

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Підручник

*За редакцією академіка АНВО,
заслуженого працівника народної освіти України,
доктора сільськогосподарських наук, професора В.П. Гудзя*

Затверджено Міністерством освіти і науки України
як підручник для студентів вищих навчальних закладів

Житомир
2010

УДК 504:631.153.3:504

ББК41.4

Е40

*Гриф надано Міністерством освіти і науки України
(лист № 1.4/18-Г-2384 від 18.11.08 р.)*

Автори: В. П. Гудзь, М. Ф. Рибак, М. М. Тимошенко, А. С. Малиновський, В. Г. Дідора, С. П. Танчик, І. А. Шувар, Е. Р. Ермантраут, П. І. Бойко, В. О. Забалуєв, І. П. Рихлівський, О. П. Кротінов, Ю. Г. Міщенко, В. М. Рожко, В. М. Дудченко, О. Ю. Карпенко, М. Ф. Іванюк, М. М. Дейсан, В. А. Дикий

Рецензенти:

О. О. Іващенко - член-кореспондент УААН, доктор с.-г. н., професор, заступник директора Інституту цукрових буряків УААН;

О. Ф. Смаглий - академік, АНВО, доктор с.-г. н., професор, завідувач кафедри ґрунтознавства, агрохімії та землеробства Житомирського національного агроекологічного університету;

В. М. Жеребко - академік АНВО, доктор с.-г. н., професор, завідувач кафедри інтегрованого захисту рослин Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Екологічні проблеми землеробства: Підручник / За ред.
Е 40 В ТІ. Гудзя. - Житомир: Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2010. — 708 с.
ISBN 978-966-8706-45-5

У підручнику викладені Історія розвитку, наукові основи екологічного землеробства та його закони. Подані основні складові біологічних показників родючості і окультурення ґрунту: Ґрунтова біота, фітосанітарний стан, агрофізичні властивості, агрохімічні показники, а також висвітлені основні причини екологічної незбалансованості землеробства. Висвітлена проблема вмісту і стану органічної речовини в ґрунті як функції системи екологічного землеробства та прогнозування її в сівозміні. Розкритий вплив бур'янів на умови росту і розвитку культурних рослин в полях сівозміні, комплекс заходів їх захисту, а також екологічні проблеми застосування пестицидів у сільському господарстві. Розкриті особливості формування раціональної структури землекористування в Україні та її екологічна оцінка. Викладена роль проміжних посівів у розв'язанні проблем землеробства. Екологічно обґрунтовані заходи та системи механічного обробітку ґрунту, а також їх роль у захисті від ерозії і дефляції.

Розглянуті питання екологізації стосовно природно-кліматичних зон України.

Представлені основи екологічного моніторингу агроландшафтів та використання його результатів у практиці землеробства. Викладені методи аналізу екологічних факторів на продуктивність рослин.

Для викладачів, аспірантів, бакалаврів та магістрів агробіологічних спеціальностей вищих навчальних закладів і спеціалістів відповідного профілю.

ISBN 978-966-8706-45-5

УДК 504:631.153.3:504

ББК 41.4

©ЖНАЕУ,2010

Розділ 3.

Водний режим ґрунту

Водний режим ґрунту - послідовні багаторічні закономірні зміни сукупності складових водного балансу ґрунту за окремі періоди або за весь рік у цілому в певній частині земної кулі. Водний режим ґрунту є важливою ознакою водних властивостей підстильної поверхні. Провідною ланкою водного режиму ґрунту є режим вологості ґрунту. Він визначає типи агрогідрологічного районування за класифікацією Г.М. Висоцького (за співвідношенням кількості опадів, випарування, стоку, фільтрації та ін.). Цілковите уявлення про водний режим ґрунту складається за сукупним розглядом усіх згаданих складових. Часткові особливості виявляються за оцінкою щорічних співвідношень між динамікою вологості ґрунту й обраних складових водного режиму ґрунту.

3.1. Значення води в житті рослини і ґрунту та потреба в ній сільськогосподарських культур

Вода є необхідною умовою рослин. Вона є одним із елементів родючості ґрунту.

У рослинному організмі міститься від 75 до 90 % води. З надходженням і рухом води в рослину пов'язані всі її життєві процеси. При наявності води, повітря і тепла насіння рослин бубнявіє і проростає, ростуть тканини, надходять у рослину і переміщуються в ній поживні елементи, відбувається фотосинтез і утворюються нові органічні речовини.

У жарку погоду вода запобігає загибелі рослин. Переміщуючись по рослині, вона охолоджує і підвищує стійкість її проти високих температур. Вода підтримує тургор клітин, переміщує по окремих її органах продукти асиміляції. За допомогою води проходить кореневе живлення рослин. Вона регулює ріст і розвиток рослин. Нестача її призводить до недобору врожаю, викликає пригнічення, а іноді і загибель рослин. Проте, і надлишок води також негативно впливає на більшість сільськогосподарських рослин, за винятком рису та інших вологолюбів.

Потреба рослин у воді проявляється з перших днів розвитку. Процес проростання насіння починається лише тоді, коли воно набухне, тобто поглине певну кількість води. Кількість її для нормального проростання неоднакова для різних сільськогосподарських культур (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Кількість води, необхідної для проростання насіння різних культур,
% від маси**

| Культура | Кількість води, % від маси насіння | Культура | Кількість води, % від маси насіння |
|-----------------|---|------------------|---|
| Пшениця | 45-59 | Люпин | 130-143 |
| Жито | 64-78 | Вика | 130-142 |
| Ячмінь | 58-60 | Льон | 100-105 |
| Овес | 76-85 | Коноплі | 20-74 |
| Кукурудза | 25-35 | Цукрові буряки | 115-121 |
| Просо | 25-27 | Конюшина червона | 140-145 |
| Горох | 110-115 | | |

Проте сумарна витрата вологи на проростання насіння незначна. Вже на перших етапах життя рослини різних видів використовують неоднакову кількість води, те саме спостерігається і в наступні періоди їх життя. Зокрема рослини мало використовують води у початковий період розвитку і максимальну її кількість при формуванні надземної та підземної маси, регенеративних органів, плодів, коренеплодів, бульбоплодів. Наприкінці вегетації використання води рослинами помітно зменшується. Період найбільшої потреби рослин у воді, коли нестача її різко знижує врожайність, називається критичним періодом. Для озимих і ярих зернових колосових цей період припадає на вихід у трубку - колосіння, для кукурудзи - цвітіння - молочна стