормові угіддя об'єднують у такі групи: суходільні низинні, заплавні, степові, гірські луки, луки на болотах.

**1. Суходільні низинні луки**. Для них характерний нерівномірний водний режим, оскільки ґрунтові води залягають нижче 3 м, атмосферні води стікають у низовини, тому рослини мало їх використовують. На цих луках іноді не вистачає води. Найбільше цих лук є на Поліссі. Їх досить інтенсивно використовують. На них значну частину займає не завжди корисне різнотрав'я, яке змінює злакові й особливо бобові. Цю групу поділяють на:

а) ***абсолютні суходоли*** (горби, вершини схилів, вододіли). Ґрунти порівняно бідні на поживні речовини, часто кислі та опідзолені, трави влітку зазвичай вигоряють, після випасання погано ростуть. Ці низькопродуктивні угіддя краще переорювати і засівати високопродуктивними бобово-злаковими сумішами, удобрювати і зрошувати. На цих луках ростуть зазвичай біловус, костриця овеча та борозниста, мітлиця, різнотрав'я.

б) ***нормальні суходоли*** – це дещо підвищені невеликі плато, невеликі схили. Для них характерний задовільний водний режим, рівень ґрунтових вод – 1,2–2,5 м. Ці луки більш продуктивні. У травостої переважають цінні злакові – костриця лучна, грястиця збірна, тимофіївка лучна, пажитниця багаторічна, гребінник звичайний, тонконоги; з бобових – конюшини лучна, рожева, біла; горошок лучний, лядвенець рогатий, люцерна жовта і хмелеподібна. Це добрі пасовища і сінокоси, які можуть давати до 30 ц/га сіна.

в) ***суходоли надмірного зволоження*** – на незначних пониженнях водороздільних масивів із тимчасовим зволоженням навесні і восени, ґрунти переважно підзолисті, місцями заболочені. На заболочених територіях рівень ґрунтових вод треба понизити до 60–80 см. Доцільно застосовувати зрошення. Якщо ці луки не експлуатують, то вони заростають малопродуктивними травами – щучкою дернистою, біловусом, осокою, щавлем. Якщо вносити достатньо добрив (70–90 кг/га і більше мінеральних добрив), ці угіддя можна перетворити на досить продуктивні, де можна збирати 100–120 ц/га сіна з 2–3 укосів.

г) ***суходільні луки на схилах балок*** – займають близько 2 млн га у південному лісостепу і степу. Утворилися унаслідок залуження еродованих земель. Природна рослинність складається з типчаку, полину австрійського і приморського. Трапляється пирій повзучий, люцерна хмелевидна, подорожник, цикорій звичайний. До карбонатно-щебенистих ґрунтів приурочено багато бобових культур: еспарцет піщаний, гір-

ська конюшина, люцерна хмелевидна, альпійська, заяча конюшина, стоколос безостий, тонконіг та ін. На опідзолених ґрунтах і чорноземах ростуть буркун жовтий, люцерна жовта, конюшини, типчак, костриця овеча, лучна. За доброго догляду продуктивність цих ґрунтів може зрости до 30–40 ц/га сіна і більше. Без належного догляду травостій швидко погіршується, продуктивність знижується до 8–12 ц/га сіна.

**2. Заплавні луки** – це кормові угіддя річкових долин, які щороку затоплюються весняними водами, нерідко дощовими. На поверхні ґрунтів відкладається шар мулу, що підвищує їхню родючість. Це ґрунти прируслової чи центральної заплави. Рослинність: стоколос, тонконіг лучний, райграс пасовищний, очеретянка тростинна, костриця лучна і тимофіївка, конюшина, люцерна жовта. З малоцінних: щучка дерниста, біловус, осоки. Це найцінніші природні кормові угіддя. Рекомендують такі меліоративні заходи для підтримання і поліпшення продуктивності заплавних лук: регулювання водного режиму, підсівання трав, удобрення.

Болотисті заплавні луки поширені в притерасній частині заплави унаслідок регулярного затоплення і підтоплення, коли рівень залягання ґрунтових вод підіймається вище за 50 см. Переважають осокові культури, мало бобових. Для поліпшення цих угідь найперше понижують рівень ґрунтових вод, а також висівають бобово-злакові травосуміші.

**3. Болота** займають значні площі в заплавах Полісся, Прикарпаття, частково – в лісостепу. Переважають низинні болота, або торфовища. Є низинні (еутрофні), верхові (оліготрофні) та перехідні (мезотрофні) болота. На *болотах низинних* переважають осокові, злаково-осокові, гіпно-осокові, злакові фітоценози.

*Верхові болота* розміщені зазвичай на вододілах із піщаними ґрунтами, вкриті лісами. Ростуть журавлина, багно звичайне, карликова сосна, сфагновий мох. Торфові болотні ґрунти є холодними, погано проводять тепло. Потрібно забезпечити їхню мінералізацію сівбою корене-

плодів або овочевих культур, а потім висівати багаторічні трави.

**4. Степові луки** поширені на схилах ярів, балок, на понижених рівнинах, подах, солонцях, солончаках, пісках. Це низькопродуктивні угіддя, де ростуть стоколос безостий і прямий, типчак, ковила, житняк, полин, деревій, кохія сланка. У північній частині степу більш зволожені луки. Тут більше злакових трав: тимофіївка, тонконіг лучний, мітлиця звичайна. Продуктивність невисока – від 5–30 ц/га сіна.

**5. Гірські луки**. Лучна рослинність на полонинах (1 500 м над р.м.) розвивається добре, незважаючи на короткий вегетаційний період, можна зібрати два укоси. Нерівномірне випасання, надмірне навантаження тварин на ґрунти призвело до погіршення видового складу травостою і зниження продуктивності ґрунтів. На місці високоврожайних лук утворюються біловусникові, щучникові угіддя. Крім лук полонин, у Карпатах є лісові луки. Це поляни, розміщені на висоті 600–900 м. Вони сформувалися на ґрунтах алювіального походження, дають цінні корми, що складаються з бобових (конюшина лучна) та злакових – костриці лучної, тимофіївки, тонконога лучного, різнотрав'я.

На луках і пасовищах Кримських гір переважають злакові, різнотравно-злакові, різнотравні, бобово-злакові та бобові фітоценози. Проте найпоширенішими є різнотравно-злакові, серед яких трапляється костриця лучна, мітлиця біла, тонконіг вузьколистий, трясучка середня, перемінна; із різнотрав'я – таволга, герань, підмаренник звичайний. Урожайність лук – 16–20 ц/га сіна. Угіддя потребують поліпшення [84].

Угіддя кормового призначення, на відміну від орних земель, можна розглядати як екосистеми, продуктивність яких визначається зональними і регіональними особливостями їхнього розвитку. В Україні виділяють 19 типів екосистем кормового призначення з урахуванням типів природних кормових угідь, домінуючої рослинності, типів ґрунтів, геоморфологічних і кліматичних особливостей територій (див. табл.

7.1, 7.2). Встановлено, що продуктивність кожного типу екосистем (виражена через урожай сіна, ц/га) практично зональна і може залежати від погодних особливостей року.

Кормові угіддя найчастіше розташовані на заплавних землях, а саме, в межах долин великих і малих річок, на лучних терасах. Майже в усіх областях України поширені заплавні фітоценози, в тім числі у поєднанні з лісовими, чагарниковими, болотними ценозами, їхня середня продуктивність – 17 ц/га сіна.

Найвищою є продуктивність лучних фітоценозів заплавних ландшафтів у Закарпатському регіоні – 32 ц/га сіна та кормових агроценозів Полісся – 26 ц/га. Висока продуктивність субальпійських фітоценозів полонин Карпат на дерново-буроземних, торфо-лучних і гірсько-лучних щебенистих ґрунтах на елювії флішу – 19 ц/га та трав'янистих фітоценозів на алювіальних ґрунтах гірсько-заплавних ландшафтів – 17 ц/га.

Болотні екосистеми, луки на торфовищах Полісся і лісостепу, в тім числі кормові агроценози в складі сільськогосподарських земель на осушених болотах поширені в більшості областей України, продуктивність цих угідь – 11 ц/га.

*Таблиця 7.1*

**Типи екосистем кормового призначення України (за В.В. Медведєвим, Т.М. Лактіоновою, 1998)**

| Код | Характеристика |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 1 | Природні лучні фітоценози на дерново-підзолистих ґрунтах моренно-зандрових ландшафтів Полісся. |
| 2 | Кормові агроценози у складі сільськогосподарських земель на місці тих самих ландшафтів. |
| 3 | Природні лучно-степові ковилово-типчаково-різнотравні та різнотравні фітоценози на типових чорноземах та інших ґрунтах Східноєвропейських лісостепових ландшафтів з лесовими породами – зазвичай у заповідниках, заказниках та деяких господарствах поза сівозмінами. |
| 4 | Кормові агроценози у складі сільгоспземель на місці колишніх лучно-степових екосистем у межах посередніх ландшафтів. |
| 5 | Природні типово степові різнотравно-типчаково-ковилові фітоценози на чорноземних ґрунтах Східноєвропейських степових ландшафтів – заповідники, заказники та фрагменти поза сівозмінами в деяких господарствах. |

*Закінчення табл. 7.1*

| 1 | 2 |
|---|---|
| 6 | Кормові агроценози у складі сільгоспземель на місці цих самих, але розораних ландшафтів. |
| 7 | Кормові агроценози у складі сільгоспземель на кам'янистих землях Донецького кряжу та інших регіонів України, включаючи Кримське передгір'я. |
| 8 | Те саме на місці псамофітних степів. |
| 9 | Сухостепові (напівпустельні) полиново-типчаково-ковилові та полиново-злакові фітоценози на каштанових та темно-каштанових солонцюватих ґрунтах у комплексі з солонцями та солончаками лесових рівнин Причорномор'я і Приазов'я. |
| 10 | Заплавні фітоценози, у тім числі у поєднанні з лісовими, чагарниковими, болотними ценозами та сільгоспземлями з алювіальними ґрунтами центральної, прируслової, притерасної заплави, в тім числі кормові агроценози у складі сільгоспземель на меліорованих заплавних та інших землях. |
| 11 | Різнотравно-злакові фітоценози подових, западинних та блюдцеподібних ландшафтів із галогенними ґрунтами, а також кормові агроценози у складі сільгоспземель на їхньому місці. |
| 12 | Галофільні та лучно-галофільні кормові ценози на солончакових, солонцюватих та інших ґрунтах Присивашшя тощо. |
| 13 | Болотні екосистеми, місцями поєднані з лісами, чагарниками та луками на евтрофних та алкалітрофних торфовищах Полісся та лісостепу, в тім числі кормові агроценози у складі сільгоспземель на осушених болотах. |
| 14 | Псамофітно-терасові трав'янисті фітоценози та їхні комплекси з піщано-степовими та лісовими (дубовими, березовими, вільховими та сосновими) ценозами різних ландшафтних зон. |
| 15 | Лучні фітоценози заплавних ландшафтів Закарпатської низовини. |
| 16 | Субальпійські фітоценози Карпатських полонин з дерново-буроземними торфо-лучними та гірсько-лучними щебенистими ґрунтами на елювії палеогенового флішу. |
| 17 | Трав'янисті фітоценози на алювіальних ґрунтах гірсько-заплавних ландшафтів. |
| 18 | Лісові та чагарникові фітоценози кормового призначення різних ландшафтних зон (липові, березові, кленові, ясеневі, вербові, соснові тощо). |
| 19 | Заплавні екосистеми кормового призначення, загублені під час затоплення водами штучних водосховищ на рівнинних ріках (Дніпро, Сів. Донець, Оскол тощо) та під мілководдями. |



Продуктивність лісових і чагарникових фітоценозів кормового призначення різних зон –

8 ц/га. Найнижча продуктивність псамофітно-терасових трав'янистих фітоценозів та їхніх

*Таблиця 7.2*

**Продуктивність екосистем кормового призначення (за В.В. Медведєвим, Т.М. Лактіоновою, 1998)**

| Область | Типи екосистем*, урожай сіна, ц/га | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** |
| Волинська | 12 | 26 | – | 7 | – | – | – | – | – | 17 | – | – | 11 | 3 | – | – | – | 8 | – |
| Рівненська | 12 | 26 | – | 7 | – | – | – | – | – | 17 | – | – | 11 | 3 | – | – | – | – | – |
| Львівська | 12 | 26 | – | – | – | – | – | – | – | 17 | – | – | 11 | – | – | 19 | 17 | 8 | – |
| Житомирська | 12 | 26 | – | 7 | – | – | – | – | – | 17 | – | – | 11 | – | – | – | – | 8 | – |
| Київська | 12 | 26 | – | 7 | – | – | – | – | – | 17 | – | – | 11 | 3 | – | – | – | 8 | – |
| Сумська | 12 | 26 | – | 7 | – | – | – | – | – | 17 | – | – | 11 | 3 | – | – | – | 8 | – |
| Чернігівська | 12 | 26 | – | 7 | – | – | – | – | – | 17 | – | – | 11 | 3 | – | – | – | 8 | – |
| Закарпатська | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 32 | 19 | 17 | – | – |
| Івано-Франківська | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 32 | 19 | 17 | – | – |
| Чернівецька | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 17 | – | – | – | – | 32 | 19 | 17 | – | – |
| Вінницька | – | – | – | 7 | – | – | – | – | – | 17 | – | – | – | 3 | – | – | – | – | – |
| Тернопільська | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | 11 | – | – | – | – | – | – |
| Хмельницька | – | – | – | 7 | – | – | – | – | – | 17 | – | – | 11 | 3 | – | – | – | – | – |
| Черкаська | – | – | – | 7 | – | – | – | – | – | 17 | – | – | 11 | 3 | – | – | – | – | – |
| Кіровоградська | – | – | – | 7 | – | – | – | – | – | 17 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Полтавська | – | – | – | 7 | – | – | – | – | – | 17 | – | – | 11 | 3 | – | – | – | – | – |
| Харківська | – | – | – | 7 | – | – | – | – | – | 17 | – | – | 11 | 3 | – | – | – | – | – |
| Луганська | – | – | – | 7 | 5 | 13 | 3 | 4 | – | 17 | – | – | – | 3 | – | – | – | – | – |
| Донецька | – | – | – | 7 | 5 | 13 | 3 | 4 | 3 | 17 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Дніпропетровська | – | – | – | 7 | – | – | – | – | – | 17 | – | – | 11 | 3 | – | – | – | – | – |
| Запорізька | – | – | – | 7 | – | – | – | 4 | – | 17 | – | – | 11 | – | – | – | – | – | – |
| Одеська | – | – | – | 7 | – | – | – | 4 | – | 17 | – | – | 11 | – | – | – | – | – | – |
| Миколаївська | – | – | – | 7 | 5 | 13 | – | 4 | 3 | 17 | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Херсонська | – | – | – | 7 | 5 | 13 | – | – | 3 | 17 | – | – | – | 3 | – | – | – | – | – |
| Республіка Крим | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |

* *Примітка*: Дивитись таблицю 7.1.

комплексів з піщано-степовими та лісовими ценозами різних зон, а також сухостепових фітоценозів на каштанових ґрунтах у комплексі з солонцями і солончаками лесових рівнин Причорномор'я та Приазов'я – 3 ц/га (див. табл. 7.1, 7.2) [35].

Галина Іванюк

## *7.3. Способи оптимізації стану кормових угідь*

На продуктивність кормових угідь мають плив природні та антропогенні фактори. Зміни під впливом природних факторів є динамічними та сприяють збереженню кількісного і видового складу фітоценозу. У фітоценозі видовий склад може зберігатися довго – десятки років, особливо на природних угіддях екстенсивного і помірного використання. На культурному пасовищі травостій змінюється за 2–3 роки. Спочатку він бобово-злаковий, потім – злаково-бобовий, потім – злаковий. Якщо через 4–7 років не проводити перезалуження, з'являється різнотрав'я, агрофітоценоз поступово переходить у фітоценоз.

Вплив людини проявляється через випасання, скошування, удобрення, зрошення, випалювання сіножатей і пасовищ, непряму діяльність, що значно позначається на ботанічному складі й продуктивності травостоїв природних угідь.

Під впливом неорганізованого *випасання* із травостою випадають чутливі до витоптування верхові злаки зі слабкорозвинутими прикореневими листками – стоколос безостий і прямий, пирій безкореневищний і повзучий, райграс високий, китник лучний. Більш стійкі – костриця лучна, тимофіївка, грястиця збірна. З погіршенням травостою з'являється багато видів рослин, небажаних у травостої (жовтець, кульбаба, волошка, щучник).

На відміну від випасання, *скошування трав*, навпаки, зумовлює випадання із травостою малоцінного різнотрав'я (зонтичні, складноцвітні) і появу верхових злакових і бобових культур. Кількість бур'янів при цьому різко зменшується. Злакові трави менше реагують на частоту скошування, ніж бобові.

Більшість природних кормових угідь – це низькопродуктивні луки і пасовища, які часто перебувають у дуже незадовільному культуртехнічному стані. Є два способи поліпшення стану цих угідь: поверхневе і докорінне. ***Поверхневе поліпшення*** – це комплекс культуртехнічних,

агротехнічних, біологічних, організаційно-господарських, економічних заходів, спрямованих на поліпшення продуктивності і якості травостою. ***Докорінне поліпшення*** – комплекс заходів, спрямованих на створення нового, високопродуктивного бобово-злакового або злаково-бобового травостою замість малопродуктивного, малоцінного за видами. Воно потребує значно більше затрат, ніж поверхневе, проводиться на болотах, торфовищах, суходільних пасовищах, низинних сіножатях, зайнятих дрібнолісcям, чагарниками, малоцінними кущовими злаками.

Крім ботанічного складу велике значення має стан території природного угіддя. Якщо вона не менш як на 25–30% вкрита деревами і чагарниками або на 30–40% заболочена, то, незалежно від виду травостою, проводять докорінне поліпшення.

Поверхневе поліпшення доцільно проводити там, де в травостої збереглося не менше 25% цінних злакових і бобових трав. Комплекс заходів поверхневого поліпшення стану природних кормових угідь включає:

*Культуртехнічні роботи* – очищення території від каміння, чагарників, дрібнолісся, кротовин, скотобійних купин, від хмизу, сміття.

*Регулювання водного режиму*. Найсприятливіші умови для вегетації рослин створюються за 75–80% найменшої вологоємності ґрунту, заляганні вологи на глибині 70–90 см. За надмірного зволоження нарізують мережу неглибоких осушувальних каналів до 30 см завглибшки, у разі нестачі вологи проводять обводнення і зрошення. Снігозатримання (утворення снігових валів, установленням щитів, розкиданням сухих стебел соняшнику, кукурудзи, соломи) є ефективним заходом регулювання водного режиму.

*Удобрення лук*. Продуктивність удобрених лук утричі вища, ніж неудобрених. Фосфорні та фосфорно-калійні добрива сприяють збільшенню кількості бобових рослин і різнотрав'я у травостої, азотні збільшують кількість злакових, урожайність трав. Система живлення

може бути органо-мінеральна чи мінеральна. Вносять також мікродобрива, бактеріальні препарати. Велике значення має кошарування, яке дає змогу різко поліпшити живлення ґрунту за рахунок гною, який залишають вівці, ВРХ в кошарі. Стадо корів із 200 голів за пасовищний період залишає до 2,5–3,0 тис. кг нітрогену, 1,0–1,5 тис. кг фосфору, 3,5 тис. кг калію, 4,5–2 тис. кг кальцію, що за дією рівноцінно майже 600 т гною. Кислі ґрунти вапнують – в середньому 5–7 т/га вапняного борошна, післядія його триває 5–10 років, а в лужні ґрунти вносять гіпс – 3–9 ц/га.

*Боротьба з бур'янами* в лучних травостоях включає профілактичні (підкошування, очищення насінного матеріалу трав, випасання), механічні (підрізування, виривання, випалювання, підкошування) та хімічні заходи (внесення гербіцидів).

*Випалювання* по-різному впливає на трави: позитивно у випадку ранньовесняного застосування, оскільки знищують торішні сухі рештки трав, насіння бур'янів, шкідників, поліпшується температурний режим (темний фон), трави відростають, поліпшується життєдіяльність мікроорганізмів; цей захід неефективний у пізньовесняні або інші періоди.

*Регулювання повітряного режиму* проводять поверхневим і глибоким розпушуванням ґрунту (боронування, дискування, обробітку долотами).

*Підсівання трав,* особливо бобових, сприяє збільшенню продуктивності лук і пасовищ.

Крім поліпшення стану природних кормових угідь, можливе також створення культурних пасовищ. ***Культурні пасовища*** – це поліпшені природні або створені на орних землях пасовищні кормові угіддя, які дають змогу забезпечити високу продуктивність тварин. Це спеціальне, технічно оснащене та обладнане пасовищне угіддя, розраховане на певну систему експлуатації, включаючи інтенсивне удобрення,

зрошення, водопостачання, наявність необхідних допоміжних споруд [84].

***Контрольні запитання:***

1. Охарактеризуйте основні види лучних рослин.
2. Назвіть типи екосистем кормового призначення.
3. Яка продуктивність екосистем кормового призначення в Україні?
4. Назвіть способи поверхневого і докорінного підвищення продуктивності природних кормових угідь.

Галина
Іванюк

*Розділ 8*

# *ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ БІОПРОДУКТИВНОСТІ АГРОЦЕНОЗІВ*

Досягнення високої продуктивності сільськогосподарських земель можливе на основі впровадження інтенсивних технологій у землеробстві, причому до числа найважливіших його елементів крім механізації, хімізації, меліорації і створення високопродуктивних сортів рослин відносять окультурення ґрунту, від якого залежить не тільки ефективність, але і можливість використання вказаних елементів інтенсифікації.

Наведемо декілька способів підвищення продуктивності агроценозів:

1. Раціональне використання ґрунтів і агрокліматичних ресурсів шляхом поліпшення структури посівів і підбору найпродуктивніших культур.

Потенціал продуктивності польових культур можна збільшити унаслідок *підвищення інтенсивності і коефіцієнта корисної дії фотосинтезу*. Так, підвищення продуктивності фотосинтезу у зернових помірної зони до рівня найпродуктивніших тропічних і субтропічних культур дасть можливість підвищити врожайність зернових до 150–200 ц/га. Високу інтенсивність фотосинтезу мають сорти злаків з листками, що відходять від стебла під гострим кутом; півбезлисті і безлисті сорти гороху, гібриди кукурудзи і буряка цукрового з вищою хвилястістю поверхні листків.

2. Забезпечення позитивного балансу гумусу за рахунок внесення органічних добрив (в тім числі зелених), рослинних решток і посівів проміжних культур із заорюванням їхньої зеленої маси в ґрунт.

3. Проведення меліоративних заходів (боротьба з водною ерозією, дефляцією, зрошення, осушення, вапнування кислих, гіпсування лужних ґрунтів).

4. Відшкодування втрат ґрунтами хімічних елементів. Ж.Б. Буссенго і П.П. Дегерен сформу-

лювали *закон повернення елементів, винесених із ґрунту урожаєм.* Він формулюється так: щоб запобігти виснаженню ґрунту, потрібно повертати йому всі елементи живлення, які з нього винесені урожаєм.

Додають ще два доповнення до закону: потрібно враховувати і втрати елементів унаслідок вимивання, зокрема, порівняно невеликими є втрати калію і фосфору, значними – кальцію і досить великими – нітрогену.

Ще один закон, який треба брати до уваги – *закон повернення „зниклих" доступних елементів.* Сьогодні цей закон потребує уточнень, оскільки регулярне удобрення певною мірою порушує природну рівновагу ґрунтових елементів живлення, а отже, і спричинює пов'язане з цим „зникнення" деяких їхніх доступних форм. Тобто, для підтримання родючості потрібно вносити не тільки ті елементи, які виносяться з врожаєм, чи вимиваються, але і засвоювані елементи, які „зникають" унаслідок внесення добрив. *Закон*: щоб запобігти виснаженню ґрунту, потрібно повертати до його складу доступні елементи, які зникли унаслідок застосування 4 основних елементів. Мова йде саме про вміст доступних форм, а не про загальну кількість мінеральних речовин у ґрунті. Прикладом вилучення елемента внаслідок внесення певного елемента живлення є зникнення магнію через вимивання з опадами після того, як були внесені калійні добрива. Під час внесення амонійної форми добрива, іони амонію, які містяться у ґрунті, поглинаються продуктами обміну коренів, тобто відбувається витіснення іонів амонію іонами гідрогену, які, вивільняючись, виявляють антагонізм відносно іонів магнію і спричинюють їхнє вимивання водою.

5. Боротьба зі шкідниками і хворобами.

6. Дотримання законів агрохімії, землеробства.

Лихочвор В.В. [48] називає перспективи рослинництва, які дадуть можливість збільшити продуктивність рослин:

*А). Використання нових видів рослин.* Природа дуже багата за своїм видовим складом.

Існує понад 350 000 видів рослин, з них тільки 20 000 видів вирощується у культурі. Проте важливе значення мають лише 640, з яких 90 видів відноситься до польових культур. Причому основна частка припадає на 15 видів, з яких половину складають зернові культури. Пшениця, рис, кукурудза, ячмінь, сорго, просо, овес, жито займають 70% усієї посівної площі. Тому необхідно впроваджувати у виробництво нові високоврожайні культури. Зокрема в Україні заслуговують на значне розширення посівних площ такі культури як тритикале, топінамбур, амарант, стевія. Рекомендовано до впровадження низку дикорослих кормових культур. Вводять в культуру десятки ефіроолійних культур, лікарських трав.

*Б) Впровадження нових сортів.* За останні 25–30 років урожайність зернових культур у світі зросла у два рази. Третину приросту врожаю одержано завдяки впровадженню нових сортів. Крім високої продуктивності нові сорти характеризуються стійкістю проти шкідників і хвороб, високою адаптивністю. На основі генної інженерії створені і висівають в США, Франції, Німеччині гібриди пшениці, в Китаї, Японії – рису, у Німеччині – жита. За рахунок гібридів приріст урожаю становить 15–20%.

*В) Біологічна фіксація нітрогену небобовими культурами* може стати великим досягненням науки. За останні 20 років досягнуто вагомих результатів у вивченні азотфіксації у ризосфері небобових рослин, яка отримала назву „асоціативної азотфіксації". Виявлено азотфіксуючі мікроорганізми з 12 сімейств, які можуть співіснувати з кореневою системою рису, кукурудзи, пшениці, сорго тощо. Мікроорганізми живляться вуглеводами кореневої системи і постачають рослинам нітроген. Асоціативна азотфіксація має велике екологічне значення, оскільки подібно на думку вчених, відбувається природне поповнення фонду доступного нітрогену в більшості екосистем. Проте поки-що бактерії забезпечують невелику кількість нітрогену для небобових: у районах теплого клімату за рахунок

діяльності асоціативних азотфіксаторів забезпечується 17–40% потреби нітрогену, у зоні помірного клімату – 10–20%.

У найближчій перспективі проблема практичного використання асоціативної азотфіксації полягає у виготовленні інокулянтів на основі специфічних мікроорганізмів, що дасть змогу підвищити частку біологічного нітрогену, який фіксується у посівах небобових культур. Це дасть можливість на 25% і більше скоротити внесення мінерального нітрогену.

Асоціативні азотфіксатори, крім основної своєї функції – засвоювати нітроген атмосфери, можуть продукувати фізіологічно активні речовини – ауксини, гіберелін, цитокініноподібні сполуки (вони сприяють збільшенню маси коренів, посиленню їхньої поглинаючої активності), впливати на репродуктивні органи, пригнічувати діяльність фітопатогенних мікроорганізмів на кореневій системі.

*Г) Якість насіння* теж важлива для досягнення високої продуктивності рослин. Інкрустація насіння дає змогу створювати навколо насіння плівку, яка б містила фунгіциди, інсектициди, регулятори росту, мікроелементи, вологоутримуючі матеріали, речовини, що утримують оксиген. Витрати пестицидів при цьому мінімальні, що забезпечує високий екологічний та економічний ефект.

7. Охорона навколишнього середовища від можливого негативного впливу засобів хімізації та інших антропогенних факторів.

Дотримання перелічних заходів дасть змогу збільшити біопродуктивність ґрунтів, не завдаючи шкоди довкіллю.

## *8.1. Біопродуктивність агроценозів унаслідок зміни клімату*

Серед численних екологічних та соціально-економічних проблем людства на межі XX–XXI століть є і проблема глобального потепління клімату.

На сьогодні не існує єдиного погляду на причини глобального потепління. Більшість фахівців-

кліматологів та наукових установ вважають, що основною причиною глобального потепління стали значні викиди в атмосферу промислових і природних газів, зокрема діоксиду карбону ($CO_2$), метану ($CH_4$), закису нітрогену ($N_2O$), тропосферного озону ($O_3$), хлорфторвуглеводнів, що майже прозорі для короткохвильової сонячної радіації, але здатні затримувати частку теплового випромінювання планети, що і спричинило формування так званого парникового ефекту.

За численними гідрометеорологічними ознаками і показниками вітчизняні фахівці-кліматологи приходять до висновку, що в Україні за останні 10–25 років клімат дещо змінився. Зими стали менш холодними і малосніжними, а літо прохолоднішим. Інколи мають місце різкі перепади температури повітря – до 10–12°С за добу. У такі періоди здебільшого виникають збурення атмосфери та стихійні явища погоди, зливи, грози, град, сильний вітер, ураган тощо.

Фахівці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту М. Барабаш, Н. Гребенюк, О. Татарчук, які здійснили оцінку змін температури повітря та атмосферних опадів за період 1900–1995 рр. за даними 26 метеорологічних станцій України, дійшли висновку про наявність на території України у XX ст. загальної тенденції до підвищення температури повітря та збільшення кількості атмосферних опадів. За їхньою оцінкою річна температура збільшилася на 0,3–0,7°С, а опади – на 50–100 мм. Суттєво (у 1,5 раза) збільшилась і частота значних аномалій обох показників. Зросла також внутрішньосезонна їхня мінливість. Стали спостерігати різкі перепади температури взимку та навесні від аномально високих до низьких. У найближчому майбутньому прогнозують аномально холодні зими з різкими перепадами температур та відсутністю снігового покриву. Можуть бути і посухи.

При цьому зміни клімату мають свої особливості у різні пори року. Найбільші зміни відбулися взимку та навесні. Порівняно з початком XX століття температури повітря взимку і на-

весні підвищились на 1,0–1,7°С, а влітку і восени – суттєво не змінилися.

Професор Д.О. Мельничук (2004) [57] наводить результати можливого впливу потепління на сільське господарство. Він вважає, що потепління клімату в узагальненому вигляді (через збільшення $CO_2$) позитивно вплине на продуктивність рослинництва. У разі подвоєння вмісту діоксиду карбону прискорення процесу фотосинтезу рослин, залежно від тепло- і волого забезпечення, може скласти 30–100%. При цьому різні типи рослин реагуватимуть по-різному на збільшення вмісту $CO_2$. Рослини групи С-3 (пшениця, ячмінь, соняшник, рис, соя) будуть швидше рости і дозрівати, їхня врожайність може зрости на 20–30%. Урожайність кукурудзи, сорго, буряків цукрових, проса та інших рослин групи С-4, що є менш чутливими до вмісту $CO_2$, навпаки може суттєво знизитись, насамперед через інтенсивний ріст бур'янів. Тому, що більшість бур'янів характерних для посівів групи С-3, є рослинами групи С-4, треба очікувати поліпшення фітосанітарного стану посівів пшениці, ячменю, соняшника, рису і сої.

Підвищення вмісту діоксиду карбону при позитивному впливові на врожайність сільськогосподарських культур спричинить погіршення якості зерна, а саме, зниження вмісту азотистих речовин, кількості білка і, як наслідок, зниження поживності продуктів. При цьому рослини стануть менш поживними і для сільськогосподарських шкідників. Підвищення температури призведе також до скорочення міжфазних періодів та вегетаційного циклу і, відповідно, більш ранніх строків дозрівання і збирання культур.

Відомо, що продуктивність пізньостиглих культур вища, ніж ранньостиглих, тому скорочення тривалості періоду вегетацій може спричинити зниження врожайності зернових культур. З іншого боку, збільшення вмісту $CO_2$ зумовить зростання вегетативної маси, тому врожайність трав і коренеплідних культур, особливо буряків цукрових та картоплі, має зрости.

Більш конкретно вплив змін клімату на розвиток рослин розробив М.І. Кульбіда на прикладі основної зернової культури – пшениці озимої. Для цієї культури на всій території України дати настання фенологічних фаз порівняно із сучасними змістяться на більш ранні строки. При цьому зміщення дат появи сходів не буде перевищувати тижня – від 3 днів в лісостепу до 7 днів у Поліссі.

Значно змістяться (на 3–6 тижнів раніше, порівняно із сучасними умовами) дати настання фенологічних фаз розвитку пшениці у весняний період, причому максимальне зміщення на більш ранній строк очікується на Поліссі, а найменше в степу. Зміниться і тривалість міжфазних періодів. Так, тривалість міжфазного періоду сходи-колосіння скоротиться на всій території України на 1 (степ) і на 3 (Полісся) тижні.

У всіх природнокліматичних зонах України передбачається збільшення врожаю пшениці озимої: на 10% у лісостепу, 20–30 – степу і від 20–40 до 2–2,5 разів (у сприятливі роки) на Поліссі.

Загалом прогнозують, що зміни клімату сприятимуть збільшенню виробництва зерна пшениці озимої на 3,8–6,1 млн т. При цьому зона гарантованого його виробництва може зміститися у вищі широти. У цьому випадку її частка у структурі зернових може значно зменшитись. Відповідно, складаються сприятливі умови для збільшення посівів ячменю, вівса, кукурудзи, зернобобових, а також для суттєвого збільшення обсягів вирощування фуражного зерна, розширення посівів багаторічних трав. На жаль, крім пшениці, прогнози з впливу зміни клімату на умови вирощування інших сільськогосподарських культур в Україні не виконували.

Наведені вище дані щодо можливого впливу змін клімату на умови ведення сільськогосподарського виробництва в Україні спричинять небхідність суттєвих змін в його веденні. При цьому є очевидною потреба якнайшвидшої розробки та реалізації низки заходів, спрямованих на зменшення негативного впливу змін клімату

та адаптацію до них сільськогосподарського виробництва.

Вклад аграрного сектора у формування парникових газів відносно незначний – у структурі викидів $CO_2$ за рахунок спалювання палива частка сільського і лісового господарств становить лише 3,53%. Дещо вища роль аграрного сектора у формуванні викидів метану ($CH_4$) та закису нітрогену ($N_2O$). Викиди першого газу формуються від кишкової ферментації травоїдних тварин та птахів та від анаеробного розкладу органічної речовини на затоплюваних рисових полях, а викиди $N_2O$ – від внесення азотних добрив.

Зниженню впливу парникових газів у галузях аграрного сектора сприятиме виконання досліджень з обґрунтування:

структури технологічних засобів виконання робіт та оптимізації рівня їхньої енергонасиченості, раціонального агрегування машин, вдосконалення технологій сушіння і зберігання зерна;

раціональнішого використання азотних добрив шляхом зменшення норм внесення на основі їхньої диференціації та повнішого використання органічних решток і нітрогену повітря;

застосування засобів зниження витрат паливно-мастильних матеріалів на транспортних роботах, переведення автомобілів з бензинових двигунів на дизельні та газобалонні;

використання енергії вітру, води, Сонця, альтернативних моторних палив з біомаси та ін.

поліпшення генетичного потенціалу поголів'я і структури стада, перегляд умов його утримання і способів зберігання гною.

Щодо адаптивних заходів, то для їхньої розробки необхідно виконати комплекс досліджень за такими основними напрямами:

розроблення систем землеробства з підвищеними ґрунтозахисними та вологозберігаючими функціями, орієнтованими на застосування контурно-меліоративної організації терито-

рій, використання ресурсоощадливих технологій і механізмів;

виведення нових сортів сільськогосподарських культур, з коротким вегетаційним періодом, стійких до хвороб та шкідників, а також до посухи, коливань погодних та інших умов вирощування;

дослідження впливу діоксиду карбону на продуктивність сільськогосподарських культур;

розроблення наукових засад визначення спеціалізованих зон для вирощування окремих, найбільш продуктивних і високоякісних культур;

удосконалення методів коротко- та середньострокового прогнозування погоди, як основи вибору варіантів технологій вирощування сільськогосподарських культур;

дослідження процесів ґрунтотворення, розроблення заходів зі збереження родючості ґрунтів, захисту їх від процесів водної та вітрової ерозій, засолення, осолонцювання, підтоплення та інших деградаційних процесів;

розроблення інтегрованих систем захисту рослин від шкідників, бур'янів, заморозків, суховіїв тощо;

розроблення нових енерго-, водо- та ресурсозберігаючих способів комплексної меліорації земель, нових технічних засобів поливу, водорегулювання, внесення добрив та хіммеліорантів, режимів зрошення та удобрення сільськогосподарських культур відповідно до прогнозованих змін клімату [57].

***Контрольні запитання:***

1. Назвіть основні шляхи підвищення біопродуктивності агроценозів.
2. Які є способи повернення поживних елементів у ґрунт?
3. Якими можуть бути наслідки глобального потепління для сільського господарства?

# ПРАКТИКУМ З БІОПРОДУКТИВНОСТІ ҐРУНТІВ

## Частина II

*Практична робота № 1*

*Практична робота № 2*

*Практична робота № 3*

*Практична робота № 4*

*Практична робота № 5*

*Практична робота № 6*

*Семінарське заняття № 1*

*Семінарське заняття № 2*

*Практична робота № 1*

## ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ ПРИРОДНИХ ФІТОЦЕНОЗІВ ЗЕМЛІ

***Завдання 1***. Використовуючи дані з додатку Б, заповніть табл. 1. Нарисуйте графік розподілу фітомаси (*по осі ординат*) і первинної продукції (*по осі ординат*) у різних термічних поясах і біокліматичних областях Землі (*по осі абсцис*). Зробіть висновки, у якому термічному поясі найбільша величина фітомаси, в якому – найвищий річний приріст фітомаси. Поясніть отримані результати.

*Таблиця 1*

**Фітомаса та первинна продукція суші Землі**

| Термічні пояси і біокліматичні області Землі | Фітомаса, т/га | Первинна продукція, т/га в рік |
|---|---|---|
| | | |
| | | |

***Завдання 2.*** Обчисліть величини інтенсивності розкладення органіки у різних типах рослинності. Визначте до якої категорії за інтенсивністю розкладення відносяться наведені у табл. 2 типи рослинності (застійні, сильно загальмовані, загальмовані, інтенсивні, досить інтенсивні).

*Таблиця 2*

**Біологічна продуктивність основних типів рослинності, т/га (за Л.Є Родіним, Н.І Базилевич, 1965)**

| Тип рослинності | Біомаса (фітомаса) | | Приріст | Опад | Лісова підстилка (повсть) |
|---|---|---|---|---|---|
| | загальна | корені | | | |
| Арктична тундра | 5 | 3,5 | 1,0 | 1,0 | 3,5 |
| Чагарникова тундра | 28 | 23,2 | 2,5 | 2,4 | 83,5 |
| Ялинник північної тайги | 100 | 22,0 | 4,5 | 3,5 | 30,0 |
| Ялинник південної тайги | 330 | 72,6 | 8,5 | 5,5 | 35,0 |
| Діброва | 400 | 96,0 | 9,0 | 6,5 | 15,0 |
| Степи лучні | 25 | 17,0 | 13,7 | 13,7 | 12,0 |
| Степи сухі | 10 | 8,5 | 4,2 | 4,2 | 1,5 |
| Пустелі напівчагарникові | 4,3 | 3,7 | 1,2 | 1,2 | – |
| Субтропічні листяні ліси | 410 | 82,0 | 24,5 | 21,0 | 10,0 |
| Савани | 67 | 4,0 | 12,0 | 11,4 | 1,3 |
| Вологі тропічні ліси | >500 | 90,0 | 32,5 | 25,0 | 2,0 |

*Інтенсивність розкладення* органічної речовини характеризується відношенням величини підстилки до опаду зеленої частини. Мінімальна інтенсивність розкладення органічної речовини характерна чагарниковим тундрам, максимальна – вологим тропічним лісам.

***Завдання 3.*** Використовуючи дані таблиць 2–4, складіть формули біологічного кругообігу речовин для кожного типу рослинності. Зробіть висновки про продуктивність цих рослинних угруповань.

Показники біологічної продуктивності досить широко варіюють залежно від приурочення рослинних угруповань до широтних зон, їхнього видового складу і структури (ліси, луки, степи і т.д.) Щоб охопити все це різноманіття, Н.І. Базилевич і Л.Є. Родін (1964) запропонували 10-бальну шкалу, кожен бал якої має певну числову характеристику за всіма показниками (див. табл. 3).

*Таблиця 3*

**Десятибальна шкала числових показників біологічного кругообігу в рослинних угрупованнях**

| *Бал* | *Показники продуктивності, т/га* | | | *Продуктивність угруповань* | *Інтенсивність розкладення органіки* ***(Ін)*** | | *Середня зольність опаду, %* ***(З)*** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Біомаса* ***(Б)*** | *Приріст* ***(П)*** | *Опад* ***(О)*** | | | | | |
| 1 | <2,5 | <1,0 | <1,0 | Дуже малопродуктивні | >50 | Застійні | <1,5 | Низькозольні |
| 2 | 2,6–5,0 | 1,1–2,5 | 1,1–2,5 | | 21–50 | | 1,6–2,0 | |
| 3 | 5,1–12,5 | 2,6–4,0 | 2,6–3,5 | Малопродуктивні | 16–20 | Сильно загальмовані | 2,1–2,5 | |
| 4 | 12,6–25,0 | 4,1–6,0 | 3,6–4,5 | | 11–15 | | 2,6–3,5 | Середньозольні |
| 5 | 25,1–50,0 | 6,1–8,0 | 4,6–7,5 | Середньопродуктивні | 6–10 | | 3,6–5,0 | |
| 6 | 50,1–150,0 | 8,1–10,0 | 7,6–10,0 | | 1,6–5 | Загальмовані | 5,1–6,5 | Підвищенозольні |
| 7 | 150,1–300,0 | 10,1–15,0 | 10,1-12,5 | | 0,8–1,5 | Інтенсивні | 6,6–8,0 | |
| 8 | 300,1–400,0 | 15,1–30,0 | 12,6–22,5 | Високопродуктивні | 0,3–0,7 | | 8,1–9,5 | Високозольні |
| 9 | 400,1–500,0 | 30,1–50,0 | 22,6–40,0 | | 0,1–0,2 | Досить інтенсивні | 9,6–12,0 | |
| 10 | >500,0 | >50,0 | >40,0 | Дуже високопродуктивні | <0,1 | | >12,0 | Дуже високозольні |

Найменші величини відповідають 1 балу шкали, найбільші – 10. Наприклад, для оцінки накопичення біомаси 1 балу відповідає величина менша 2,5 т/га, а 10 – більше 500 т/га. Під час оцінювання річної продукції рослинних

угруповань балу 1 відповідає величина річного приросту менше 1 т/га (дуже малопродуктивні), а 10 – понад 50 т/га (дуже високопродуктивні).

На основі цієї шкали для будь-якого типу рослинності можна дати коротку формулу з кількісними показниками біологічного кругообігу речовин. Наприклад, біологічний кругообіг у дібровах може бути охарактеризований такою формулою: $Б_8П_6О_5Ін_6З_4$, а в напівчагарникових пустелях – $Б_2П_2О_2Ін_{10}З_4$.

Зольність опаду різних рослинних формацій наведена у табл. 4.

*Таблиця 4*

**Вміст зольних елементів у різних типах рослинності (за Л.Є. Родіним, Н.І. Базилевич, 1965)**

| Тип рослинності | Середня зольність опаду, % |
|---|---|
| Арктична тундра | 1,7 |
| Чагарникова тундра | 2,3 |
| Ялинник північної тайги | 1,4 |
| Ялинник південної тайги | 1,6 |
| Діброва | 3,3 |
| Степи лучні | 3,8 |
| Степи сухі | 2,8 |
| Пустелі напівчагарникові | 3,4 |
| Субтропічні листяні ліси | 2,7 |
| Савани | 3,3 |
| Вологі тропічні ліси | 4,6 |

***Контрольні запитання:***

1. Якими величинами оцінюють продуктивність природних фітоценозів?
2. Які фактори впливають на продуктивність природних фітоценозів?
3. Що таке фітомаса і первинна продукція фітомаси?
4. У яких ґрунтово-рослинних формаціях відзначений найвищий приріст фітомаси, а в яких – найвищі її запаси?
5. Як визначити інтенсивність розкладення органічної речовини? У яких рослинних формаціях цей показник буде найвищим, у яких – найнижчим?

*Практична робота № 2*

## *РОЗРАХУНОК БАЛАНСУ ГУМУСУ ДЛЯ СІВОЗМІНИ*

Гумус ґрунту позитивно впливає на фізичні, фізико-хімічні властивості ґрунту. За висловленням О.М. Ликова, гумус є „сторожем" родючості ґрунту.

Вміст гумусу в ґрунтах України зумовлений зональністю ґрунтотворення. Його кількість поступово зростає від дерново-підзолистих ґрунтів до чорноземів типових і звичайних, зменшується у чорноземах південних і каштанових ґрунтах. У межах зональних таксономічних одиниць вміст і запаси гумусу залежать від гранулометричного складу ґрунту. Важкі ґрунти більше збагачені гумусом, ніж легкі.

Фактичний вміст і запаси гумусу в орному шарі основних типів ґрунтів характеризуються значними коливаннями (див. табл. 5). Унаслідок сільськогосподарського використання ґрунтів порушується природне гумусоутворення, змінюється кількість і якість рослинних решток, що впливає на процеси гуміфікації і, у більшості випадків, призводить до зниження вмісту гумусу в ґрунті. Втрати гумусу спостерігають в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Згідно з літературними даними, на неудобрюваних ґрунтах за існуючої структури посівних площ щорічні втрати гумусу становлять: на Поліссі – 0,7–0,8, у лісостепу – 0,6–0,7, степу – 0,5–0,6 і загалом по Україні – 0,6–0,7 т/га.

*Таблиця 5*

**Вміст і запаси гумусу в орному шарі ґрунтів України**

| Ґрунти | Потужність шару, см | Вміст гумусу, % | Запаси гумусу, т/га |
|---|---|---|---|
| Дерново-підзолисті | 0–20 | 0,7–2,0 | 21–56 |
| Ясно-сірі лісові | 0–20 | 1,0–2,5 | 28–65 |
| Сірі лісові | 0–25 | 1,2–3,0 | 42–98 |
| Темно-сірі опідзолені | 0–30 | 2,5–3,6 | 84–140 |
| Чорноземи опідзолені | 0–30 | 2,0–4,9 | 84–191 |
| Чорноземи типові і звичайні | 0–30 | 4,0–6,0 | 144–216 |
| Чорноземи південні | 0–30 | 2,5–3,5 | 97–126 |
| Темно-каштанові | 0–30 | 1,5–2,7 | 59–105 |

Підвищення вмісту гумусу – першочергове завдання для ґрунтів, що мають дуже низьку і низьку гумусованість (дерново-підзолисті, сірі лісові, еродовані). На ґрунтах із великими запасами гумусу (чорноземи типові та звичайні) важливо досягти його стабілізації, передбачивши відповідний рівень повернення органічної речовини у ґрунт.

Зменшення втрат гумусу в ґрунтах України можна досягти шляхом застосування органічних добрив, використання залишків побічної продукції рослинництва, мінімізацією обробітку ґрунту, збільшенням площі багаторічних трав, оптимізацією співвідношення у сівозмінах просапних культур і культур суцільного посіву, застосуванням хімічних меліорантів тощо.

Органічні добрива можуть бути розділені на дві групи: 1 – гній тварин, 2 – зелені добрива або рослинні рештки.

Врахування мінералізації і гуміфікації дає змогу успішно керувати органічною речовиною ґрунту і, відповідно, утримувати ґрунт в оптимальних умовах.

***Розрахунок балансу гумусу*** [83. – С. 305–310]. Для контролювання змін вмісту гумусу і запобігання його зниженню до рівня погіршення властивостей ґрунтів необхідно оволодіти методикою прогнозу процесів трансформації органічної речовини ґрунту. Для оперативного вирішення цього завдання використовують розрахункові методи визначення балансу гумусу в ґрунті.

Баланс гумусу математично є різницею між статтями його надходження і витратами за однаковий проміжок часу. Розрізняють такі *типи балансу гумусу* в ґрунті:

*бездефіцитний* – коли втрати гумусу поповнюються його новоутворенням;

*позитивний* – новоутворення гумусу перевищують його втрати на мінералізацію;

*дефіцитний* – втрати гумусу перевищують його новоутворення.

Визначаючи величини середнього балансу гумусу в ґрунті, можна використати формулу Г.Я. Чесняка:

$$Бс = \frac{\sum П_1 + \sum П_2}{tp} - \frac{\sum p}{tp},$$

де *Бс* – середньорічний баланс гумусу в ґрунті на 1 га за ротацію сівозміни, т/га; $\sum П_1$ – сума новоутвореного гумусу під культурами за ротацію сівозміни за рахунок рослинних решток, т/га; $\sum П_2$ – збільшення вмісту гумусу в ґрунті за ротацію сівозміни за рахунок органічних добрив, т/га; $\sum p$ – сумарна кількість гумусу, який мінералізується під культурами за ротацію сівозміни, т/га; *tp* – тривалість ротації, років.

***Прибуткова частина гумусового балансу*** включає облік новоутворення гумусу з поживно-кореневих решток рослин і органічних добрив, враховуючи коефіцієнти гуміфікації.

*Кількість рослинних решток* визначають за фактичним (або плановим) урожаєм продукції культур сівозміни. З табл. 6 беруть коефіцієнт виходу поживних і кореневих решток для конкретних культур і множать на рівень урожаю основної продукції.

*Таблиця 6*

**Коефіцієнти виходу пожнивних і кореневих решток від урожаю основної продукції**

| Культура | Ґрунтово-кліматична зона | | |
|---|---|---|---|
| | Полісся | Лісостеп | Степ |
| Озимі зернові | 1,50 | 1,10 | 1,30 |
| Ячмінь | 1,10 | 0,90 | 1,00 |
| Овес | 1,30 | 1,10 | 1,00 |
| Просо | 1,10 | 1,00 | 1,00 |
| Кукурудза на зерно | 1,30 | 0,80 | 1,42 |
| Кукурудза на силос | 0,18 | 0,16 | 0,21 |
| Горох | 0,90 | 0,80 | 0,85 |
| Буряки цукрові | 0,08 | 0,04 | 0,03 |
| Картопля | 0,14 | 0,06 | 0,05 |
| Льон | 3,20 | – | – |
| Однорічні трави на сіно | 1,00 | 0,80 | 0,90 |
| Однорічні та багаторічні трави на зелений корм | 0,31 | 0,20 | 0,25 |

*Практична робота № 2*

Наприклад, урожайність пшениці озимої у зоні Полісся складає 40 ц/га, коефіцієнт виходу рослинних решток 1,50. Кількість пожнивних і кореневих решток буде дорівнювати: 40 · 1,50 = = 60 ц/га = 6 т/га.

Розрахунок *кількості новоутвореного гумусу із рослинних решток* проводять шляхом множення кількості рослинних решток в т/га на коефіцієнт гуміфікації решток (див. табл. 7).

*Новоутворений за рахунок органічних добрив гумус* під культурами визначають множенням кількості органічних добрив, внесених під культури сівозміни на коефіцієнт гуміфікації органічних добрив (див. табл. 7).

*Таблиця 7*

**Коефіцієнти гуміфікації рослинних решток і органічних добрив в орному шарі ґрунту**

| Культура | Ґрунтово-кліматична зона | | |
|---|---|---|---|
| | Полісся | Лісостеп | Степ |
| Озимі на зелений корм | 0,15 | 0,14 | 0,13 |
| Озимі зернові | 0,23 | 0,25 | 0,20 |
| Горох, вика, соя | 0,24 | 0,23 | 0,25 |
| Кукурудза на зерно | 0,22 | 0,20 | 0,20 |
| Ячмінь, овес, просо, сорго, гречка | 0,23 | 0,22 | 0,22 |
| Однорічні трави, вико-овес | 0,24 | 0,25 | 0,22 |
| Люцерна, конюшина, еспарцет | 0,23 | 0,25 | 0,25 |
| Кукурудза на силос | 0,14 | 0,15 | 0,15 |
| Буряки цукрові й кормові | 0,08 | 0,10 | 0,10 |
| Картопля, овочі, баштанні | 0,13 | 0,08 | 0,10 |
| Льон | 0,25 | – | – |
| Соняшник | – | – | 0,14 |
| Солома на добриво | 0,20 | 0,22 | 0,25 |
| Гній підстилковий | 0,042 | 0,054 | 0,059 |

Наступним етапом розрахунку є облік ***витратної частини гумусового балансу***, який включає мінералізацію органічної речовини ґрунту в умовах прийнятої технології виробництва.

*Кількість гумусу, що мінералізується*, визначають для кожної культури сівозміни, використовуючи показники середньорічної мінералізації (див. табл. 8).

*Таблиця 8*

**Середньорічна мінералізація гумусу під сільськогосподарськими культурами, т/га**

| Культура | Ґрунтово-кліматична зона | | |
|---|---|---|---|
| | Полісся | Лісостеп | Степ |
| Чорний пар | - | 1,50 | 2,00 |
| Озимі на зелений корм | 1,14 | 1,00 | 1,24 |
| Озимі на зерно | 0,90 | 0,70 | 1,35 |
| Буряки цукрові | 1,70 | 1,50 | 1,59 |
| Кукурудза на зерно | 1,40 | 1,10 | 1,56 |
| Кукурудза на силос | 1,30 | 1,25 | 1,47 |
| Ячмінь | 1,05 | 0,70 | 1,23 |
| Овес | 1,27 | 0,87 | 1,20 |
| Просо | 1,00 | 0,72 | 1,10 |
| Гречка | 1,12 | 1,06 | 1,10 |
| Пшениця яра | – | – | 1,10 |
| Овочі | 1,34 | 1,20 | 1,60 |
| Льон | 0,90 | – | – |
| Картопля | 1,50 | 1,20 | 1,61 |
| Соняшник | – | 1,00 | 1,39 |
| Однорічні трави | 0,80 | 0,80 | 1,10 |
| Багаторічні трави | 0,55 | 0,30 | 0,60 |

Розміри мінералізації коригують поправкою на гранулометричний склад ґрунту у співвідношенні з коефіцієнтами (див. табл. 9).

Отже, *кількість гумусу, який мінералізується* під культурами, визначатиме добуток середньорічної мінералізації під культурою і коефіцієнтів мінералізації.

*Практична робота № 2*

*Таблиця 9*

**Коефіцієнти мінералізації гумусу залежно від гранулометричного складу ґрунту**

| Група ґрунтів за гранулометричним складом | Коефіцієнт мінералізації |
|---|---|
| Піщані | 1,8 |
| Супіщані | 1,4 |
| Легкосуглинкові | 1,2 |
| Середньосуглинкові | 1,0 |
| Важкосуглинкові та глинисті | 0,8 |

Розрахунок *балансу гумусу* в ґрунті за полями сівозміни та на 1 га сівозмінної площі проводять за формулою середньорічного балансу гумусу.

***Завдання 1.*** Розрахувати баланс гумусу для заданої сівозміни. Визначити тип балансу гумусу в ґрунті та зробити висновки. *(Кожному студентові пропонують одну сівозміну із таблиці 10).* Результати обчислення записують у табл. 11.

*Таблиця 10*

**Індивідуальні завдання**

| Завдання | Сівозміна | Урожайність, ц/га | Органічні добрива (гній), т/га |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| **1** | **Лісостеп, сірий лісовий легкосуглинковий ґрунт** | | |
| | Пшениця озима | 50 | |
| | Буряк цукровий | 420 | 60 |
| | Ячмінь ярий | 44 | |
| | Конюшина | 530 | |
| **2** | **Полісся, дерново-підзолистий супіщаний ґрунт** | | |
| | Люцерна | 610 | |
| | Пшениця озима | 53 | |
| | Картопля | 330 | 50 |
| | Ячмінь ярий | 48 | |
| **3** | **Степ, чорнозем звичайний важкосуглинковий** | | |
| | Багаторічні бобові | 410 | |

*Продовження табл. 10*

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| | Пшениця яра | 60 | |
| | Кукурудза на зерно | 70 | 40 |
| | Однорічні трави | 270 | |
| **4** | **Лісостеп, темно-сірий опідзолений важкосуглинковий ґрунт** | | |
| | Конюшина | 470 | |
| | Пшениця озима | 47 | |
| | Буряк цукровий | 400 | 60 |
| | Кукурудза на силос | 500 | |
| | Ячмінь ярий | 40 | |
| **5** | **Полісся, дерново-підзолистий піщаний ґрунт** | | |
| | Люпин | 230 | |
| | Жито озиме | 25 | |
| | Картопля | 210 | 50 |
| | Овес | 25 | |
| **6** | **Степ, чорнозем звичайний середньосуглинковий** | | |
| | Чорний пар | - | |
| | Пшениця озима | 42 | |
| | Пшениця озима | 35 | |
| | Кукурудза на зерно | 55 | 40 |
| **7** | **Полісся, дерново-підзолистий легкосуглинковий ґрунт** | | |
| | Багаторічні трави | 450 | |
| | Льон | 7 | |
| | Пшениця озима | 45 | |
| | Картопля | 270 | 50 |
| **8** | **Полісся, ясно-сірий лісовий легкосуглинковий ґрунт** | | |
| | Конюшина | 480 | |
| | Пшениця озима | 45 | |
| | Жито | 40 | |
| | Картопля | 280 | 40 |
| **9** | **Полісся, сірий лісовий супіщаний ґрунт** | | |
| | Багаторічні трави | 370 | |

*Практична робота № 2*

*Продовження табл. 10*

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| | Жито озиме | 28 | |
| | Картопля | 230 | 50 |
| | Кукурудза на силос | 370 | |
| **10** | **Полісся, дерново-підзолистий піщаний ґрунт** | | |
| | Люпин на зелену масу | 260 | |
| | Жито озиме | 27 | |
| | Картопля | 210 | 50 |
| | Жито озиме | 25 | |
| | Овес | 23 | |
| **11** | **Степ, чорнозем звичайний середньосуглинковий** | | |
| | Багаторічні трави | 240 | |
| | Пшениця озима | 45 | |
| | Кукурудза на силос | 400 | 40 |
| | Пшениця озима | 40 | |
| **12** | **Лісостеп, сірий лісовий середньосуглинковий ґрунт** | | |
| | Горох | 30 | |
| | Пшениця озима | 50 | |
| | Буряк цукровий | 450 | 60 |
| | Пшениця яра | 37 | |
| **13** | **Лісостеп, чорнозем опідзолений легкосуглинковий** | | |
| | Однорічні трави | 250 | |
| | Жито озиме | 30 | |
| | Буряк кормовий | 650 | 50 |
| | Гречка | 27 | |
| **14** | **Лісостеп, чорнозем типовий важкосуглинковий** | | |
| | Горох | 30 | |
| | Ріпак озимий | 25 | 40 |
| | Пшениця озима | 45 | |
| | Кукурудза на зерно | 65 | |
| | Гречка | 24 | |
| **15** | **Степ, чорнозем південний середньосуглинковий** | | |

*Закінчення табл. 10*

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| | Кукурудза на зерно | 57 | 40 |
| | Кукурудза на зерно | 50 | |
| | Соя | 30 | |
| | Пшениця озима | 50 | |
| **16** | **Полісся, дерново-підзолистий супіщаний ґрунт** | | |
| | Багаторічні трави | 340 | |
| | Багаторічні трави | 450 | |
| | Пшениця озима | 40 | 20 |
| | Ячмінь ярий | 35 | |
| **17** | **Степ, чорнозем звичайний важкосуглинковий** | | |
| | Кукурудза на силос | 520 | 40 |
| | Ячмінь | 45 | |
| | Багаторічні трави | 420 | |
| | Багаторічні трави | 460 | |
| **18** | **Лісостеп, темно-сірий опідзолений важкосуглинковий ґрунт** | | |
| | Ріпак озимий | 25 | 30 |
| | Пшениця озима | 45 | |
| | Рижій | 23 | |
| | Ячмінь ярий | 38 | |
| **19** | **Степ, чорнозем південний середньосуглинковий** | | |
| | Чорний пар | - | |
| | Пшениця озима | 60 | |
| | Ячмінь ярий | 45 | |
| | Соняшник | 21 | 30 |
| **20** | **Лісостеп, сірий лісовий середньосуглинковий ґрунт** | | |
| | Чорний пар | - | |
| | Ріпак озимий | 30 | |
| | Пшениця озима | 51 | |
| | Кукурудза на зерно | 60 | 40 |
| | Гречка | 28 | |

*Таблиця 11*

**Результати обчислення балансу гумусу для заданої сівозміни**

| Показники | Культури сівозміни | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| Урожайність, ц/га | | | | | |
| Коефіцієнт виходу пожнивних і кореневих решток | | | | | |
| Кількість рослинних решток, т/га | | | | | |
| Коефіцієнт гуміфікації рослинних решток | | | | | |
| Новоутворений гумус під культурами за рахунок ***рослинних решток*** ***($П_1$)*** | | | | | |
| **Сума новоутвореного гумусу за ротацію сівозміни** ***($\sum П_1$)*** | | | | | |
| Коефіцієнт гуміфікації органічних добрив (гною) | | | | | |
| **Новоутворений гумус під культурами за рахунок *органічних добрив* ($\sum П_2$)** | | | | | |
| Середньорічна мінералізація гумусу під с./г. культурами, т/га | | | | | |
| Коефіцієнт мінералізації гумусу | | | | | |
| Кількість гумусу, який мінералізується під культурами, т/га ***(р)*** | | | | | |
| **Сумарна кількість гумусу, який мінералізується під культурами за ротацію сівозміни, т/га** ***($\sum р$)*** | | | | | |
| **Середньорічний баланс гумусу в ґрунті на 1 га за ротацію сівозміни *(Бс)*** | | | | | |

***Контрольні запитання:***

1. Що таке гумус? Які ґрунти характеризуються найбільшим вмістом гумусу?
2. Які є типи балансу гумусу?
3. Які складові прибуткової частини гумусового балансу?
4. Назвіть витратні частини гумусового балансу.
5. Як розрахувати баланс гумусу для заданої сівозміни?

*Практична робота № 3*

## *РОЗРАХУНОК СТРУКТУРИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ДЛЯ СТВОРЕННЯ БЕЗДЕФІЦИТНОГО БАЛАНСУ ГУМУСУ В ҐРУНТІ*

У польових сівозмінах відчужується значна частина створеної органічної речовини внаслідок вирощування сільськогосподарських культур, тому створити бездефіцитний баланс гумусу в ґрунті без залучення додаткової органічної речовини з-поза сівозміни майже неможливо.

У світовій практиці таким додатковим джерелом органічної речовини є природні угіддя. При цьому проводять значний обсяг агротехнічних заходів для збільшення їхньої продуктивності. Вирощену на цих угіддях органічну речовину споживають як корм тварини, а гній, утворений при цьому, направляють у польову сівозміну для ліквідації від'ємного балансу гумусу в ґрунті. У деяких країнах Західної Європи навіть встановлено певні нормативи на співвідношення між ріллею та кормовими угіддями, а також кількістю сільськогосподарських тварин на гектар угідь.

***Загальні положення та методика виконання***

Знаючи баланс гумусу під час використання окремих видів добрив у різних системах землеробства та урожайність кормових угідь (див. табл. 12) в окремих природнокліматичних зонах України, можна провести такі розрахунки (всі розрахунки проводять не за полями, а за сівозміною загалом):

1. Розрахувати кількість гною, яка може утворитися під час споживання тваринами урожаю з одного гектара кормових угідь. Розрахунок проводять за формулою:

$$Тгн = Уку \times k,$$

де *Т*гн – маса абсолютно сухого гною, що може утворитися у разі споживання тваринами урожаю з 1 га природних кормових угідь, т/га;

*У*ку – урожайність кормових угідь у сухій речовині, т/га (див. табл. 12);

*k* – коефіцієнт виходу гною від спожитого корму *(0,3)*.

*Таблиця 12*

**Урожайність природних кормових угідь**

| Природнокліматична зона | Урожайність, т/га сухої речовини |
|---|---|
| Полісся | 2,5 |
| Лісостеп | 2,0 |
| Степ | 1,5 |

2. Розрахувати кількість гумусу, яка може утворитися в ґрунті у разі внесення розрахованої вище маси гною. Розрахунок проводять за формулою:

$$H\text{ г.к.у.} = T\text{гн} \times K\text{г},$$

де *H* г.к.у. – кількість гумусу, що може утворитися з гною кормових угідь, т/га;

*T*гн – маса абсолютно сухого гною, що може утворитися за споживання тваринами урожаю з 1 га природних кормових угідь, т/га;

*K*г – коефіцієнт гуміфікації (див. табл. 13).

*Таблиця 13*

**Коефіцієнти гуміфікації органічних добрив**

| Добрива | Значення |
|---|---|
| Суха речовина гною | 0,30 |
| Солома, сидерати | 0,25 |
| Торф | 0,30 |

3. Розрахувати необхідну площу кормових угідь на 1 га ріллі для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ній. Розрахунок проводять за формулою:

$$S = \frac{Дг}{Нг.к.у.},$$

де *S* – площа кормових угідь, на 1 га ріллі, га;

*Дг* – нестача гумусу на 1 га (баланс гумусу (за модулем), т/га (див. табл. 14);

*Нг.к.у.* – кількість гумусу, що може утворитися з гною кормових угідь, т/га.

Такий розрахунок проводять лише у разі від'ємного балансу гумусу.

*Кожен студент отримує індивідуальне завдання (величину балансу гумусу для різних сівозмін) (див. табл. 14).*

*Таблиця 14*

**Величини балансу гумусу, т/га**

| *№ завдання* | Баланс | | *№ завдання* | Баланс |
|---|---|---|---|---|
| *1* | -0,80 | | *11* | -0,30 |
| *2* | -0,75 | | *12* | -0,25 |
| *3* | -0,55 | | *13* | -0,10 |
| *4* | -0,95 | | *14* | -0,05 |
| *5* | -0,65 | | *15* | -0,40 |
| *6* | -0,50 | | *16* | -1,00 |
| *7* | -0,70 | | *17* | -0,45 |
| *8* | -0,85 | | *18* | -0,15 |
| *9* | -0,60 | | *19* | -0,90 |
| *10* | -0,20 | | *20* | -0,35 |

Площу кормових угідь на 1 га ріллі необхідно розрахувати для трьох природнокліматичних зон (див. табл. 12). Усі результати розрахунків

*Таблиця 15*

**Потреба в кормових угіддях для створення бездефіцитного балансу гумусу в різних умовах господарювання**

| Баланс гумусу, т/га | Природно-кліматична зона | Кількість гною з 1 га кормових угідь, т | Кількість гумусу, яка може утворитися з гною, т/га | Необхідна площа кормових угідь на 1 га ріллі, га |
|---|---|---|---|---|
| | Полісся | | | |
| | Лісостеп | | | |
| | Степ | | | |

записують у зведену таблицю 15. Проводять порівняльний аналіз результатів, отриманих усіма студентами, роблять висновки.

*Практична робота № 3*

***Контрольні запитання:***

1. Від чого залежить позитивний баланс гумусу в ґрунті?
2. Як впливає підбір культур на баланс гумусу в сівозміні?
3. Як розрахувати структуру сільськогосподарських угідь для створення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті?

*Практична робота № 4*

## *РОЗРАХУНОК БАЛАНСУ НІТРОГЕНУ В ҐРУНТІ*

Баланс основних поживних речовин визначають співвідношенням між загальним винесенням поживних речовин з ґрунту і їхньою кількістю, що повертається у ґрунт. Він може бути додатним, якщо елементів живлення рослин вноситься у ґрунт більше, ніж виноситься, від'ємним, якщо витрати поживних речовин вищі, ніж повертається у ґрунт і бездефіцитним, або рівноважним, якщо кількість винесених елементів компенсується їхнім внесенням.

Розрахунок балансу поживних речовин у ґрунті треба розглядати як найдоступніший контроль за станом родючості ґрунту в кожному полі, господарстві, районі та області.

Під час складання системи удобрення особливу увагу приділяють дотриманню додатного балансу поживних речовин у сівозмінах та господарстві загалом. За даними І.М. Захаренка (1977), на чорноземних ґрунтах в інтенсивних сівозмінах рівень повернення поживних речовин з добривами має приблизно становити для нітрогену 80%, фосфору – 130–150, калію – 80–100%, на дерново-підзолистих ґрунтах для нітрогену не менше 110–120, фосфору – 170–200, калію – 110–115%.

Одним із найважливіших для рослин елементів живлення є нітроген. Це важливий органогенний елемент, що є складовою частиною білків, нуклеїнових кислот, амінокислот, хлорофілу (без якого неможливий фотосинтез), гормонів, багатьох вітамінів, алкалоїдів, глюкозидів. Водночас це дуже дефіцитний елемент. Тому розрахунок балансу нітрогену в ґрунті є важливою умовою підвищення біопродуктивності ґрунтів.

Розрахунок балансу нітрогену проводять за такою схемою: ***надходження:*** з органічними добривами, з мінеральними добривами, із посівним і садивним матеріалом, надходження з атмосферними опадами, симбіотична та несимбі-

отична фіксація; ***втрати:*** з урожаєм основної і побічної продукції культур, газоподібні втрати, фізичні втрати (вимивання, стік), перехід до складу гумусу ґрунту.

Треба мати на увазі, що під час складання балансу можна врахувати тільки деякі статті надходження і витрат поживних речовин, однак розрахунки можуть допомогти уникнути суттєвих помилок у разі складання системи удобрення.

Для розрахунку балансу нітрогену по культурі, сівозміні, господарству (кг/га) запропоновано таку формулу:

$$Б_N = \sum(Нм + Но + Нп + Нао + Нф) - \\ - \sum(Воп + Впп + Вг + Вф),$$

де $Б_N$ – баланс нітрогену; *надходження нітрогену*: *Н*м – з мінеральними добривами, *Н*о – з органічними добривами; *Н*п – з посівним і садивним матеріалом, *Н*ао – з атмосферними опадами, *Н*ф – фіксація мікроорганізмами; *втрати нітрогену*: *В*оп – з основною продукцією; *В*пп – з побічною продукцією; *В*г – газоподібні втрати, *В*ф – фізичні втрати.

***Статті надходження нітрогену в ґрунт.*** Основними статтями надходження поживних речовин у ґрунт є *органічні і мінеральні добрива.* Облік кількості поживних речовин, які вносять із добривами, визначають за їхнім хімічним складом або за літературними даними для кожної ґрунтово-кліматичної зони.

Надходження нітрогену з органічними добривами (*Но*) обчислюють, враховуючи те, що 1 т внесених органічних добрив містить 5 кг нітрогену. *Наприклад:* під буряки цукрові внесли 50 т органічних добрив на 1 га. Зважаючи на те, що 1 т органічних добрив містить 5 кг нітрогену. Надходження нітрогену в ґрунт з органічних добрив становитиме 50×5 = 250 кг/га.

Надходження поживних речовин *із насінням і садивним матеріалом* визначають нормами висівання насіння і садивного матеріалу та їхнім хімічним складом. Наприклад, із садивним

матеріалом картоплі на 1 га вноситься близько 25 кг нітрогену, 13 кг фосфору і 27 кг калію.

Для того, щоб визначити кількість нітрогену, що надходить у ґрунт з посівним і садивним матеріалом (*Hn*), необхідно використати дані по вмісту нітрогену в насінні та нормах висіву культури. *Наприклад*: обчислимо кількість нітрогену, що надходить у ґрунт з посівним і садивним матеріалом вівса. Середній вміст нітрогену в насінні вівса складає 3% від норми висіву вівса (160 кг/га) (див. табл. 16). Тому величина $Hn = 3 \times 160/100 = 4{,}8$ (кг/га).

*Таблиця 16*

**Вихідні дані для визначення балансу нітрогену в ґрунті**

| Культура | Надходження нітрогену | | | | | Втрати | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | З мінеральними добривами, кг/га | Внесення органічних добрив, т/га | Вміст нітрогену в насінні, % | Норма висіву культури, кг/га | Симбіотична фіксація, кг/га | з основною продукцією, кг/т | |
| | | | | | | Полісся | Лісостеп |
| Пшениця озима | 80–120 | – | 3,0–3,5 | 200–300 | – | 29,5 | 31,0 |
| Жито озиме | 40–90 | | 2,9–3,3 | 200–300 | | 24,6 | 25,5 |
| Ячмінь ярий | 60–90 | | 2,3–2,7 | 160–180 | | 24,5 | 24,8 |
| Овес | 40–60 | | 2,9–3,5 | 140–180 | | 27,5 | 28,5 |
| Кукурудза на зерно | 90–120 | 40 | 2,9–3,3 | 15–25 | | 22,8 | 23,6 |
| Буряк цукровий | 120–160 | 40–60 | – | 8–10 | | – | 5,2 |
| Картопля | 90–120 | 40–60 | 0,5–0,7 | 3500–4000 | | 5,6 | 5,4 |
| Горох (зерно) | 20 | | 5,5–6,8 | 160–300 | 60–100 | 43,5 | 45,2 |
| Люпин (зерно) | 20 | | 6,0–6,9 | 120–180 | 150–200 | 26,6 | 28,0 |
| Люпин на силос | 20 | | 6,0–6,9 | 120–180 | 100–150 | 2,3 | – |
| Конюшина на сіно | – | | – | 20–25 | 60–150 | 18,4 | 19,2 |
| Вика на зелений корм | 20 | | 6,7 | 120 | 60–80 | 2,6 | 2,6 |
| Кукурудза на силос | 90–120 | 40 | 2,9–3,3 | 15–25 | | 3,8 | 4,1 |
| Гречка | 45–60 | | 3,0–4,0 | 80–90 | | 26,5 | 28,6 |
| Льон (волокно) | 40–60 | | 7,0–8,5 | 80–100 | | 75,0 | – |

*Практична робота №4*

*З атмосферними опадами* надходить значна кількість нітрогену, яка, в середньому, за даними багатьох науково-дослідних установ становить ***8,5 кг/га***.

За рахунок *фіксації атмосферного нітрогену бобовими* у ґрунті нагромаджується значна маса нітрогену (див. табл. 16 ). *Несимбіотична фіксація нітрогену* мікроорганізмами, що вільно живуть у ґрунті, для ріллі становить, у середньому, ***6 кг/га***, для пасовищ і сіножатей – ***3 кг/га***.

***Статті втрат нітрогену під час складання балансу***. Основним показником під час складання балансу є винесення елементів з урожаєм. Розмір винесення перебуває у прямій залежності від урожаю і вмісту поживних речовин в головній і побічній продукції.

Відомо, що врожаї сільськогосподарських культур виносять велику кількість поживних речовин із ґрунту. Підраховано, що при світовому валовому зборі зернових культур близько 1 млрд т за рік із ґрунту виноситься 33 млн т нітрогену, 12 млн т фосфору і 25 млн т калію. При врожайності зерна пшениці озимої 25–30 ц/га у зерні у середньому міститься 90 кг нітрогену, 30 кг фосфору і 60–75 кг калію. Тільки внесення добрив може компенсувати винесення цих поживних речовин і забезпечити основу високої сталої родючості ґрунту.

Визначаючи втрати нітрогену з винесенням продукції, приймемо, що вся побічна продукція залишається на полі. Тому визначаємо лише нітроген, винесений з поля з основною продукцією (*Воп*). *Наприклад:* Врожайність пшениці озимої у Лісостепу становить 5 т/га. Згідно з табличним матеріалом, втрати нітрогену з основною продукцією становитимуть 31 кг на 1 тонну основної продукції. Тому реальні втрати нітрогену будуть становити: *В*оп = 31×5 = 155 кг/га.

Вважають, що втрати нітрогену з мінеральних добрив унаслідок денітрифікації (*газоподібні втрати*) та інших процесів становлять ***15–25%.***

*Фізичні втрати нітрогену* ґрунтом можливі під час вимивання або змиву (унаслідок ерозії). Середні втрати нітрогену при цьому коливати-

муться ***від 5 до 20%***. Вимивання поживних речовин із ґрунту опадами залежить від типу ґрунту, кількості та характеру опадів, гранулометричного складу ґрунту, його зайнятості рослинністю тощо. Фізичні втрати нітрогену будуть вищими під просапними культурами, порівняно із культурами суцільного висівання.

У сучасних умовах для підвищення родючості ґрунту та досягнення стабільного високого врожаю систему удобрення необхідно поліпшувати, щоб ліквідувати дефіцит усіх елементів живлення, особливо нітрогену.

**Завдання 1.** Розрахувати баланс нітрогену в ґрунті. *(Кожен студент отримує індивідуальне завдання із табл. 17).*

*Таблиця 17*

**Індивідуальні завдання для виконання практичної роботи**

| № завдання | Культура | Зона вирощування | Урожайність основної продукції, т/га | № завдання | Культура | Зона вирощування | Урожайність основної продукції, т/га |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Пшениця озима<br>Картопля | Лісостеп<br>Полісся | 4,3<br>24,6 | **11** | Гречка<br>Горох (зерно) | Лісостеп<br>Лісостеп | 2,0<br>2,1 |
| **2** | Буряки цукрові<br>Горох (зерно) | Лісостеп<br>Лісостеп | 36,0<br>2,2 | **12** | Ячмінь ярий<br>Картопля | Лісостеп<br>Полісся | 4,5<br>32,6 |
| **3** | Овес<br>Люпин на силос | Полісся<br>Полісся | 3,1<br>21,4 | **13** | Кукурудза на зерно<br>Овес | Степ<br>Полісся | 6,0<br>3,5 |
| **4** | Ячмінь ярий<br>Люпин (зерно) | Лісостеп<br>Полісся | 40,0<br>1,8 | **14** | Пшениця озима<br>Люпин (зерно) | Степ<br>Полісся | 5,7<br>2,5 |
| **5** | Вика на зелений корм<br>Овес | Полісся<br>Полісся | 22,4<br>2,8 | **15** | Буряки цукрові<br>Конюшина на сіно | Лісостеп<br>Полісся | 38,8<br>5,2 |
| **6** | Буряки цукрові<br>Льон (волокно) | Лісостеп<br>Полісся | 40,5<br>0,8 | **16** | Льон (волокно)<br>Люпин (зерно) | Полісся<br>Полісся | 0,73<br>2,0 |
| **7** | Конюшина на сіно<br>Пшениця озима | Полісся<br>Лісостеп | 5,8<br>5,1 | **17** | Жито озиме<br>Люпин на силос | Полісся<br>Полісся | 3,4<br>25,9 |
| **8** | Жито озиме<br>Горох (зерно) | Полісся<br>Лісостеп | 3,4<br>1,9 | **18** | Буряки цукрові<br>Пшениця озима | Лісостеп<br>Степ | 40,0<br>5,3 |
| **9** | Кукурудза на силос<br>Ячмінь ярий | Полісся<br>Лісостеп | 38,7<br>3,5 | **19** | Картопля<br>Конюшина на сіно | Полісся<br>Лісостеп | 30,5<br>4,7 |
| **10** | Кукурудза на зерно<br>Гречка | Степ<br>Лісостеп | 6,8<br>2,2 | **20** | Горох (зерно)<br>Кукурудза на силос | Лісостеп<br>Лісостеп | 2,5<br>42,8 |

*Практична робота №4*

***Контрольні запитання:***

1. Яку роль відіграє нітроген у продуктивності ґрунтів?
2. Як визначити баланс нітрогену в ґрунті?
3. Назвіть статті надходження і втрат нітрогену в ґрунті.
4. Які культури збагачують ґрунт нітрогеном?
5. Що таке симбіотична фіксація нітрогену?

*Практична робота № 5*

## *ПРОГРАМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ. ЧИННИКИ ПРОДУКТИВНОСТІ ПОСІВІВ У ПРОГРАМУВАННІ І ВИЗНАЧЕННІ РІВНІВ УРОЖАЙНОСТІ ЗА НИМИ*

**Програмування** у рослинництві – це розроблення комплексу взаємопов'язаних заходів із вирощування сільськогосподарських культур, своєчасне і якісне виконання яких забезпечує одержання запланованого врожаю.

**Планування урожаю** – це перший етап програмування. Здійснюється від досягнутого в попередні роки рівня урожаю з використанням показників зростання. Це менш конкретний показник, який не бере до уваги усіх чинників формування врожаю.

**Прогнозування урожаю** – це науково обґрунтоване передбачення продуктивності польових культур на декілька років, або велику перспективу, з огляду на ґрунтово-кліматичні умови, рівень матеріально-ресурсного забезпечення, потенціал технологій.

**Потенційна врожайність (ПВ)** – максимальна врожайність, яку теоретично можна отримати в ідеальних метеорологічних умовах за заданого коефіцієнта використання посівами фотосинтетично активної радіації (ФАР).

**Дійсно можлива врожайність (ДМВ)** визначають за чинниками вологозабезпеченості та теплових ресурсів, тобто за типових для зони метеорологічних умов. Відсутність оптимального забезпечення посівів теплом і вологою обмежує коефіцієнт корисної дії ФАР. Звідси і невідповідність між ПВ і ДМВ.

**Реальна господарська врожайність (РГВ)** – встановлюється на основі аналізу врожайності районованих та перспективних сортів на сортодільницях, наукових установах. Під час вегетації до уваги беруть показники структури врожаю. Найбільший вплив на РГВ має вибір технології

та повнота її реалізації залежно від конкретних метеорологічних умов року.

*Завданням програмування* є наближення РГВ до ДМВ, а ДМВ до ПВ.

РГВ залежить від ступеня реалізації ґрунтової родючості і кліматичних чинників місцевості. Якщо їхній потенціал використовують на 100%, то РГВ дорівнює ДМВ. Повнота реалізації природних чинників залежить від умов року і регульованих людиною технологічних процесів. У сприятливих ґрунтово-кліматичних умовах за допомогою інтенсивної технології можна значно підвищити продуктивність посівів і одержати на практиці незвичну ситуацію, коли РГВ буде вищою від ДМВ і наближуватиметься до ПВ. Проте відстань між РГВ і ПВ є великою і сучасні технології не можуть поставити РГВ на один рівень з ПВ.

Практичне програмування врожайності умовно можна поділити на три етапи: оцінка ґрунтово-кліматичних умов на полі і розрахунок можливих рівнів урожайності культур *(скільки виростити?);* підбір матеріально-технічних засобів та вибір технологій, які б забезпечували заплановану врожайність *(чим виростити?);* практична реалізація технології, корегування її залежно від стану посіву та чинників природного середовища, на основі постійного диспетчерського контролю *(як виростити?).*

Ріст і розвиток рослин насамперед залежить від основних чинників природного середовища – сонячної радіації, тепла, води. Треба також брати до уваги повітряний режим грунту і надземного шару повітря, реакцію ґрунтового розчину, родючість ґрунту, рельєф місцевості, фітосанітарний стан поля [48].

**Сонячна радіація і потенційна врожайність (ПВ).** Сонячна радіація забезпечує енергетику росту і розвитку органіки. Кожна культура пристосована до певних умов освітлення – світлового режиму, який характеризується інтенсивністю випромінювання, спектральним складом світла, тривалістю денного освітлення. Сонячна радіація визначає тепловий і водний режими у всій біосфері. Частину сонячної раді-

ації використовують рослини. Це так звана *фотосинтетично активна радіація (ФАР)* з довжиною хвиль 0,38–0,72 мкм. Фотосинтез – основне джерело формування біомаси рослин. Він забезпечує енергією всі процеси синтезу органічної речовини, обміну речовин і дихання рослин.

За приходом ФАР за вегетаційний період і коефіцієнтом використання ФАР визначають ПВ, користуючись такою формулою:

$$ПВ = 10^4 \cdot K_{ФАР} \cdot K_m \cdot \frac{\sum Q}{q},$$

де *ПВ* – потенційна врожайність, ц/га; $K_{ФАР}$ – коефіцієнт засвоєння рослинами ФАР, %; $K_m$ – коефіцієнт господарської ефективності врожаю, що показує частку основної продукції у загальній біомасі; $\sum Q$ – сума ФАР за вегетаційний період, ккал/см$^2$, кДж/см$^2$; $q$ – калорійність біомаси, ккал/кг.

Для розрахунку *коефіцієнта господарської ефективності* ($K_m$) необхідно знати співвідношення основної і побічної продукції польових культур. Це співвідношення не може бути стабільним і значно коливається. Так, у низькорослих сортів пшениці озимої за інтенсивної технології вирощування можна отримати співвідношення зерна і соломи 1:1. У високорослих сортів і за звичайної технології у біомасі переважатиме солома зі співвідношенням зерна і соломи 1:2. Співвідношення основної і побічної продукції, крім технології і сорту, змінюється під впливом ґрунтово-кліматичних умов. Тому в табл. 18 подано приблизні співвідношення урожаю основної і побічної продукції, які необхідно уточнювати для кожного конкретного розрахунку ПВ.

*Коефіцієнт* $K_m$ введений у формулу для розрахунку врожаю основної продукції. Його визначають шляхом ділення показника (частини) основної продукції на суму частин. Наприклад, для пшениці озимої $K_m$ дорівнює: 1:2,5=0,400. Цей коефіцієнт дає можливість встановити врожай абсолютно сухого зерна. Стандартна вологість зерна становить 14%. Нижче наведено приклад обчислення значення $K_m$ за стандартної вологості основної продукції.

*Практична робота № 5*

Для пшениці озимої при коефіцієнті $K_m$ = = 0,400 одержуємо 86% фізичного врожаю (суха маса), а $K_m$ = x відповідатиме 100% фізичного врожаю при вологості зерна 14%. Звідси

$$x = \frac{0{,}400 \cdot 100\%}{86\%} = 0{,}465 .$$

Для розрахунку *ПВ* використовуємо інші дані з табл. 18 – калорійність урожаю *(q),* прихід ФАР за вегетаційний період *(∑Q).* При ККД ФАР 2,5% ПВ пшениці озимої буде такою:

$$ПВ = 10^4 \cdot 2{,}5 \cdot 0{,}465 \cdot \frac{25}{4600} = 63{,}2 \text{ ц/га}.$$

*Таблиця 18*

**Вихідні дані для розрахунку ПВ культур (за М.К. Каюмовим)**

| Культура | Основна продукція | Співвідношення основної і побічної продукції | Сума частин основної і побічної продукції | *Km* – коефіцієнт господарської ефективності | | Стандартна вологість основної продукції, % | q – калорійність урожаю, ккал/кг | ∑Q – сума ФАР за вегетаційний період, ккал/см² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | на абсолютно суху біомасу | за стандартної вологості | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Пшениця озима* | зерно | 1:1,5 | 2,5 | 0,400 | 0,465 | 14 | 4600 | 22–25 |
| Жито озиме | зерно | 1:2,0 | 3,0 | | | 14 | 4500 | 22–26 |
| Пшениця яра | зерно | 1:1,2 | 2,2 | | | 14 | 4600 | 20–25 |
| Ячмінь | зерно | 1:1,1 | 2,1 | | | 14 | 4600 | 20–24 |
| Овес | зерно | 1:1,3 | 2,3 | | | 14 | 4618 | 22–26 |
| Рис | зерно | 1:1 | 2,0 | | | 14 | 4500 | 28–34 |
| Просо | зерно | 1:2 | 3,0 | | | 14 | 4700 | 15–30 |
| Гречка | зерно | 1:2 | 3,0 | | | 14 | 4620 | 16–26 |

*Закінчення табл. 18*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Сорго | зерно | 1:2 | 3,0 | | | 14 | 4370 | 24–36 |
| Горох | зерно | 1:1,5 | 2,5 | | | 16 | 4850 | 20–24 |
| Кукурудза | зерно | 1:1,3 | 2,3 | | | 14 | 4400 | 28–36 |
| Кукурудза | зелена маса | – | – | – | 1 | 75 | 4000 | 28–31 |
| Буряк цукровий | коренеплоди | 1:0,4 | 1,4 | | | 80 | 4450 | 26–34 |
| Буряк кормовий | коренеплоди | 1:0,4 | 1,4 | | | 85 | 3847 | 25–36 |
| Картопля | бульбоплоди | 1:1 | 2 | | | 80 | 4300 | 19–28 |
| Соняшник | насіння | 1:2 | 3 | | | 12 | 4580 | 28–36 |
| Багаторічні трави | сіно | – | – | – | 1 | 16 | 4600 | 15–10 |
| Однорічні трави | сіно | – | – | – | 1 | 16 | 4000 | 15–20 |

Пшениця озима* – приклад.

Якщо прихід ФАР за вегетаційний період для певної зони має майже стабільний характер і його неможливо змінити технологічними заходами, то ККД ФАР піддається регулюванню у ширшому діапазоні. Унаслідок його збільшення урожайність польових культур значно зросте. З огляду на фактичну врожайність сільськогосподарських культур в Україні, можна стверджувати, що ККД ФАР знаходиться в межах 1–2%.

***Завдання 1.*** **Визначення потенційної врожайності (ПВ)**

1. За наведеним вище прикладом обчислити коефіцієнт господарської ефективності для всіх культур (на абсолютно суху біомасу і стандартну вологість) (див. табл. 18).

*Практична робота № 5*

2. Обчислити ПВ двох культур, зробити висновки. *(Студент отримує індивідуальне завдання із табл. 19).*

*Таблиця 19*

**Завдання для обчислення ПВ культур**

| Завдання | Культура | $K_{ФАР}$, % | ΣQ, ккал/см$^2$ | Завдання | Культура | $K_{ФАР}$, % | ΣQ, ккал/см$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Овес | 2,2 | 22 | 11 | Пшениця озима | 1,0 | 23 |
| | Буряк кормовий | 1,5 | 30 | | Соняшник (насіння) | 2,3 | 34 |
| 2 | Жито озиме | 3,1 | 25 | 12 | Жито озиме | 1,7 | 24 |
| | Кукурудза (зерно) | 1,0 | 34 | | Картопля | 2,6 | 25 |
| 3 | Пшениця яра | 3,2 | 22 | 13 | Пшениця яра | 1,5 | 22 |
| | Сорго | 2,6 | 30 | | Буряк кормовий | 2,3 | 30 |
| 4 | Жито озиме | 2,0 | 25 | 14 | Ячмінь | 1,8 | 20 |
| | Горох | 1,5 | 20 | | Буряк цукровий | 2,4 | 34 |
| 5 | Пшениця яра | 3,1 | 22 | 15 | Овес | 1,4 | 22 |
| | Буряк цукровий | 2,7 | 34 | | Кукурудза (зерно) | 2,3 | 34 |
| 6 | Ячмінь | 2,4 | 20 | 16 | Рис | 2,7 | 30 |
| | Соняшник (насіння) | 3,3 | 34 | | Горох | 3,2 | 20 |
| 7 | Пшениця озима | 3,5 | 24 | 17 | Просо | 1,6 | 20 |
| | Гречка | 1,4 | 22 | | Жито озиме | 2,1 | 25 |
| 8 | Соняшник | 2,1 | 30 | 18 | Гречка | 3,2 | 22 |
| | Горох | 1,0 | 21 | | Пшениця яра | 2,3 | 23 |
| 9 | Рис | 2,0 | 34 | 19 | Сорго | 1,0 | 28 |
| | Буряк кормовий | 2,2 | 26 | | Ячмінь | 3,0 | 20 |
| 10 | Картопля | 2,5 | 20 | 20 | Пшениця озима | 2,0 | 24 |
| | Багаторічні трави | 2,6 | 15 | | Картопля | 3,2 | 25 |

***Завдання 2.***

Ознайомитися зі способами визначення дійсно можливої та реальної господарської врожайності.

**Волога, тепло і дійсно можлива врожайність (ДМВ).** Велике, а інколи і вирішальне значення у формуванні врожаю мають сонячні промені, тепло, волога і ґрунтові умови загалом. Взаємовідношення цих чинників відображене у формулі А.М. Рябчикова, яка з високою точністю дає можливість визначити ***біогідротермічний потенціал продуктивності*** в конкретних кліматичних умовах:

$$БГП = \frac{W \cdot T_в}{36 \cdot R}$$

де *БГП* – біогідротермічний потенціал, балів; *W* – запаси доступної для рослин вологи, мм; $T_в$ – період активної, більше 10°С вегетації культури, декад; *R* – радіаційний баланс за цей період, ккал/см$^2$; 36 – кількість декад за рік.

Один бал біогідротермічного потенціалу відповідає 20 ц/га абсолютно сухої біомаси. Звідси:

$$ДМВ = 20 \cdot БГП.$$

Встановлено, що кожна 1000°С сумарних температур вище 10°С за вегетаційний період забезпечує 20 ц/га зерна пшениці озимої, або таку саму кількість продукції іншої культури (еквівалентно за сухою речовиною). Сонячна радіація не всюди однакова. Сума середніх добових температур повітря вище 10°С у степу становить 3075°С, у лісостепу – 2580°С, а на Поліссі – 2445°С. Чим далі на південь, тим вищий ***біокліматичний потенціал***, який визначають за формулою:

$$БКП = \frac{\sum t > 10^{\circ} C}{1000^{\circ} C},$$

де *БКП* – біокліматичний потенціал, балів; $\sum t > 10°C$ – сума температур вище 10°С за вегетаційний період.

Дійсно можливий врожай (ДМВ) за біокліматичним потенціалом становитиме: *ДМВ* = *БКП* · *Ку*, де *Ку* – константа врожаю пшениці озимої, або еквівалент за сухою речовиною для іншої культури.

*ДМВ* для степу = (3075/1000) · 20 =
= 3,075 · 20 = 61,5 ц/га;

*ДМВ* для лісостепу = (2580/1000) · 20 =
= 2,58 · 20 = 51,6 ц/га;

*ДМВ* для Полісся = (2445/1000) · 20 =
= 2,445 · 20 = 48,9 ц/га.

*Практична робота № 5*

Дійсно можлива врожайність, розрахована за кліматичними чинниками, коливається у значних межах. Основна причина цього полягає в тому, що інтенсивні технології дають можливість повніше використати природний потенціал зони вирощування.

**Розрахунок реальної господарської врожайності (РГВ).** Реальну господарську врожайність розраховують за даними показників структури врожаю, що зібраний у попередні роки. Величина врожаю зернових залежить від двох найголовніших показників – густоти продуктивного стеблостою і маси зерна з суцвіття. Тому реальну господарську врожайність визначають за формулою:

$$РГВ = Г \cdot М \cdot 10000:100000 = Г \cdot М : 10,$$

де *РГВ* – реальна господарська врожайність, ц/га; *Г* – густота продуктивного стеблостою, шт./м$^2$; *М* – маса зерна з одного колоса, г; 10000 – коефіцієнт перерахунку з 1 м$^2$ на 1 га; 100000 – коефіцієнт переведення з г/га у ц/га.

Для ресурсоощадної технології вирощування пшениці озимої пропонують деталізовану формулу врожаю, яка охоплює більшість показників його структури:

$$РГВ = К \cdot КВ \cdot П \cdot З \cdot В \cdot МЗ \cdot КК \cdot КЗ : 100000, \text{ ц/га},$$

де *К* – коефіцієнт кущіння; *КВ* – коефіцієнт висіву, млн/га; *П* – польова схожість, %; *З* – зимостійкість, %; *В* – виживання за весняно-літній період, %; *МЗ* – маса зернівки, г; *КК* – кількість колосків у колосі, шт.; *КЗ* – кількість зерен у колоску, шт.

Підставивши значення показників формули, що одержані дослідним шляхом, одержимо:

$$РГВ = 3 \cdot 3 \cdot 85 \cdot 95 \cdot 90 \cdot 0{,}03 \cdot 18 \cdot 2 : 100\,000 = 70{,}6 \text{ ц/га}.$$

Урожайність буде зростати, якщо за допомогою агротехніки збільшувати значення складових компонентів формули. Наприклад, збільшення кількості зерен у колоску з двох до трьох підвищить урожайність до 106 ц/га. Винятком

є тільки коефіцієнт висіву, збільшення якого обов'язково спричинить загущення посівів і зменшення кущіння, виживання, продуктивності колоса. Максимальні значення польової схожості, зимостійкості і виживання під час вирощування за ресурсощадною технологією повинні бути в межах 80–100%. Продуктивність колоса і густота продуктивного стеблостою теж взаємопов'язані, тобто збільшення одного з них передбачає зменшення іншого. Необхідно встановити найоптимальніше поєднання величин структурних елементів.

***Контрольні запитання:***

1. Які види врожайності ви знаєте?
2. Що таке програмування, планування, прогнозування урожаю?
3. Що називають фотосинтетично активною радіацією?
4. Як визначити потенційну врожайність культур?
5. Як визначити дійсно можливу врожайність?
6. Як визначити реальну господарську врожайність?

*Практична робота № 5*

## *Практична робота № 6*

# *АГРОХІМІЧНІ ОСНОВИ ПРОГРАМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ. ВИЗНАЧЕННЯ НОРМ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ*

Рівень програмованого врожаю визначають нерегульованими людиною чинниками (світло, тепло, волога) і регульованими (технологія). Урожайність значно залежить від системи удобрення, що має відповідати вимогам технології. Тому встановлення оптимальних норм добрив, строків і способів їхнього внесення з урахуванням потреб рослини в елементах живлення упродовж вегетації, є однією з головних складових програмування.

Існує велика кількість методів визначення норм добрив. Найпоширеніші розрахункові балансові методи, що ґрунтуються на природній родючості ґрунту, запасах елементів живлення в ґрунті, засвоєнні їх рослинами з ґрунту і добрив, винесенні елементів живлення одиницею врожаю, окупності добрив приростом урожаю.

**Визначення норм мінеральних добрив на програмований врожай**

Норми добрив на програмований врожай розраховують за формулами або логічними схемами (див. табл. 20).

*Таблиця 20*

**Приклад розрахунку норм добрив для одержання 70 ц/га зерна пшениці озимої**

| Показники | Символ | Нітроген, N | Фосфор, $P_2O_5$ | Калій, $K_2O$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. Програмована врожайність, ц/га | *У* | 70 | 70 | 70 |
| 2. Винесення елементів живлення для формування 1 ц зерна, кг | *в* | 3,2 | 1,1 | 2,0 |
| 3. Винесення елементів живлення програмованим урожаєм *(У · в)*, ц/га | *В* | 224 | 77 | 140 |
| 4. Маса розрахункового шару ґрунту, т/га | *М* | 3000 | 3000 | 3000 |

*Закінчення табл. 20*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 5. Вміст елементів живлення у ґрунті за результатами аналізів, мг на 100 г | *г* | 8 | 9 | 10 |
| 6. Вміст елементів живлення в розрахунковому шарі ґрунту *(Г = 0,01 · М · г)*, кг/га | *Г* | 240 | 270 | 300 |
| 7. Коефіцієнт використання поживних речовин з ґрунту | *Кг* | 0,30 | 0,10 | 0,15 |
| 8. Буде засвоєно урожаєм елементів з ґрунту *(Г · Кг)*, кг/га | *К* | 72 | 27 | 45 |
| 9. Не вистачає елементів живлення для формування програмованого (70 ц/га) врожаю *(В – К)*, кг/га | *д* | 152 | 50 | 95 |
| 10. Коефіцієнт використання поживних речовин з мінеральних добрив | *Км* | 0,80 | 0,40 | 0,60 |
| 11. Потрібно внести поживних речовин з мінеральними добривами *(д : Км)*, кг/га | *Д* | 190 | 125 | 158 |

На засвоєння поживних речовин впливає дуже багато чинників. Одна і та сама норма добрив часто забезпечує різні за величиною і якістю урожаї. Це зумовлює неоднакові затрати рослинами, навіть одного сорту, поживних речовин на формування одиниці маси врожаю, зі збільшенням врожайності, винесення елементів живлення на формування одиниці врожаю зростає.

Для визначення винесення урожаєм поживних речовин з ґрунту (*в*), необхідно знати їхній вміст у продукції. Для цього користуються даними аналізу рослин, а якщо таких даних немає, то середніми значеннями із табл. 21.

*Таблиця 21*

**Винесення поживних речовин урожаєм сільськогосподарських культур на 1 ц основної і побічної продукції, кг**

| Культура | Мета вирощування | Нітроген | Фосфор | Калій |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Пшениця озима | зерно | 3,0–3,5 | 0,9–1,2 | 1,8–2,5 |
| Пшениця яра | зерно | 3,3–4,0 | 1,0–1,3 | 1,9–2,7 |
| Жито озиме | зерно | 2,9–3,3 | 1,1–1,4 | 2,2–3,0 |
| Ячмінь | зерно | 2,3–2,7 | 0,9–1,0 | 1,7–2,2 |
| Овес | зерно | 2,9–3,5 | 1,2–1,5 | 2,4–2,9 |

*Практична робота № 6*

*Закінчення табл. 21*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| Кукурудза | зерно | 2,9–3,3 | 0,9–1,2 | 3,0–3,5 |
| Кукурудза | зелена маса | 0,25 | 0,10 | 0,35 |
| Просо | зерно | 3,0–3,5 | 0,9–1,2 | 2,0–2,7 |
| Рис | зерно | 2,6–3,0 | 1,2–1,5 | 3,2–3,6 |
| Гречка | зерно | 2,9–3,5 | 1,3–1,6 | 3,6–4,2 |
| Горох | зерно | 5,5–6,8 | 1,3–1,6 | 1,9–2,2 |
| Люпин | зерно | 6,0–6,9 | 1,8–2,0 | 4,0–5,0 |
| Соя | зерно | 6,5–7,5 | 1,3–1,7 | 1,8–2,2 |
| Вика | зерно | 6,7 | 1,4 | 1,7 |
| Буряк цукровий | коренеплоди | 0,5–0,7 | 0,1–0,2 | 0,7–0,8 |
| Буряк кормовий | коренеплоди | 0,3–0,5 | 0,12–0,16 | 0,4–0,6 |
| Картопля | бульби | 0,5–0,7 | 0,2–0,4 | 1,3–1,6 |
| Соняшник | насіння | 5,0–7,0 | 2,5–2,8 | 15,5–19,5 |
| Льон | солома | 1,1–1,4 | 0,8–0,9 | 1,6–1,9 |
| Льон | насіння | 7,0–8,5 | 3,5–4,5 | 6,5–7,5 |
| Конопля | солома | 1,8–2,2 | 0,5–0,7 | 0,9–1,2 |
| Багаторічні трави | сіно | 1,7 | 0,5 | 1,5 |

Масу розрахункового шару ґрунту (*М*) вираховуємо, виходячи з глибини орного шару (25 см), площі 1 га (10000 м$^2$) та щільності будови ґрунту (1,2 т/м$^3$): 10000 · 0,25 · 1,2 = = 3000 т. Знаючи, що в 100 г ґрунту міститься 8 мг нітрогену *(г)*, знаходимо його кількість у 3000 т/га *(М)* за формулою:

$$Г = 0{,}01 \cdot М \cdot г = 0{,}01 \cdot 3000 \cdot 8 = 240 \text{ кг/га}.$$

Так само розраховуємо вміст у ґрунті інших елементів. Для спрощення розрахунку використовують те, що 1 мг поживної речовини в 100 г ґрунту відповідає 30 кг його на 1 га. Цей показник змінюється залежно від товщини орного шару та щільності будови.

Коефіцієнт використання того чи іншого елемента з ґрунту *(Кг)* показує ту його частину, яка надходить у рослину впродовж вегетації, відносно загальних запасів рухомої форми елемента в орному шарі ґрунту. Величина *Кг* залежить від культури, значно змінюється під впливом таких чинників, як родючість ґрунту, його кислотність, погодні умови, вид технології тощо. Це ускладнює їхнє застосування для визначення програмованих норм добрив. Існує закономірність, що чим вищий вміст елемента живлення у ґрунті, тим нижчий коефіцієнт його засвоєння рослинами.

Умовність коефіцієнтів пояснюється також тим, що враховується вміст елементів живлення тільки в орному шарі ґрунту. Рослини ж використовують поживні речовини з глибших горизонтів. Глибина проникнення залежить від типу кореневої системи і може досягати 1–2 м і глибше.

За даними Б.А. Ягодіна, коефіцієнт використання легкогідролізованого нітрогену рослинами на дерново-підзолистих, сірих лісових, каштанових ґрунтах становить близько 0,20, а на чорноземах – 0,20–0,30.

Коефіцієнт використання поживних речовин з добрив (*К*м) показує частку їхнього використання рослинами на формування врожаю у відношенні до загальної кількості внесеного елементу.

Орієнтовні коефіцієнти використання поживних речовин з ґрунту і мінеральних добрив (*К*г, *К*м) подані у табл. 22.

Таким чином, за схемою розрахунку, викладеною в табл. 20, для одержання 70 ц/га зерна пшениці озимої необхідно внести добрива в нормі $N_{190}P_{125}K_{158}$. Ця схема розрахунку може бути викладена у вигляді такої формули:

$$Д_{нітрогену} = \frac{д}{К_м} = \frac{У \cdot в - 0,01 \cdot М \cdot г \cdot К_г}{К_м} =$$

$$= \frac{70 \cdot 3,2 - 0,01 \cdot 3000 \cdot 8 \cdot 0,3}{0,80} = 190 \quad \text{кг.}$$

*Практична робота № 6*

Так само розраховують норми внесення калію і фосфору.

*Таблиця 22*

**Орієнтовні коефіцієнти використання поживних речовин з ґрунту і добрив**

| Культура | З ґрунту | | | З мінеральних добрив | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
| Пшениця озима | 0,20–0,35 | 0,05–0,15 | 0,08–0,20 | 0,50–0,80 | 0,20–0,45 | 0,55–0,85 |
| Пшениця яра | 0,20–0,30 | 0,05–0,10 | 0,06–0,18 | 0,60–0,75 | 0,20–0,40 | 0,60–0,70 |
| Жито озиме | 0,20–0,35 | 0,05–0,15 | 0,07–0,19 | 0,50–0,80 | 0,20–0,45 | 0,55–0,85 |
| Ячмінь | 0,15–0,35 | 0,05–0,15 | 0,06–0,12 | 0,60–0,75 | 0,20–0,40 | 0,60–0,70 |
| Овес | 0,20–0,35 | 0,05–0,15 | 0,08–0,16 | 0,60–0,80 | 0,25–0,35 | 0,65–0,85 |
| Кукурудза (зерно) | 0,25–0,40 | 0,06–0,18 | 0,08–0,30 | 0,65–0,85 | 0,25–0,45 | 0,65–0,85 |
| Просо | 0,15–0,35 | 0,05–0,13 | 0,06–0,12 | 0,55–0,80 | 0,25–0,40 | 0,65–0,85 |
| Рис | 0,25–0,45 | 0,08–0,16 | 0,08–0,16 | 0,60–0,85 | 0,20–0,30 | 0,75–0,90 |
| Гречка | 0,15–0,35 | 0,05–0,15 | 0,06–0,12 | 0,50–0,70 | 0,30–0,45 | 0,70–0,90 |
| Горох | 0,30–0,55 | 0,09–0,18 | 0,06–0,19 | 0,50–0,80 | 0,30–0,45 | 0,70–0,80 |
| Люпин | 0,30–0,65 | 0,08–0,18 | 0,07–0,36 | 0,50–0,90 | 0,20–0,40 | 0,55–0,75 |
| Соя | 0,30–0,45 | 0,09–0,16 | 0,06–0,15 | 0,50–0,75 | 0,25–0,40 | 0,65–0,85 |
| Буряк цукровий | 0,25–0,50 | 0,06–0,15 | 0,07–0,40 | 0,55–0,85 | 0,25–0,45 | 0,65–0,90 |
| Буряк кормовий | 0,20–0,40 | 0,05–0,12 | 0,06–0,25 | 0,55–0,85 | 0,25–0,45 | 0,65–0,90 |
| Картопля | 0,20–0,35 | 0,07–0,15 | 0,09–0,40 | 0,50–0,80 | 0,25–0,35 | 0,70–0,90 |
| Соняшник | 0,30–0,45 | 0,08–0,18 | 0,08–0,25 | 0,50–0,85 | 0,25–0,45 | 0,65–0,90 |
| Льон (солома) | 0,22–0,32 | 0,03–0,12 | 0,06–0,18 | 0,55–0,65 | 0,15–0,30 | 0,65–0,80 |
| Конопля | 0,20–0,35 | 0,08–0,16 | 0,06–0,15 | 0,55–0,65 | 0,15–0,30 | 0,65–0,80 |
| Багаторічні трави (сіно) | 0,09–0,16 | 0,05–0,06 | 0,08–0,15 | 0,70 | 0,20 | 0,80 |

***Завдання 1. Визначити норми мінеральних добрив на програмований урожай.*** *Студент отримує індивідуальне завдання з табл. 23 .*

**Визначення норм добрив за бальною оцінкою землі.**

Цей метод можна назвати комплексним, оскільки він ґрунтується на врахуванні бонітету ґрунту, урожайної ціни бонітувального балу та окупності добрив урожаєм. Розрахунок роблять за формулою:

$$Д_{NPK} = \frac{У - (Б \cdot Ц_Б + Д_О \cdot О_О) \cdot А}{О_м},$$

де $Д_{NPK}$ – норма збалансованого *NPK* для одержання програмованого врожаю, ц/га; *У* – програмо-

*Таблиця 23*

**Завдання для визначення норм мінеральних добрив на програмований урожай**

| Завдання | Культура | Програмований урожай, ц/га | Вміст елементів у ґрунті, мг на 100 г ґрунту | | | Коефіцієнти використання поживних речовин | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | з ґрунту | | | з добрив | | |
| | | | $N$ | $P_2O_5$ | $K_2O$ | $N$ | $P_2O_5$ | $K_2O$ | $N$ | $P_2O_5$ | $K_2O$ |
| 1 | Пшениця озима | 65 | 8 | 19 | 24 | 0,30 | 0,1 | 0,12 | 0,8 | 0,35 | 0,6 |
| 2 | Рис | 45 | 12 | 18 | 11 | 0,3 | 0,1 | 0,16 | 0,7 | 0,22 | 0,85 |
| 3 | Пшениця яра | 60 | 9 | 13 | 12 | 0,25 | 0,07 | 0,09 | 0,7 | 0,3 | 0,65 |
| 4 | Просо | 23 | 11 | 12 | 8 | 0,15 | 0,05 | 0,1 | 0,55 | 0,25 | 0,7 |
| 5 | Соя | 35 | 18 | 11 | 13 | 0,36 | 0,13 | 0,11 | 0,56 | 0,34 | 0,71 |
| 6 | Овес | 35 | 8 | 12 | 10 | 0,27 | 0,09 | 0,11 | 0,7 | 0,3 | 0,74 |
| 7 | Буряк цукровий | 300 | 16 | 8 | 8 | 0,36 | 0,11 | 0,4 | 0,74 | 0,3 | 0,85 |
| 8 | Картопля | 300 | 10 | 13 | 13 | 0,28 | 0,11 | 0,35 | 0,7 | 0,3 | 0,9 |
| 9 | Кукурудза (зерно) | 55 | 17 | 15 | 16 | 0,3 | 0,11 | 0,23 | 0,7 | 0,3 | 0,72 |
| 10 | Жито озиме | 50 | 8 | 10 | 7 | 0,28 | 0,1 | 0,15 | 0,65 | 0,31 | 0,65 |
| 11 | Гречка | 20 | 9 | 11 | 13 | 0,15 | 0,07 | 0,09 | 0,6 | 0,38 | 0,8 |
| 12 | Картопля | 250 | 9 | 12 | 8 | 0,26 | 0,1 | 0,32 | 0,68 | 0,3 | 0,8 |
| 13 | Соя | 40 | 15 | 8 | 13 | 0,35 | 0,1 | 0,1 | 0,64 | 0,36 | 0,65 |
| 14 | Пшениця озима | 55 | 13 | 13 | 13 | 0,24 | 0,1 | 0,15 | 0,65 | 0,32 | 0,71 |
| 15 | Буряк цукровий | 400 | 17 | 8 | 10 | 0,42 | 0,11 | 0,28 | 0,73 | 0,3 | 0,79 |
| 16 | Пшениця яра | 52 | 12 | 9 | 9 | 0,25 | 0,08 | 0,09 | 0,65 | 0,3 | 0,65 |
| 17 | Ячмінь | 50 | 9 | 12 | 13 | 0,23 | 0,1 | 0,09 | 0,65 | 0,3 | 0,65 |
| 18 | Соняшник | 20 | 12 | 15 | 26 | 0,3 | 0,11 | 0,23 | 0,5 | 0,3 | 0,85 |
| 19 | Буряк кормовий | 370 | 15 | 13 | 19 | 0,3 | 0,09 | 0,2 | 0,69 | 0,32 | 0,75 |
| 20 | Кукурудза (на силос) | 650 | 15 | 17 | 25 | 0,25 | 0,12 | 0,25 | 0,65 | 0,3 | 0,75 |

вана врожайність, ц/га; *Б* – бал бонітету ґрунту (див. табл. 24); $Ц_Б$ – урожайна ціна балу ґрунту, ц (див. табл. 25); $Д_о$ – доза органічних добрив, т/га;

*Практична робота № 6*

$O_о$ – окупність 1 т органічних добрив приростом урожаю, ц (див. табл. 26); $O_м$ – окупність 1 ц діючої речовини мінеральних добрив приростом врожаю, ц (див. табл. 26); *А* – поправочний коефіцієнт на агрохімічну групу ґрунту.

До розрахованих норм добрив застосовують поправочні коефіцієнти (*А*). Для зернових культур, залежно від забезпечення ґрунту поживними речовинами, встановлені такі коефіцієнти:
дуже низький вміст поживних речовин – 1,5;
низький вміст поживних речовин – 1,2;
середній вміст поживних речовин – 1,0;
підвищений вміст поживних речовин – 0,7.

*Таблиця 24*

**Бали бонітету ґрунтів за основними сільськогосподарськими культурами по областях і зонах України (за А.А. Собком, 1984)**

| Зона, область | Технічні культури, кормові | Зернові | Пшениця озима | Кукурудза, зерно | Буряк цукровий | Картопля | Соняшник | Льон |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| **Полісся** | 47 | 48 | 49 | 60 | 61 | 62 | – | 49 |
| Волинська | 47 | 47 | 48 | – | 63 | 67 | – | 54 |
| Житомирська | 40 | 42 | 45 | – | 55 | 58 | – | 39 |
| Закарпатська | 47 | 61 | 55 | 51 | – | 40 | – | – |
| Івано-Франківська | 54 | 46 | 46 | 57 | 64 | 44 | – | 40 |
| Львівська | 47 | 47 | 47 | – | 64 | 57 | – | 68 |
| Рівненська | 57 | 57 | 56 | – | 65 | 63 | – | 52 |
| Чернігівська | 48 | 50 | 53 | 73 | 59 | 72 | | 44 |
| **Лісостеп** | 68 | 66 | 66 | 66 | 66 | 65 | 68 | 43 |
| Вінницька | 72 | 70 | 66 | 72 | 70 | – | 57 | – |
| Київська | 61 | 63 | 63 | 77 | 72 | 62 | – | 45 |
| Полтавська | 65 | 66 | 67 | 64 | 65 | – | 73 | – |
| Сумська | 56 | 59 | 61 | 58 | 55 | 64 | 57 | 45 |
| Тернопільська | 75 | 67 | 67 | – | 79 | 68 | – | – |
| Харківська | 59 | 61 | 64 | 47 | 55 | – | 74 | – |

*Закінчення табл. 24*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Хмельницька | 65 | 65 | 66 | – | 65 | – | – | – |
| Черкаська | 80 | 80 | 78 | 76 | 73 | – | – | – |
| Чернівецька | 76 | 71 | 69 | 73 | 79 | 74 | – | 38 |
| **Степ** | 59 | 64 | 62 | 56 | 58 | – | 71 | – |
| Луганська | 48 | 51 | 54 | 44 | – | – | 66 | – |
| Дніпропетровська | 61 | 64 | 61 | 52 | 58 | – | 78 | – |
| Донецька | 59 | 63 | 58 | 51 | – | – | 79 | – |
| Запорізька | 58 | 62 | 59 | 55 | – | – | 64 | – |
| Кіровоградська | 72 | 74 | 70 | 67 | 64 | – | 78 | – |
| Миколаївська | 58 | 63 | 62 | 51 | 54 | – | 65 | – |
| Одеська | 60 | 66 | 65 | 56 | 55 | – | 79 | – |
| Херсонська | 59 | 66 | 66 | 54 | – | – | 57 | – |
| Кримська | 57 | 66 | 61 | 75 | – | – | 69 | – |
| **Україна** | 60 | 62 | 61 | 61 | 62 | 63 | 70 | 48 |

*Приклад.* Розрахувати норму добрив під запрограмований врожай 70 ц/га зерна пшениці озимої, яку вирощують на сірих лісових ґрунтах Волинської області.

З табл. 24 знаходимо бальну оцінку ґрунту для пшениці озимої – 48 балів. Ціна одного балу для зони Полісся становить 0,46 ц зерна (див. табл. 25). Було внесено 20 т/га органічних добрив, окупність 1 т органіки на Поліссі для пшениці озимої становить 0,28 ц/га (див. табл. 26). Ґрунт середньозабезпечений поживними речовинами, коефіцієнт *А* рівний 1,0. Окупність 1 кг мінеральних добрив становить 4,9 ц зерна.

Використовуючи вихідні дані розраховуємо необхідну норму добрив:

$$Д_{NPK} = \frac{70 - (48 \cdot 0,46 + 20 \cdot 0,28) \cdot 1}{4,9} = 8,64 \text{ ц/га.}$$

*Практична робота № 6*

*Таблиця 25*

**Урожайна ціна балу по ґрунтово-кліматичних зонах України, в центнерах основної продукції (за А.А. Собком, 1984)**

| Культура | Полісся | Лісостеп | Степ | У середньому по Україні |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Зернові | 0,46 | 0,45 | 0,44 | 0,44 |
| Пшениця озима | 0,46 | 0,47 | 0,45 | 0,46 |
| Кукурудза (зерно) | 0,36 | 0,42 | 0,52 | 0,42 |
| Буряк цукровий | 4,25 | 4,22 | 4,15 | 4,20 |
| Картопля | 2,11 | 2,00 | – | 2,00 |
| Соняшник | – | 0,20 | 0,21 | 0,21 |
| Льон | 0,10 | 0,12 | – | 0,10 |
| Горох | 0,24 | 0,26 | 0,25 | 0,25 |
| Гречка | 0,13 | 0,16 | 0,14 | 0,14 |
| Буряк кормовий | 4,2 | 4,0 | 3,2 | 3,9 |
| Кукурудза на силос | 2,6 | 2,4 | 2,2 | 2,4 |

*Таблиця 26*

**Нормативна окупність органічних добрив і повного мінерального добрива, в центнерах продукції**

| Культура | Полісся | Лісостеп | Степ |
|---|---|---|---|
| Пшениця озима, жито | 0,28 / 4,9 | 0,29 / 5,5 | 0,30 / 5,2 |
| Ячмінь, овес | – / 4,7 | – / 4,9 | – / 4,3 |
| Кукурудза на зерно | 0,30 / 5,4 | 0,30 / 5,4 | 0,30 / 5,4 |
| Зернобобові, гречка | – / 4,2 | – / 4,0 | – / 3,8 |
| Картопля | 1,2 / 25 | 1,3 / 25 | 1,0/ 15 |
| Кукурудза (зелена маса) | 2,5 / 35 | 2,7 / 40 | 1,5 / 20 |
| Коноплі | 0,3 / 1,0 | 0,3 / 1,0 | – |
| Льон-довгунець (волокно) | –/1,0 | – / 1,0 | – |
| Буряк кормовий | 3,0 / 60 | 3,5/ 60 | – |
| Буряк цукровий | – | 1,5 / 35 | – |
| Соняшник | – | 0,15/2,0 | 0,15 / 20 |
| Вико-овес (зелена маса) | 1,0 / 20 | 1,1 /25 | 1,1 / 25 |

*Примітка*: перша цифра – окупність 1 т органічних добрив, ц; друга цифра – окупність 1 ц мінеральних добрив (діюча речовина), ц.

Рекомендоване співвідношення N:P:K рівне 1,5:1,0:1,0. Щоб визначити потребу кожного елемента в кг/га, знаходимо суму коефіцієнтів (1,5+1+1=3,5) і ціну коефіцієнта в поживних речовинах: 864 кг/га : 3,5 = 247 кг/га.

Отже, фосфору і калію необхідно внести по 247 кг/га, а нітрогену (247 · 1,5) = 371 кг/га: $N_{371}P_{247}K_{247}$.

Застосовують також інші методи визначення норм добрив. Досить достовірні результати одержують, використовуючи узагальнені дані польових дослідів і зроблених на їхній основі рекомендацій. Вони мають регіональний характер, враховують біологічні особливості культури тощо.

***Завдання 2. Визначити норми добрив за бальною оцінкою землі***

Використовуючи дані з табл. 24–26, а також індивідуальні завдання (див. табл. 27), обчислити норми внесення добрив за бальною оцінкою землі.

*Таблиця 27*

**Завдання для визначення норм добрив за бальною оцінкою землі**

| Завдання | Культура | Область | Програмований врожай, ц/га | Доза органічних добрив, т/га | Співвідношення N:P:K | Коефіцієнт (А) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Пшениця озима | Волинська | 60 | 30 | 1,5:1:1 | 1,2 |
| 2 | Буряк цукровий | Вінницька | 500 | 60 | 1,2:1:1,5 | 1,0 |
| 3 | Картопля | Львівська | 300 | 50 | 1:0,8:1,5 | 1,5 |
| 4 | Пшениця озима | Дніпропетровська | 70 | 20 | 1,5:1:1,2 | 0,7 |
| 5 | Соняшник | Кіровоградська | 20 | 20 | 1,7:1:2,6 | 0,7 |
| 6 | Буряк цукровий | Тернопільська | 450 | 55 | 1:0,8:1,6 | 1,0 |
| 7 | Кукурудза (зелена маса) | Волинська | 400 | 60 | 1:0,7:1,5 | 1,2 |
| 8 | Картопля | Рівненська | 320 | 45 | 1:0,8:1,5 | 1,2 |

*Практична робота № 6*

*Закінчення табл. 27*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | Кукурудза (зерно) | Черкаська | 55 | 40 | 1,2:1:1,45 | 0,7 |
| 10 | Соняшник | Херсонська | 18 | 20 | 1,6:1,1:2,5 | 1,0 |
| 11 | Кукурудза (зерно) | Запорізька | 50 | 30 | 1,2:1:1,5 | 0,7 |
| 12 | Картопля | Чернігівська | 350 | 55 | 1:0,75:1,4 | 1,2 |
| 13 | Кукурудза (зерно) | Крим | 48 | 18 | 1,25:1:1,6 | 1,0 |
| 14 | Пшениця озима | Донецька | 65 | 30 | 1,5:1:1,1 | 0,7 |
| 15 | Соняшник | Миколаївська | 21 | 18 | 1,7:1,1:2,7 | 1,0 |
| 16 | Жито | Рівненська | 40 | 10 | 1,3:1:1,4 | 1,0 |
| 17 | Кукурудза (зерно) | Кірово-градська | 50 | 40 | 1,3:1:1,6 | 1,0 |
| 18 | Льон (волокно) | Житомирська | 8 | 4 | 1:2:3 | 1,0 |
| 19 | Буряк кормовий | Рівненська | 500 | 45 | 1,2:1:1,5 | 1,2 |
| 20 | Жито | Сумська | 50 | 25 | 1,3:1:1,2 | 1,0 |

***Контрольні запитання:***

1. Як визначити норму мінеральних добрив на програмований урожай?
2. Які властивості ґрунтів використовують для обчислення балу бонітету ґрунту?
3. Як визначити норму добрив за бальною оцінкою землі?

## *Семінарське заняття № 1*

*ТЕМА: „ЗЕРНОВІ КУЛЬТУРИ – ОСНОВА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА”*

1. Виробництво зерна у світі й Україні.
2. Види зернових культур. Їхня характеристика.
   2.1. Озимі зернові (пшениця, жито, тріті-кале, ячмінь).
   2.2. Ранні ярі зернові (ячмінь, пшениця, овес).
   2.3. Пізні ярі зернові (кукурудза, просо, рис, гречка, сорго).
3. Шляхи підвищення продуктивності зернових культур.

### *Рекомендована література*


1. Возделывание зерновых / Д. Шпаар, А.Н. Постников, Г. Крацш, Н. Маковски. – М.: Аграрная наука, 1985. – 429 с.
2. *Исаков Я.И.* Сорго. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 134 с.
3. *Лихочвор В.В.* Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. – 2-ге вид., виправлене. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 808 с.
4. *Лихочвор В.В., Петриненко В.Ф.* Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. – Львів: НВФ „Українські технології”, 2006. – 730 с.
5. *Лихочвор В.В., Проць Р.Р.* Кукурудза. – 2-е вид., доп. і перероб. – Львів: НВФ „Українські технології”, 2003. – 72 с.
6. *Лихочвор В.В., Проць Р.Р.* Озима пшениця. – 2-е вид., доп. і перероб. – Львів: НВФ „Українські технології”, 2006. – 216 с.
7. Наукові основи ведення зернового господарства / В.Ф. Сайко, М.Г. Лобас, І.В. Яшовський та ін. – К.: Урожай, 1994. – 336 с.
8. Озимі зернові культури / За ред. Л.О. Животкова і С.В. Бірюкова.– К.: Урожай, 1993.– 288 с.

## *Семінарське заняття №2*

*ТЕМА: „ЗЕРНОБОБОВІ КУЛЬТУРИ. ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ В УКРАЇНІ”*

1. Загальна характеристика зернових бобових культур.
2. Горох, кормові боби, квасоля. Їхня продуктивність у світі й в Україні.
3. Люпин – найкращий азотфіксатор із всіх зернобобових культур.
4. Соя – основна зернобобова культура світу. Географія та перспективи вирощування сої в Україні.

### *Рекомендована література*


1. *Бачевський С., Гончар М.* Люпин багаторічний як біологічний екологічний чинник у Карпатському регіоні // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агрономія. – 2002. – №6. – С. 17–22.
2. Зернобобові культури / За ред. А.О. Бабича. – К.: Урожай, 1984. – 160 с.
3. Зернобобовые культуры в интенсивном земледелии / В.П. Орлов, А.П. Исаев, С.И. Лосев и др. – М.: Агропромиздат, 1986. – 206 с.
4. Индустриальная технология производства сои / Сост. А.П. Головашич. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 238 с.
5. *Лихочвор В.В.* Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. – 2-е вид., виправлене. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 808 с.
6. *Лихочвор В.В., Проць Р.Р. Долєжал Я.* Горох. – Львів: НВФ „Українські технології”, 2003. – 64 с.
7. *Лихочвор В.В., Проць Р.Р., Мигаль І.Б.* Соя. – Львів: НВФ „Українські технології”, 2004. – 54 с.
8. *Розвадовський А.М.* Інтенсивна технологія вирощування гороху. – К.: Урожай, 1988. – 96 с.

*Термінологічний словник*

*Предметний покажчик*

*Авторський покажчик*

*Список використаної літератури*

*Додатки*

*Додаток А*
*Додаток Б*

## *Термінологічний словник*

**Абіотичні фактори** – компоненти та явища неживої природи, що прямо чи опосередковано діють на організми. До абіотичних факторів відносять *кліматичні* (світло, вологість повітря, температура, атмосферні опади тощо), *едафічні* (структура, хімічний склад ґрунтів, циркулюючі в ґрунті речовини – газ, вода, органічні і мінеральні елементи), *орографічні* (рельєф, нахил схилу, експозиція), *гідрофізичні* та *гідрохімічні* (включають всі фактори, які пов'язані з водою).

**Автотрофи** – організми, які синтезують із неорганічних сполук органічні речовини з використанням енергії Сонця або енергії, яка вивільнюється під час хімічних реакцій. До А. відносяться вищі рослини (крім паразитних і сапрофітних), водорості, деякі бактерії (пурпурні, залізобактерії, сіркобактерії та ін.). А. протистоять *гетеротрофам.* У харчовому ланцюзі А. слугують *продуцентами.*

**Агробіоценоз** – угруповання організмів, яке утворене з метою отримання с.-г. продукції, регулярно підтримуване людиною, і яке характеризується слабкою екологічною надійністю, але високою врожайністю (продуктивністю) одного або декількох вибраних видів (сортів, порід) рослин або тварин.

**Агроекологія** (син.: *агробіоценологія; с.-г. екологія)* – розділ прикладної екології, який вивчає вплив чинників середовища (біотичних та абіотичних) на продуктивність культурних рослин, а також структуру і динаміку угруповань організмів, які живуть на полях, вплив агробіоценозів на життєдіяльність культивованих рослин.

**Агроекосистеми (агробіогеоценоз)** – вторинні, змінені людиною біогеоценози, основою яких є штучно створені зазвичай маловидові біотичні угруповання.

**Агротехніка** – 1) область с.-г. практики, яка використовує науково обґрунтовані заходи вирощування с.-г. рослин (методи обробітку ґрунту, внесення добрив, підготовка посівного і висадкового матеріалу, збирання врожаю тощо); 2) прикладна наукова дисципліна. А. розробляє принципи раціональних сівозмін, обробітку ґрунту і поліпшення його властивостей шляхом меліорації і внесення добрив, технології підготовки насіння до посіву, висадки, догляду за рослинами, боротьби з бур'янами, хворобами і шкідниками, збирання врожаю тощо. Завдання А. – забезпечити високий врожай с.-г. культур з мінімальними витратами праці й коштів на одиницю отриманої продукції за умови ощадної технології землекористування. Особливостями А. є її комплексність і диференціація залежно від місцевих ґрунтово-кліматичних і господарських умов, біологічних особливостей вирощування та екологічної специфіки зон і районів вирощування. Сучасна А. ґрунтується на досягненнях

природознавства, ґрунтознавства, агрономії, техніки, нерозривно пов'язана з генетикою, біохімією, мікробіологією, с.-г. метеорологією та ін. науками.

**Агрофітоценоз (агроценоз)** – сукупність рослинних популяцій, створених людиною або які зазнають значного її впливу. До складу А. входять як культурні рослини, так і бур'яни. Для А. характерні основні ознаки фітоценозів – тісні ценотичні зв'язки між компонентами, а також із середовищем. А. є частиною більш складних систем-агробіоценозів.

**Амоніфікація** – це мікробіологічний процес розкладання складних органічних сполук, які містять нітроген, з виділенням аміаку, що в ґрунтовому розчині набуває форми амонійних іонів $NH_4^+$. Процес амоніфікації відбувається як в аеробних, так і в анаеробних умовах.

**Білок** – обов'язкова найбільш важлива складова всіх живих організмів. До його складу входять карбон (50–56%), гідроген (6,5–7,5%), нітроген (15–17%), оксиген (до 21%), сульфур (близько 2,5%), фосфор (1–2%).

**Біогеоценоз** (з грец. *bios* – життя, *geo* – земля, *coinos* – загальний) **–** еволюційно сформована, відносно просторово відокремлена, внутрішньооднорідна природна система функціонально взаємопов'язаних живих організмів і оточуючого їх абіотичного середовища, яка характеризується певним енергетичним станом, типом і швидкістю обміну речовинами та інформацією. За В.Н. Сукачовим (1964), який вперше сформулював це поняття, Б. – це „сукупність на певному проміжку земної поверхні однорідних явищ (атмосфери, гірської породи, рослинності, тваринного світу і світу мікроорганізмів, ґрунту і гідрологічних умов), що має свою специфіку взаємодій цих компонентів і визначений тип обміну речовиною й енергією їх між собою і з іншими явищами природи і яка представляє собою внутрішньо суперечливу діалектичну єдність, що перебуває в постійному русі, розвитку".

**Біологічна продуктивність** – здатність біоценозу на основі використання речовини та енергії до відтворення органічної речовини. Б.п. зазвичай оцінюється через біологічну нетто (первинну чисту) і брутто (первинну загальну) продукцію, що виражаються у вагових одиницях на одиницю площі в одиницю часу (зазвичай рік).

**Біологічна продукція вторинна** – приріст біомаси гетеротрофів за одиницю часу.

**Біологічна продукція екосистеми загальна** – кількість органічної речовини, що виробляється за одиницю часу на одиниці площі (напр., кг/га в рік) живими організмами, які входять у склад екосистеми (біогеоценозу, ландшафту). Деколи оцінюється за швидкістю, з

якою енергія засвоюється організмами (напр., ккал/мг живої речовини в рік).

**Біологічна продукція первинна** – приріст біомаси (фітомаси) автотрофних організмів за одиницю часу. Експериментально визначається за величиною максимальної (за оптимального співвідношення тепла і вологи) швидкості приросту фітомаси.

**Біологічна продукція первинна чиста** – кількість органічної речовини, що продукується автотрофами за одиницю часу, окрім затрат на дихання. Останні становлять половину органічної речовини, створеної під час фотосинтезу.

**Біологічне різноманіття** – це міра відносного різноманіття серед сукупності організмів, що входять до деякої екосистеми. „Різноманіття" в цьому випадку має на увазі як відмінності всередині видів, так і між видами, а також порівняльні відмінності між екосистемами.

**Біологічний кругообіг речовин** – надходження речовин з ґрунту та атмосфери в живі організми з відповідною зміною їхньої хімічної форми, повернення їх у ґрунт і атмосферу в процесі життєдіяльності організмів і з посмертними рештками та повторне надходження у живі організми після процесів деструкції і мінералізації за допомогою мікроорганізмів.

**Біомаса** (від. *bios* – життя, *masa* – брила, кусок) – кількість живої речовини, що виражається в одиницях маси і припадає на одиницю площі чи об'єму. Виділяють Б. консументів, продуцентів, редуцентів і т.п. Б. суші складає приблизно $10^{12}$ – $10^{13}$ т. Розрізняють фітомасу, зоомасу, масу мікроорганізмів.

**Біопродуктивність ґрунтів** – це здатність ґрунтів виробляти врожай рослин, створювати можливість для існування тварин і мікроорганізмів. Продуктивність ґрунтів оцінюється загальною кількістю рослинної маси та її якістю, кількістю і біомасою ґрунтових тварин і мікроорганізмів.

**Біосфера** (з грец. *bios* – життя і *sphaira* – куля) – нижня частина атмосфери, вся гідросфера і верхня частина літосфери Землі, населена живими організмами, „область існування живої речовини" (за В.І. Вернадським); оболонка Землі, у якій сукупна діяльність живих організмів проявляється як геохімічний фактор планетарного масштабу. Б. – найбільша (глобальна) екосистема Землі, область системної взаємодії живих і неживих речовин на планеті.

**Біота ґрунту** – живі організми, що живуть постійно або тимчасово в ґрунті, жива фаза ґрунту (окрім коренів вищих рослин).

**Біотоп** – ділянка земної поверхні з однотипними умовами середовища, яку займає певне угруповання організмів.

**Біоценоз** – угруповання з продуцентів, консументів і редуцентів, які входять до складу одного біогеоценозу та населяють один біотоп. Поняття Б. увів німецький натураліст К. Мабіус у 1877 р. Воно рівнозначне термінові „угруповання"'.

**Біоценоз ґрунтовий –** живі організми, які постійно або тимчасово населяють ґрунт (мікроорганізми, гриби, тварини, нижчі рослини). Кореневі системи вищих рослин належать до наземних біоценозів.

**Валова первинна продукція** – кількість речовини, що створюється рослинами за одиницю часу при даній швидкості фотосинтезу.

**Вегетаційний період** – період року, коли можливий ріст і розвиток (вегетація) рослинності в певних кліматичних умовах. В.п. – період активної життєдіяльності та дуже важливий біокліматичний показник.

**Геобіонти** – постійні жителі ґрунтів (дощові черв'яки (*Lymbricidae*), багато первинно безкрилих комах (*Apterigota*), із ссавців кроти та ін.

**Геоксени** – тварини, які інколи потрапляють у ґрунт як до сховку. До них відносяться всі ссавці, які живуть у норах, багато комах (тараканові (*Blattodea*), напівтвердокрилі (*Hemiptera*), деякі види жуків).

**Геофіли** – тварини, в яких частина циклу розвитку проходить в іншому середовищі, а частина – в ґрунті. Це більшість літаючих комах (саранча, жуки, комарі-довгоніжки, медведки, багато метеликів). Одні в ґрунті проходять фазу личинки, інші – фазу лялечки.

**Гетеротрофи** (з грец. *heteros* – інший і *trophe* – їжа) – мікроорганізми, тварини, деякі рослини і гриби, які живляться готовими органічними речовинами, використовують, трансформують і розкладають складні сполуки.

**Денітрифікація** – процес відновлення нітритів і нітратів до газоподібного закису нітрогену ($N_2O$) і молекулярного нітрогену ($N_2$). Відбувається за участі бактерій денітрифікаторів, в анаеробних умовах.

**Десукція** – процес всмоктування вологи з ґрунту коренями рослин.

**Едатоп** – сукупність умов середовища, які створюються у ґрунті.

**Едафічні фактори** – сукупність ґрунтових умов, що впливають на життя організмів (родючість ґрунту, його зволоження, реакція розчину, вміст солей, фізичний стан тощо).

**Едафон** (з грец. *édaphos* – основа, ґрунт) – сукупність організмів, які проживають у ґрунті; ґрунтовий біоценоз. Термін увів німецький біолог Р. Франсе.

**Екологічна рівновага** – кількісне та якісне співвідношення природних і змінених людиною екологічних компонентів та природних процесів, яке приводить до тривалого існування екосисте-

ми певного виду або його еволюції у процесі сукцесії. Потрібно пам'ятати про умовність використання терміна „рівновага" в такому тлумаченні, оскільки й екосистеми і біосфера загалом не є рівноважними системами у фізичному розумінні.

**Екосистема** – відносно стійка система динамічної рівноваги, в якій організми і неорганічні фактори є повноправними компонентами. Е. складають організми, які разом функціонують на певній території, взаємодіють з фізичним середовищем так, що потік енергії створює чітко визначені біотичні структури і кругообіг речовин між живою і неживою частинами. Умовою існування і функціонування Е. є наявність усіх ланок трофічного ланцюга (первинних продуктів органічної речовини, споживачів-консументів різних рівнів, переробників і джерела енергії).

**Еутотрофи** – види, що досягають найкращого розвитку на родючих ґрунтах. Більшість культурних рослин – еутотрофи: пшениця, буряк цукровий, кавун, просо, кукурудза, люцерна.

**Зернова одиниця** – одиниця виміру, яка відповідає 1 кг зерна пшениці озимої.

**Зольні елементи** – речовини, які при спалюванні не згоряють, а входять до складу золи. Зола становить близько 5% від загальної ваги сухої речовини рослини.

**Зооценоз** (з грец. *zoon* – тварина, жива істота, *koinos* – загальний) – частина біоценозу, сукупність тварин, яка характеризується певним складом і взаємовідношеннями між собою і довкіллям.

**Коефіцієнт енергетичної ефективності** – відношення енергії, що міститься у вирощеній продукції, до енергії, витраченої на її одержання.

**Коефіцієнт зволоження** – відношення річної кількості опадів до річної величини випаровування з водної поверхні. К.з. – показник співвідношення тепла і вологи.

**Консументи** (з лат. *consumo* – споживаю) – організми, що в харчовому ланцюгу є споживачами органічної речовини, створеної продуцентами. До К. належать усі тварини і деякі рослини, які створюють найбільше органічної речовини на Землі. Розрізняють травоїдні К. I порядку, м'ясоїдні К. II порядку та К. III порядку, які харчуються первинними і вторинними К.

**Кормова одиниця** – узагальнююча одиниця виміру поживності речовин (корму), яка відповідає поживності 1 кг вівса середньої якості (вологість 13–14%), або 11,13 МДж обмінної енергії.

**Мезотрофи** – види, що досягають найкращого розвитку на посередніх за родючістю ґрунтах: конюшина, еспарцет, тимофіївка, вівсяниця, буркун, горох, боби.

**Мікроорганізми** або **мікроби** – мікроскопічні організми, які неможливо побачити неозброєним оком. Вивченням М. займається мікробіологія. М. можуть бути бактеріями, грибами або деякими іншими (ніж грибами) еукаріотами.

**Нітрифікація** – процес окиснення нітрогену в формі аміаку і сполук амонію до нітратів і нітритів, який здійснюють нітрифікуючи бактерії, найвідомішими з яких є *Nitrosomonas* і *Nitrobacter*.

**Обробіток ґрунту** – це механічна дія на нього робочими органами машин і знарядь з метою створення найкращих умов для росту й розвитку культурних рослин.

**Оліготрофи** – види, що досягають найкращого розвитку на слабородючих ґрунтах: біловус стиснутий, вика, люпин.

**Опад (органічний)** – кількість органічної речовини, яка щороку відмирає, на одиницю площі.

**Період біологічної активності (ПБА)** – кількість днів у році з температурою повітря понад $10^0$С і запасом продуктивної вологи не менше 1%.

**Приріст річний** – кількість органічної речовини, яка наростає за рік у підземній і надземній сферах рослинного угруповання.

**Продуктивний** – пов'язаний із нагромадженням продукції.

**Продуктивність** – середньозважений вихід фіто- та зоомаси з певної площі.

**Продуценти** (з лат. *producens* – виробляючий) або автотрофи – це всі організми, які синтезують із неорганічних речовин (зазвичай із води, діоксиду карбону, неорганічних сполук нітрогену) за допомогою сонячної енергії в процесі фотосинтезу органічну речовину. Вони є першою ланкою у харчовому ланцюгу. Це зелені вищі і нижчі рослини (фототрофи) та незелені (хемотрофи) бактерії, які також здатні синтезувати органічну речовину.

**Редуценти** (з лат. *reducens* – відновлюючий) – це дрібні організми: гриби, бактерії. Вони використовують органічну масу продуктів життєдіяльності продуцентів та консументів і в процесі обміну розкладають її до органічних сполук, які знову можуть бути засвоєні продуцентами.

**Родючість** – властивість ґрунту задовольняти потреби рослин у поживних речовинах, повітрі, біотичному та фізико-хімічному середовищі, зокрема тепловий режим, давати на цій основі врожай с.-г. культур, а акож забезпечувати біопродуктивність природної рослинності.

**Ротація сівозміни** – період, протягом якого культури і пар проходять через усі поля сівозміни у встановленій послідовності.

**Сегетальні рослини** (з грец. *segetalis* – той, що росте серед хлібів) – бур'янисті рослини, які пристосувалися до проростання у посівах сільськогосподарських рослин.

**Система землеробства** – це комплекс взаємозв'язаних агротехнічних, меліоративних і організаційних заходів, направлених на ефективне використання ресурсів, збереження і підвищення родючості ґрунту, отримання високих і сталих врожаїв культур.

**Сівозміна** – це науково обґрунтоване чергування сільськогосподарських культур і пару на певній території і в часі, спрямоване на збільшення родючості ґрунтів, їхньої продуктивності.

**Структура посівних площ** – співвідношення площ під різними культурами і чистими парами, виражене у відсотках до загальної сівозмінної площі.

**Транспірація** – випаровування рослинами в атмосферу пароподібної вологи в процесі їхньої життєдіяльності. Кількісно характеризується розміром інтенсивності Т., тобто кількістю вологи, що виділяє 1 г сирих листків за 1 годину.

**Транспіраційний коефіцієнт** – кількість води в грамах, що витрачається на нагромадження 1 г сухої речовини (рослинної).

**Урожай** (валовий збір) – це загальний обсяг продукції, зібраної з усієї площі посіву окремих сільськогосподарських культур або їхніх груп.

**Урожайність** – це середній обсяг продукції з одиниці посівної площі. Для культур, що вирощуються у відкритому ґрунті, урожайність визначають з розрахунку на 1 га, а у закритому ґрунті – на 1 м$^2$.

**Ферментативна активність ґрунтів** (з лат. *fermentum* – закваска) – здатність ґрунту проявляти каталітичний вплив на процеси перетворення екзогенних і власних органічних і мінеральних сполук завдяки ферментам. Характеризуючи Ф.а.ґ., мають на увазі сумарний показник активності. Ф.а. різних ґрунтів неоднакова і залежить від їхніх генетичних особливостей і комплексу взаємодіючих екологічних факторів. Рівень Ф.а.ґ. визначається активністю різних ферментів (інвертази, протеаз, уреази, дегідрогеназ, каталази, фосфатаз), яка виражається кількістю розкладеного субстрату за одиницю часу на 1 г ґрунту.

**Фітомаса** – загальна маса всіх рослинних організмів, будь-якої їхньої групи або окремих рослин угруповання.

**Фітоценоз** (з грец. *phyton* – рослина і *koinos* – загальний) – більш чи менш стійке угруповання, що історично складається з рослинних організмів одного або багатьох поколінь і утворює власне внутрішнє середовище (фітоклімат, обмін речовинами тощо). Ф. нерозривно поєднаний з біоценозом і біогеоценозом.

**Фотосинтез –** процес утворення органічних речовин з неорганічних (діоксиду карбону – $CO_2$ і води – $H_2O$), що відбувається за наявності хлорофілу під впливом сонячної енергії. Властивий вищим рослинам, водоростям і фотосинтезуючим бактеріям.

**Фотосинтетично активна радіація** (ФАР) – частина потоку сумарної радіації, яка використовується рослинами в процесі фотосинтезу (поглинається пігментами хлорофілу).

**Ценоз** – історично складена сукупність рослин і тварин, що населяють території з більш-менш однаковими умовами існування.

**Чисельність організмів** – 1) кількість особин певного виду на одиницю площі або в популяції; 2) загальна кількість особин на певній площі або в одиниці об'єму.

**Щільність ґрунту** (син.: *об'ємна вага ґрунту*) – маса 1 $см^3$ сухого ґрунту, взятого без порушення природної його будови. Визначається у $г/см^3$.

**Щільність твердої фази ґрунту** (син.: *питома вага ґрунту*) – маса твердої частини ґрунту в одиниці об'єму твердої фази ґрунту; виражається у $г/см^3$. Щ.т.ф.ґ. – це відношення ваги твердої частини ґрунту в сухому стані до ваги рівного об'єму води при температурі $4^oC$, тобто – це вага в грамах одного кубічного сантиметра сухого ґрунту без шпар.

## Предметний покажчик

**А**біотичний фактор 24
Агробіоценоз 228
Агроценоз 10, 228. 270
Агротехніка 196
Агрофітоценоз 228
Активна фаза органічної речовини 44
Актиноміцети 151, 167
Амоніфікація 57

**Б**актерії 51
Баланс гумусу 283-295
Баланс нітрогену 297-301
Білок 243
Біологічна продукція вторинна 129
Біологічна продукція екосистеми загальна 128
Біологічна продукція первинна 129
Біомаса 122, 151, 251, 253
Біосфера 81
Біота ґрунту 11, 150, 163
Бур'ян 208, 228. 253
Бобові культури 257

**В**апнування 197
Вегетаційний період 97
Вода 100
Водорості 151

**Г**ербіциди 187
Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) 106
Гіпсування 201
Гірські ґрунти 184
Гній 187, 293
Гранулометричний склад 25, 161
Гриби 151
Гумус 43-51
Гуміфікація 294

**Д**енітрифікація 58
Дернові ґрунти 183
Дихання ґрунту 110
Добриво 187, 312

**Е**дафічні фактори 24
Едафон 150
Екосистема 163
Еутотрофи 20

**Ж**овтозем 182

**З**акон продуктивності рослин 111
Зелені асимілюючі органи 127
Зернова одиниця 242
Зернобобові культури 235, 246, 324
Зернові культури 229, 243,323
Зольність 132, 281
Зрошення 223
Злакові культури 257

**К**алій 63-66
Кальцій 70
Каштанові ґрунти 177
Кислотність ґрунту 52-54, 160-161, 197
Коефіцієнт використання ФАР 86
Коефіцієнт водоспоживання 103

Коефіцієнт зволоження 159
Кореневі рештки 248
Кормова одиниця 240
Кормові культури 207
Кормові угіддя 256-268, 293
Кріоморфні ґрунти 172
Культивація 215

**Л**ипкість ґрунту 39
Лучні рослини 256-259

**М**агній 70-71
Макроелементи 55-71
Мезотрофи 20
Меліорація 197
Мікроелементи 55, 71-78
Мікроорганізми 150, 155, 163-169
Мінімальний обробіток 219
Мінералізація 287

**Н**ітрифікація 57
Нітроген 56-60
Норма добрива 188, 312-322
Нульовий обробіток 220
Набухання 38

**О**бробіток ґрунту 215-223
Окультурення ґрунтів 20,22
Оліготрофи 20
Опад органічний 124
Оранка 187, 215
Осушення 223
Осокові культури 258

**П**еріод біологічної активності 45
Пластичність ґрунту 37
Просідання ґрунту 38
Поверхневі рештки 248
Повітря 109
Поживний режим ґрунту 54
Поживність корму 257-259
Приріст річний 129
Програмування урожайності 303-322
Продуктивність 9, 119, 150, 186, 256

**Р**адіаційний індекс сухості 106
Реакція ґрунтового розчину 52-54
Рештки рослинні 252
Родючість 14
Ротація сівозміни 203

**С**вітло 79
Сегетальна рослинність 253
Сіалітні ґрунти 173
Сівозміна 202, 214, 283
Сірозем 178
Структура ґрунту 30-33
Структура посівних площ 202
Сульфур 66-70

**Т**емпература 92
Транспірація 102
Транспіраційний коефіцієнт 102
Твердість ґрунту 40

**У**льтрамікроелементи 55
Урожай 49, 265
Урожайність 48, 229, 257-265, 303-311

**Ф**актор життя рослин 79
Фізико-хімічні властивості ґрунтів 42
Фауна 152
Фізична стиглість ґрунту 41

Фізичні властивості ґрунтів 24-37
Фітомаса 121
Фітоценоз 119
Фосфор 60
Фотосинтез 79
Фотоперіодизм 84
Фотосинтетично активна радіація 79, 85, 305

**Ч**ервонозем 181
Черв'як дощовий 150, 154
Чорнозем 166

**Ш**паруватість 36
Щільність ґрунту 33-36

## Авторський покажчик

**А**вдонін М.С. 53

**Б**аб'єва І.П. 171
Бабич А.Ф. 238
Базилевич Н.І. 122, 122–128
Барабаш М.Б. 274
Баталін М. 250
Бойко П.І. 204
Бомба М.Я. 21, 21–34
Будико М.І. 106, 106–107
Буссенго Ж.Б. 270

**В**ернадський В.І. 55, 55–77
Висоцький Г.М. 100, 100–107
Вільямс В.Р. 112
Волобуєв В.Р. 80, 108, 108–128

**Г**амкало З.Г. 44, 77
Ганжара М.Ф. 50
Генсірук С.А. 140, 140–142
Гіляров М.С. 152, 152–159, 170
Горін М.О. 187, 187–350
Гребенюк Н.П. 274
Григор'єв А.А. 107

**Д**егерен П.П. 270
Дімо В.М. 95
Дмитрук Ю.М. 12
Добровольський Г.В. 95, 151, 151–159

**З**ахаренко І.М. 297
Звягінцев Д.Г. 165, 165–169
Зенова Г.М. 166, 171

**І**ваненко П.Л. 247, 254
Ізмаїльський О.О. 187, 187–350

**К**ачинський Н.А. 30, 30–34
Каюмов М.К. 87, 87–97, 306
Кирюшин В.І. 24, 24–34
Ковда В.А. 150, 150–159
Конариста А.В. 231, 232
Кононова М.М. 45, 45–77, 158, 158–159
Корольова І.Е. 61
Костичев С.П. 164, 164–169
Красєха Є.Н. 223
Криволуцький Д.А. 152
Кулаковська Т.М. 48
Кульбіда М.І. 276, 276–280

**Л**актіонова Т.М. 34, 265
Лєбєдєва І.М. 49
Левін Ф.І. 9, 240, 249, 251
Ликов А.М. 48
Лихочвор В.В. 71, 77, 87, 103, 242, 244
Лібіх Ю. 113, 117
Лісовий М.В. 231, 232

**М**алієнко А.М. 222
Маткевич В.Т. 242
Медведєв В.В. 25, 25–34, 200, 265
Медведовський О.К. 247
Мельничук Д.О. 275
Михайлюк В.І 12
Мішустін Є.М. 164, 164–169, 168

**Н**еуструєв С.С. 100, 100–107
Ничипорович А.О. 87, 87–97
Нікітін Є.Д. 151
Нікітін Д.І. 150, 151

**О**рлов Д.С. 150, 150–159

**П**огребняк П.С. 134
Позняк С.П. 12, 186, 223
Прянишников Д.М. 206, 245

**Р**одін Л.Є. 122, 122–128
Розанов Б.Г. 240
Розов М.М. 122, 122–128
Рябчиков А.М. 120, 120–128. 308

**С**айко В.Ф. 204, 238
Сакс Ю. 117
Селянинов Г.Т. 106, 106–107
Смірнов-Іконніков М.І. 246
Собко А.А. 318
Соколов І.А. 170, 170–201
Соколовський О.Н. 32, 32–34, 48, 48–77
Солов'яненко Н.А. 231

**Т**арарікo Ю.О. 86, 86–97, 191, 248, 256
Татарчук О.Г. 274
Тишлер В. 151
Тімірязєв К.А. 111, 111–128
Тюрін І.В. 45

**У**русєвська І.С. 95

**Ф**олкнер Е. 219

**Ч**ернов Ю.І. 165, 165–169, 170
Чесняк Г.Я. 284

**Ш**евцова Л.К. 49
Шконде Е.І. 61
Шредер Д. 151

**Я**годін Б.А. 315
Якушевська І.В. 69
Ярмолюк М.Т. 12

## Список літератури

1. *Авдонин Н.С.* Агрохимия: Учеб. пособие. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 344 с.
2. Агропочвоведение / В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, И.С. Кочетов, Д.В. Муха / Под ред. В.Д. Мухи. – М.: Колос, 1994. – 528 с.
3. Агрохимия на службе земледелия / Под. ред. С.И. Поповой. – Пермь: Книжное изд-во, 1981. – 176 с.
4. Агрохімія: Підручник / М.М. Городній та ін. – К.: ТОВ „Алефа". – 2003. – 778 с.
5. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур / За ред. В.В. Медведева. – К.: Аграрная наука, 1997.– 162 с.
6. Агроэкология / Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
7. *Бабьева И.П., Зенова Г.М.* Биология почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. – 248 с.
8. *Базилевич Н.И.* Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. – М.: Наука, 1993. – 293 с.
9. *Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А.* Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. – М.: Наука, 1986. – 296 с.
10. *Базилевич Н.И., Родин Л.Е.* Продуктивность и круговорот элементов в естественных и культурных фитоценозах (по материалам СССР) / Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. – Л.: Наука, 1971. – С. 5–31.
11. *Базилевич Н.И., Родин Л.Е., Розов Н.Н.* Географические аспекты изучения биологической продуктивности. – Материалы V съезда Географического общества СССР. – Л., 1970. – 28 с.
12. *Бегей С.В., Шувар І.А.* Екологічне землеробство: Підручник. – Львів: Новий світ–2000, 2007. – 429 с.
13. Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах / Отв. ред. Н.И. Базилевич, Л.Е. Родин. – Л.: Наука, 1971. – 313 с.
14. Биологическая продуктивность почв и ее увеличение в интересах народного хозяйства / Тезисы докладов Всесоюзного совещания. – М., 1979. – 213 с.
15. *Бомба М.Я.* Наукові та прикладні аспекти біологічного землеробства / Монографія. – Львів: Українські технології, 2004. – 232 с.
16. *Бомба М.Я., Періг Г.Т., Рижук С.М.* та ін. Землеробство з основами ґрунтознавства, агрохімії та агроекології. – К.: Урожай, 2003. – 398 с.
17. *Бомба М.Я., Томашівський З.М., Періг Г.Т.* Світові агротехнології. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 7.130102 – "Агрономія". – Львів: Львівський державний аграрний університет, 2005. – 55 с.

18. *Булигін С.Ю, Барвінський А.В., Чайка М.І.* Оцінка стану земельних ресурсів за рівнем родючості ґрунтів / Вісник ХНАУ, №6. – Харків, 2006. – С. 31–41.
19. *Власюк П.А., Городній М.М.* Агрохімія. – К.: Вища школа, 1975. – 292 с.
20. *Воробьев С.А., Буров Д.И., Туликов А.М.* Земледелие / Под ред. С.А. Воробьева. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1977. – 480 с.
21. *Гамкало З.Г.* Якість сірих лісових грунтів гемеробних екосистем та її індикація (біогеоценотичний підхід) / Автореф. дис. д-ра біол. наук: 03.00.18 / Нац. наук. центр „Ін-т грунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського" УААН. – Х., 2006. – 36 с.
22. *Генсірук С.А.* Ліси України – Львів, 2002. – 495 с.
23. Генсірук С.А., Нижник М.С. Географія лісових ресурсів України / За ред. С.А. Генсірука. – Львів: Світ, 1995. – 123 с.
24. *Гиляров М.С., Криволуцкий Д.А.* Жизнь в почве. – М.: Молодая гвардия, 1985. – 191 с.
25. *Горін М.О.* Ґрунтово-ценотичні компоненти ландшафту та добрива (облік при землеустрої): Текст лекцій // ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. – Харків, 2004. – 93 с.
26. *Гринченко Т.О., Лєпєніна І.І., Швидь С.Ф.* та ін. Моніторинг комплексної оцінки родючості ґрунтів Полтавської області / За ред. Т.О. Гринченка. – Харків: КП „Друкарня №13", 2004. – 210 с.
27. *Даниленко А.С.* Наукові основи виведення земель із обробітку на консервацію // Матер. міжнар. конференції „Наукові основи раціонального використання земель, виведених із обробітку". – К., 2003. – С. 10–22.
28. *Дідух Я.П.* Порівняльна оцінка енергетичних запасів екосистем України // Український ботанічний журнал. – К., 2007. – Т. 64, № 2. – С. 177 – 194.
29. *Добровольский Г.В., Урусевская И.С.* География почв: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, Изд-во „КолосС", 2004. – 460 с.
30. *Добряк Д.С., Канаш О.П., Розумний І.А.* Класифікація та екологобезпечне використання сільськогосподарських земель. Наукова монографія. – К.: Ін-ут землеустрою УААН, 2001. – 309 с.
31. Екологічний потенціал наземних рослин / За ред. М.А. Голубця. – Львів: ПОЛЛІ, 2003. – 179 с.
32. Загальне землеробство: Підручник / За ред. В.О. Єщенка. – К.: Вища освіта, 2004. – 336 с.
33. *Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М.* Биология почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. – 447 с.
34. *Звягинцев Д.Г.* Почва и микроорганизмы. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 256 с.
35. Земельні ресурси України. / За ред. В.В. Медведєва, Т.М. Лактіонової. – К.: Аграрна наука, 1998. – 150 с.

36. Землеробство з основами ґрунтознавства, агрохімії та екології: Навчальний посібник / Г.Т. Періг, М.Я. Бомба. – Львів: Львівський ДСГІ, 1995. – 458 с.
37. *Зінченко О.І.* Кормовиробництво: Навчальне видання. – 2-е вид., доп. і перероб. – К.: Вища освіта, 2005. – 448 с.
38. *Іващенко О.О.* Бур'яни в агрофітоценозах. – К.: Світ, 2001. – 235 с.
39. *Игнатов В.В.* Биологическая фиксация азота и азотфиксаторы / Соросовский образовательный журнал, №9, 1998. – С. 28–33.
40. *Карпачевский Л.О.* Зеркало ландшафта. – М.: Мысль, 1983. – 156 с.
41. *Кирюшин В.И.* Оценка качества земель и плодородия почв для формирования систем земледелия и агротехнологий // Почвоведение. М., 2007, №7. – С. 873–880.
42. *Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С., Орлов Д.С.* и др. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. – М.: Узд-во МСХА, 1993. – 99 с.
43. *Косолап М.П.* Гербологія: Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2004.– 364 с.
44. *Котоврасов И.П., Крикунов В.Г.* Земледелие с основами почвоведения и мелиорации. – К.: Вища школа, 1988. – 376 с.
45. *Левин Ф.И.* Количество растительных остатков в посевах полевых культур и его определение по урожаю основной продукции / Агрохимия. – №8, 1977. – С. 36–40.
46. *Левин Ф.И., Розанов Б.Г.* Продуктивность почв Нечерноземной зоны и ее увеличение / В кн.: Продуктивность почв Нечерноземной зоны и ее увеличение / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – С. 48–61.
47. *Лихочвор В.В.* Мінеральні добрива та їх застосування. – Львів: НВФ „Українські технології", 2008. – 312 с.
48. *Лихочвор В.В.* Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. – 2-ге видання, виправлене. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 808 с.
49. *Лісовий М.В., Конариста А.В., Солов'яненко Н.А.* Продуктивність основних типів ґрунтів України // Вісник ХНАУ. – Харків. – №2, 2008. – С. 12-14.
50. *Маткевич В.Т.* Кормовиробництво в таблицях. – К.: Урожай, 1992. – 224 с.
51. *Медведев В.В., Лындина Т.Е., Лактионова Т.Н.* Плотность сложения почв (генетический, экологический и агрономический аспекты). – Х.: Изд-во "13 типография", 2004. – 244 с.
52. *Медведев В.В.* Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи. – Харьков: ПФ „Антиква", 2002. – 428 с.
53. *Медведев В.В.* Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана). – Харьков: Изд-во „13 типография", 2008. – 406 с.

54. *Милащенко Н.З., Соколов О.А., Брайсон Т., Черников В.А.* Устойчивое развитие агроландшафтов. В 2 т. – Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2000. Т. 1. – 316 с.
55. *Мишустин Е.Н., Емцев В.Т.* Микробиология. – М: Агропромиздат, 1987. – 386 с.
56. *Мусієнко М.М.* Екологія рослин: Підручник. – К.: Либідь, 2006. – 440 с.
57. Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Лісостепу / Ковбасюк П.У., Мусієнко Н.М., Городній М.М. – У 2 т. – К., 2004. *(http://www.nauu.kiev.ua/book/zmist.html).*
58. *Никитин Д.И.* Экология бактерий // Жизнь растений. – М.: Просвещение, 1974. – Т. 1. – С. 314–322.
59. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И.* Органическое вещество почв Российской Федерации. – М.: Наука, 1996. – 256 с.
60. Плодородие почв и биологическая продуктивность агроценозов. – Сб. научн. трудов. – Пущино, 1986. – 165 с.
61. *Погребняк П.С.* Лісова екологія і типологія лісів [Текст]: вибрані праці. – К.: Наук. думка, 1993. – 496 с.
62. *Погребняк П.С.* Общее лесоводство. – М.: Колос, 1968. – 440 с.
63. *Позняк С.П., Красеха Є.Н.* Чинники ґрунтотворення: Навчальний посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 400 с.
64. Почвенно-экологические условия возделывания сельскохозяйственных культур / Под ред. В.В. Медведева. – К.: Урожай, 1991. – 176 с.
65. Почвоведение. Учеб. для ун-тов. В 2 ч. / Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. – Ч.1. Почва и почвообразование. – М.: Высш. шк., 1988. – 400 с.
66. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т.2. Продуктивность почв, пути ее повышения, мелиорация, защита почв от эрозии и управление плодородием / Под ред. Б.С. Носко, В.В. Медведева, Р.С. Трускавецкого, Г.Я. Чесняка. – К.: Урожай, 1988. – 176 с.
67. Продуктивность почв Нечерноземной зоны и пути ее увеличения. / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 164 с.
68. *Ремезов Н.П., Погребняк С.П.* Лесное почвоведение. – М.: Лесн. промышленность, 1965. – 321 с.
69. Родючість ґрунтів: моніторинг та управління. / За ред. В.В. Медведєва. – К.: Урожай, 1992. –248 с.
70. *Рубін С.С., Михаловський А.Г., Ступаков В.П.* Землеробство. – К.: Вища шк., 1980. – 464 с.
71. *Сайко В.Ф.* Землеробство в сучасних умовах / Вісник аграрної науки. – №5, 2002. – С. 5–10.
72. *Сайко В.Ф., Малієнко А.М.* Системи обробітку ґрунту в Україні. – К.: ВД „ЕКМО”, 2007. – 44 с.
73. *Синицина Н.И., Гольцберг И.А., Струнников Э.А.* Агроклиматология / За ред. И.А. Гольцберг. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 344 с.
74. Сівозміни у землеробстві України / За ред. В.Ф. Сайка, П.І. Бойка. – К.: Аграрна наука, 2002. – 146 с.

75. Структурно-функциональная роль почвы в биосфере / Под ред. Г.В. Добровольского. – М.: ГЕОС, 1999. – 278с.
76. *Тараріко Ю.О.* Формування агроекосистем: теорія і практика. – К.: Аграрна наука, 2005. – 508 с.
77. Технологія відтворення родючості ґрунтів у сучасних умовах / За ред. С.М. Рижука, В.В. Медведєва. – Харків, 2003. – 214 с.
78. *Титлянова А.А.* Продуктивность травяных экосистем // Биологическая продуктивность травяных экосистем. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1988. – С. 109–128.
79. *Титлянова А.А.* Продукционно-деструкционные процессы в зерновых агроценозах // Агроценозы степной зоны. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1984. – С. 151–164.
80. *Чернов Ю.И.* Природная зональность и животный мир суши. – М.: Мысль, 1975. – 222 с.
81. *Шикула М.К., Антонець С.С.* та ін. Ґрунто-захисна біологічна система землеробства в Україні. – К.: Оранта, 2000. – 390 с.
82. Шляхи підвищення родючості ґрунтів у сучасних умовах сільськогосподарського виробництва. / За ред. Б.С. Носка. – К.: Аграрна наука. – 1999. – 110 с.
83. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення / За ред. Д. Мельничука, Дж. Хофмана, М. Городнього. – К.: Арістей, 2004. – 488 с.
84. *Ярмолюк М.Т.* Агроекологічні основи створення і використання культурних пасовищ у західному регіоні України. – Оброшино: Вид-во Ін-ту землеробства і тваринництва західного регіону УААН „Сільський господар”, 2001. – 248 с.
85. Batalin M. Studium nad resztkami pożniwnymi roślin uprawnych w łanie / Rocznik Nauk Rolniczych. T.98-D. – Warszawa: Państwowe wydawnictwo rolnicze i leśne, 1962.
86. No-tiill – шаг к идеальному земледелию: Учебн.-метод. пособие / Под ред. В. Батурина. – М.: Народное образование, 2006. – 122 с.

*Додаток А*

**Запаси та продукція фітомаси в рослинних формаціях (за Н.І. Базилевич, 1986)**

| Рослинні формації | Жива фітомаса, т/га | Продукція, т/га в рік |
|---|---|---|
| Полярні пустелі | 1,6 | 0,24 |
| Арктичні тундри | 5,8–13,3 | 1,5–3,1 |
| Субарктичні тундри | 20,0–24,5 | 2,2–3,2 |
| Лісотундри | 35,0–88,1 | 3,7–4,6 |
| Болота верхові, перехідні | 11,6–43,5 | 3,1–3,4 |
| Болота низинні мохово-трав'яні | 16,6–20,5 | 7,3–14,0 |
| Заплавні луки | 9,6–16,1 | 10,7–18,3 |
| Північна й середня тайга, ялинники, сосняки, ліси з модрини | 60,2–236,5 | 3,7–5,8 |
| Південна тайга й хвойно-широколистяні ліси | 243,0–320,0 | 12,0–14,4 |
| Широколистяні ліси | 228,0–324,0 | 8,6–13,0 |
| Субтропічні вологі ліси | 422,0 | 24,5 |
| Степи лучні й справжні | 13,5–19,2 | 13,8–20,0 |
| Степи сухі | 8,9–14,5 | 8,3–13,7 |
| Степи солонцеві | 3,5–6,5 | 5,1–6,7 |
| Трав'янисті болота степової зони | 21,5–37,1 | 28,9–41,2 |
| Напівпустелі напівчагарникові й трав'яні | 5,7–7,9 | 5,4–7,0 |
| Напівпустелі псамофітові | 7,7–9,5 | 2,8–5,8 |
| Напівпустелі солонцеві | 6,6–9,6 | 1,7–6,5 |
| Напівпустелі соковитосолянкові | 4,0–11,4 | 2,6–4,5 |
| Луки солончакуваті заплавні | 25,7–30,9 | 28,5–34,6 |
| Пустелі трав'яні | 5,3–7,5 | 1,9–6,1 |
| Пустелі сухосолянкові | 6,7–10,5 | 2,2–3,3 |
| Пустелі соковитосолянкові | 8,3–11,1 | 4,0–8,0 |
| Пустелі псамофітові | 6,9–8,5 | 1,5–4,3 |
| Пустелі чорносаксаульникові | 33,4 | 8,5 |
| Трав'яні болота заплавні пустельної зони | 33,2–41,3 | 36,9–38,0 |
| Такири | 1,5–1,8 | 0,7–1,7 |
| Субтропічні ксерофітні ліси | 170 | 16 |
| Субтропічні чагарничкові степи | 35 | 10 |
| Субтропічні пустельні степи | 12 | 10 |

*Додаток Б*

**Площа, фітомаса та первинна продукція суші Землі**
**(за Н.І. Базилевич, Л.Є. Родіним, М.М. Розовим, 1970)**

| Термічні пояси, біокліматичні області та ґрунтово-рослинні формації | Площа, $10^3$ км$^2$ | Фітомаса | | Продукція | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | т/га | $10^6$ т | т/га в рік | $10^6$ т |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Полярний пояс, гумідні і семигумідні області | | | | | |
| Полярні пустелі (арктичні) на полігональних та інших арктичних ґрунтах | 706 | 5 | 353 | 1,0 | 70,6 |
| Тундри на тундрових глеєвих ґрунтах | 3756 | 28 | 10517 | 2,5 | 939,0 |
| Болота (полярні) на болотних мерзлотних ґрунтах | 188 | 25 | 470 | 2,2 | 41,4 |
| Заплавні формації | 12 | 10 | 12 | 1,7 | 2,04 |
| Гірсько-полярнопустельні формації на гірських арктичних ґрунтах | 440 | 8 | 352 | 1,5 | 66,0 |
| Гірсько-тундрові формації на гірсько-тундрових ґрунтах | 2946 | 7 | 2062 | 0,7 | 206,22 |
| **Усього** | **8048** | **17,1** | **13766** | **1,6** | **1325,26** |
| Бореальний пояс, гумідні і семигумідні області | | | | | |
| Трав'яно-лісові приокеанські формації на вулканічному попелі | 135 | 100 | 1350 | 10,0 | 135,0 |
| Лісотундрове рідколісся і північно-тайгові ліси на глеєпідзолистих ґрунтах | 880 | 125 | 11000 | 5,0 | 440,0 |
| Лісотундрове рідколісся і північно-тайгові ліси на глеємерзлотних тайгових ґрунтах | 1219 | 100 | 12190 | 4,0 | 487,6 |
| Середньо-тайгові ліси на підзолистих ґрунтах | 3571 | 260 | 92846 | 7,0 | 2499,7 |
| Середньо-тайгові ліси на мерзлотно-тайгових ґрунтах | 2463 | 200 | 49260 | 6,0 | 1477,8 |
| Південно-тайгові і широколистяно-хвойні ліси на дерново-підзолистих ґрунтах | 3182 | 300 | 95460 | 7,5 | 2386,5 |
| Південно-тайгові і широколистяно-хвойні ліси на палево-підзолистих ґрунтах | 393 | 350 | 13755 | 10,0 | 393,0 |
| Південно-тайгові і широколистяно-хвойні ліси на дерново-карбонатних і дерново-глеєвих ґрунтах | 301 | 350 | 10535 | 10,0 | 301,0 |
| Південно-тайгові і широколистяно-хвойні ліси на тайгових заболочених ґрунтах | 853 | 80 | 6824 | 4,0 | 341,2 |
| Дрібнолистяні ліси на сірих і сірих осолоділих лісових ґрунтах | 227 | 200 | 4540 | 8,0 | 181,6 |
| Широколистяні ліси на сірих лісових ґрунтах | 711 | 370 | 26307 | 8,0 | 568,8 |
| Болота | 1112 | 35 | 3892 | 3,5 | 389,2 |
| Заплавні формації | 593 | 60 | 3558 | 6,0 | 355,8 |
| Гірсько-тайгові ліси на гірсько-підзолистих ґрунтах | 2696 | 170 | 45832 | 6,0 | 1617,6 |

*Продовження додатку Б*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Гірсько-тайгові ліси на гірсько-мерзлотних ґрунтах | 3040 | 160 | 48640 | 5,0 | 1520,0 |
| Гірсько-тайгові ліси на гірських сірих лісових ґрунтах | 252 | 300 | 7560 | 7,5 | 189,0 |
| Гірсько-тайгові ліси на гірсько-лучних ґрунтах | 1575 | 35 | 5512,5 | 12,0 | 1890,0 |
| **Усього** | **23203** | **189,2** | **439061,5** | **6,54** | **15173,8** |
| Суббореальний пояс, гумідні області | | | | | |
| Широколистяні ліси на бурих лісових ґрунтах | 2485 | 400 | 99400 | 13 | 3230,5 |
| Широколистяні ліси на рендзинах | 27 | 370 | 999 | 12 | 32,4 |
| Трав'янисті прерії на лучно-чорноземних ґрунтах | 567 | 35 | 1984,5 | 15 | 850,5 |
| Широколистяні ліси заболочені з дрібними масивами боліт | 330 | 300 | 9900 | 13 | 429,0 |
| Болота | 16 | 40 | 64 | 25 | 40,0 |
| Заплавні формації | 193 | 92 | 1782 | 12 | 237,6 |
| Гірські ліси на бурих гірсько-лісових ґрунтах | 3769 | 370 | 139453 | 12 | 4522,8 |
| **Усього** | **7387** | **343** | **253582,5** | **12,6** | **9342,8** |
| Суббореальний пояс, семиаридні області | | | | | |
| Степи на чорноземах типових та опідзолених | 1043 | 25 | 2607,5 | 13 | 1355,9 |
| Степи на чорноземах звичайних і південних | 1471 | 20 | 2942,0 | 8 | 1176,8 |
| Степи на чорноземах солонцюватих | 250 | 20 | 500,0 | 8 | 200,0 |
| Степові формації на солонцях | 65 | 16 | 104,0 | 5 | 32,5 |
| Галофітні формації на солончаках | 6 | 12 | 7,2 | 4 | 2,4 |
| Псаммофітні формації на пісках | 60 | 18 | 108,0 | 8 | 48,0 |
| Сухий степ на темно-каштанових ґрунтах | 740 | 20 | 1480,0 | 9 | 666,0 |
| Пустинні степи на ясно-каштанових ґрунтах | 1211 | 13 | 1574,3 | 5 | 605,5 |
| Сухі і пустинні степи на каштаново-солонцюватих комплексах | 670 | 14 | 938,0 | 5 | 335,0 |
| Сухі і пустинні степи на солонцях | 212 | 14 | 296,8 | 5 | 106,0 |
| Галофітні формації на солончаках (в сухих і пустинних степах) | 76 | 2 | 15,2 | 0,7 | 5,3 |
| Псаммофітні формації на пісках (в сухих і пустинних степах) | 142 | 15 | 213,0 | 6 | 85,2 |
| Трав'янисті болота на лучно-болотних ґрунтах | 57 | 15 | 85,5 | 7 | 39,9 |
| Заплавні формації | 285 | 80 | 2280,0 | 12 | 342,0 |
| Гірські сухі степи на гірських каштанових ґрунтах | 830 | 15 | 1245,0 | 7 | 581,0 |
| Гірські степи на гірських чорноземах | 229 | 25 | 572,5 | 10 | 229,0 |
| Гірські лучні степи на субальпійських гірсько-лучностепових ґрунтах | 754 | 25 | 1885,0 | 11 | 829,4 |
| **Усього** | **8101** | **20,8** | **16854,0** | **8,2** | **6639,9** |

*Продовження додатку Б*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Суббореальний пояс, аридні області | | | | | |
| Пустелі остепнілі на бурих напівпустельних ґрунтах | 1414 | 12 | 1696,8 | 4,0 | 565,6 |
| Пустелі остепнілі на буро-солонцюватих комплексах | 407 | 10 | 407,0 | 3,5 | 142,5 |
| Пустелі остепнілі на солонцях | 140 | 9 | 126,0 | 3,2 | 44,8 |
| Пустелі на сіро-бурих пустельних ґрунтах | 1373 | 4,5 | 617,9 | 1,5 | 205,9 |
| Псаммофітні формації на пісках (у пустелях) | 823 | 30 | 2484,0 | 5,0 | 414,0 |
| Пустелі на такирних ґрунтах і такирах | 121 | 3 | 36,3 | 1,0 | 12,1 |
| Галлофітні формації на солончаках (у пустелях) | 218 | 1,5 | 32,7 | 0,5 | 10,9 |
| Заплавні формації | 136 | 80 | 1088,0 | 13 | 176,8 |
| Гірські пустелі на гірських бурих напівпустельних ґрунтах | 352 | 9 | 316,8 | 3 | 105,6 |
| Гірські пустелі на високогірних пустельних ґрунтах | 2054 | 7 | 1437,8 | 1,5 | 308,1 |
| **Усього** | **7038** | **11,7** | **8243,3** | **2,8** | **1986,3** |
| **Суббореальний пояс, усього** | **22526** | **123,7** | **278680** | **8,0** | **17969,0** |
| Субтропічний пояс, гумідні області | | | | | |
| Широколистяні ліси на червоноземах і жовтоземах | 1977 | 450 | 88965 | 20 | 3954,0 |
| Широколистяні ліси на червоноколірних рендзинах і terra rossa | 172 | 380 | 6536 | 16 | 275,2 |
| Трав'яні прерії на червонувато-чорних ґрунтах | 476 | 30 | 1428 | 13 | 618,8 |
| Широколистяні ліси заболочені з малими масивами боліт | 126 | 400 | 5040 | 22 | 277,2 |
| Лучно-болотні та болотні формації | 269 | 200 | 5380 | 130 | 3497,0 |
| Заплавні формації | 682 | 250 | 17050 | 40 | 2728,0 |
| Гірські широколистяні ліси на гірських жовтоземах і червоноземах | 2537 | 410 | 104017 | 18 | 4566,6 |
| **Усього** | **6239** | **366,1** | **228416** | **25,5** | **15916,8** |
| Субтропічний пояс, семиаридні області | | | | | |
| Ксерофітні ліси на коричневих ґрунтах | 1593 | 170 | 27081 | 16 | 2548,8 |
| Кущово-степові формації на сіро-коричневих ґрунтах | 2666 | 35 | 9331 | 10 | 2666 |
| Кущово-степові формації на сіро-коричневих солонцюватих ґрунтах з малими масивами солонців | 75 | 20 | 150 | 6 | 45 |
| Кущово-степові формації на субтропічних чорноземоподібних і злитих ґрунтах | 475 | 25 | 1187,5 | 8 | 380 |
| Псаммофітні формації на піщаних ґрунтах і пісках | 51 | 20 | 102 | 5 | 25,5 |

*Продовження додатку Б*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Галофітні формації на солончакових ґрунтах і солончаках | 73 | 1,5 | 10,95 | 0,5 | 3,65 |
| Заплавні формації | 629 | 250 | 15725 | 40 | 2516 |
| Гірські ксерофітні ліси на гірських коричневих ґрунтах | 2236 | 120 | 26832 | 13 | 2906,8 |
| Гірські кущово-степові формації на гірських сіро-коричневих ґрунтах | 493 | 30 | 1479 | 8 | 394,4 |
| Усього | **8291** | **98,7** | **81898,45** | **13,8** | **11486,2** |
| Субтропічний пояс, аридні області | | | | | |
| Пустелі остепенілі на сіроземах і лучно-сіроземних ґрунтах | 1980 | 12 | 2376 | 10 | 1980,0 |
| Пустелі на пустельних субтропічних ґрунтах | 4289 | 2 | 857,8 | 1 | 428,9 |
| Псаммофітні формації на пісках | 1875 | 3 | 562,5 | 0,1 | 18,75 |
| Пустелі на такирних ґрунтах і такирах | 147 | 1 | 14,7 | 0,5 | 7,35 |
| Галофітні формації на солончаках | 210 | 1 | 21,0 | 0,2 | 4,2 |
| Заплавні ґрунти | 439 | 200 | 8780,0 | 90 | 3951,0 |
| Гірські пустелі на гірських сіроземах | 610 | 15 | 915,0 | 12 | 732,0 |
| Гірські пустелі на гірських пустельних субтропічних ґрунтах | 180 | 3 | 54 | 1 | 18,0 |
| **Усього** | **9730** | **13,9** | **13581** | **7,3** | **7140,2** |
| **Субтропічний пояс, усього** | **24260** | **133,5** | **323895,4** | **14,2** | **34543,2** |
| Тропічний пояс, гумідні області | | | | | |
| Вологі вічнозелені ліси на червоно-жовтих фералітних ґрунтах | 8630 | 650 | 560950 | 30 | 25890 |
| Вологі вічнозелені ліси на темно-червоних ґрунтах | 197 | 600 | 11820 | 27 | 531,9 |
| Перемінно вологі вічнозелені ліси і вторинні високотравні савани на червоних фералітних ґрунтах | 8786 | 200 | 175720 | 16 | 14057,6 |
| Перемінно вологі вічнозелені ліси і вторинні високотравні савани на чорних тропічних ґрунтах | 141 | 80 | 1128 | 15 | 211,5 |
| Вологі вічнозелені заболочені ліси на фералітних глеєвих ґрунтах | 2244 | 500 | 112200 | 25 | 5610 |
| Болотні формації | 664 | 300 | 19920 | 150 | 9960 |
| Заплавні формації | 1175 | 250 | 29375 | 70 | 8225 |
| Мангрові ліси | 478 | 130 | 6214 | 10 | 478 |
| Гірські вологі тропічні ліси на гірських червоно-жовтих фералітних ґрунтах | 2419 | 700 | 169330 | 35 | 8466,5 |
| Гірські перемінно вологі тропічні ліси на гірських червоних фералітних ґрунтах | 1176 | 450 | 79515 | 22 | 3887,4 |
| **Усього** | **25910** | **450** | **1166172** | **29,8** | **77317,9** |

*Закінчення додатку Б*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Тропічний пояс, семиаридні області | | | | | |
| Ксерофітні ліси на коричнево-червоних фералітизованих ґрунтах | 4627 | 250 | 115675 | 17 | 7865,9 |
| Савани трав'яні і кущові на червоно-бурих фералітних ґрунтах | 6547 | 40 | 26188 | 12 | 7856,4 |
| Савани трав'яні і кущові на чорних тропічних ґрунтах | 2050 | 30 | 6150 | 11 | 2255,0 |
| Савани трав'яні і кущові на солонцевих тропічних ґрунтах | 235 | 20 | 470 | 7 | 164,5 |
| Саванні залужені і заболочені на лучно-червоних фералітизованих ґрунтах | 894 | 60 | 5364 | 14 | 1251,6 |
| Заплавні формації | 221 | 200 | 4420 | 60 | 1326,0 |
| Гірські ксерофітні ліси на гірських коричнево-червоних ґрунтах | 497 | 200 | 9940 | 15 | 745,5 |
| Гірські савани на гірських червоно-бурих ґрунтах | 938 | 40 | 3752 | 12 | 1125,6 |
| **Усього** | **16009** | **107,4** | **171959** | **14,1** | **22590** |
| Тропічний пояс, аридні області | | | | | |
| Опустелені савани на червонувато-бурих ґрунтах | 4290 | 15 | 6435 | 4 | 1716,0 |
| Пустелі на пустельних тропічних ґрунтах | 4673 | 1,5 | 700,95 | 1 | 467,3 |
| Псаммофітні формації на пісках | 2820 | 1 | 282 | 0,1 | 28,2 |
| Пустелі на тропічних злитих ґрунтах | 216 | 1 | 21,6 | 0,2 | 4,32 |
| Галофітні формації на солончаках | 115 | 1 | 11,5 | 0,1 | 1,15 |
| Заплавні формації | 100 | 150 | 1500 | 40,0 | 400,0 |
| Гірські пустелі на гірських пустельних тропічних ґрунтах | 626 | 1 | 62,6 | 0,1 | 6,26 |
| **Усього** | **12840** | **7,0** | **9013,65** | **2** | **2623** |
| **Тропічний пояс, усього** | **54759** | **246,0** | **1347144,7** | **18,7** | **102531,63** |
| Вся суша (без льодовиків, озер і рік) | 132796 | 180,9 | 2402547,4 | 12,9 | 171542,9 |
| Льодовики | 13900 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Озера і ріки | 2000 | 0,2 | 40 | 5 | 1000 |
| Континенти, всього | 148696 | 161,6 | 2402587,4 | 11,6 | 172543 |

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

ІВАНЮК Галина

# БІОПРОДУКТИВНІСТЬ ҐРУНТІВ

Навчальний посібник

*Рекомендовано*
*Міністерством освіти і науки України*

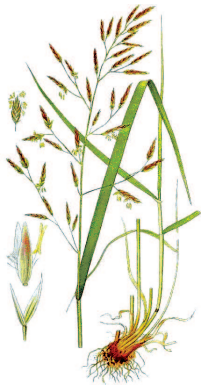
Редактор *М.В. Михалюк*
Технічний редактор *С.З. Сеник*
Комп'ютерне верстання *Л.М. Семенович*
*Коректор Г.І. Матіїв*

Формат 70×100 $^{1}/_{16}$. Умовн. друк арк. 28,2.
Тираж 300 прим. Зам.

Видавничий центр Львівського національного університету
імені Івана Франка.
79000 м. Львів, вул. Дорошенка, 41

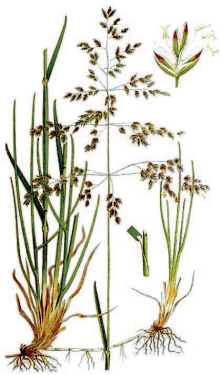
Свідоцтво
про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників
і розповсюджувачів видавничої продукції.
Серія ДК № 3059 13.12.2007 р.

## ЗЛАКОВІ КУЛЬТУРИ

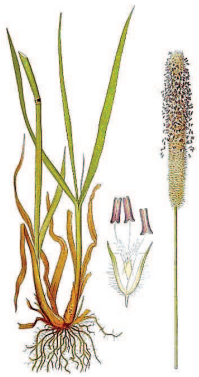


Вівсяниця (костриця) лучна (*Festuca pratensis*)

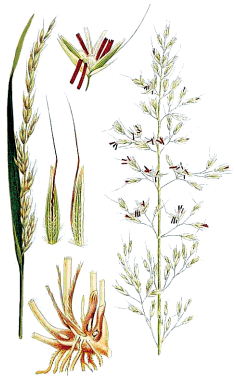
Райграс пасовищний (*Lolium perenne*)



Тонконіг лучний (*Poa pratensis*)



Тимофіївка лучна (*Phleum pratense*)



Райграс високий (*Arrhenatherum elatius*)

Грястиця збірна (*Dactylis glomerata*)

Мітлиця біла (*Agrostis alba*)

Пирій повзучий (*Elytrigia repens*)

Щучник дернистий (*Deschampsia caespitosa*)

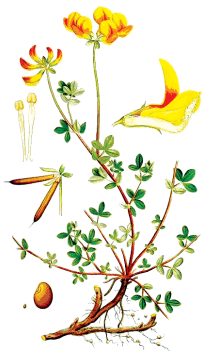
Костриця червона (*Festuca rubra*)

Рис. 7.1. Найпоширеніші злакові лучні культури

**БОБОВІ КУЛЬТУРИ**

Люцерна посівна
(*Medicago sativa*)

Еспарцет посівний
(*Onobrychis vicifolia*)



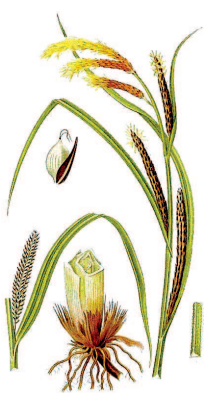
Лядвенець рогатий
(*Lotus corniculatus*)

Буркун лікарський
(*Melilotus officinalis*)

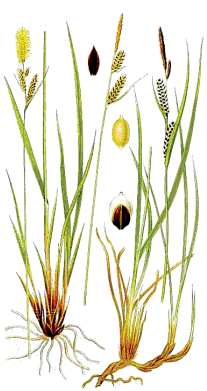
Люпин багаторічний
(*Lupinus perennis*)

**ОСОКОВІ КУЛЬТУРИ**

Кобрезія
(*Cobresia caricina*)



Осока гостра
(*Carex gracilis*)



Осока дерниста
(*Carex caespitosa*)

Осока піщана
(*Carex arenaria*)

Пухівка піхвова
(*Eriophorum vaginatum*)

Рис. 7.2. Бобові та осокові культури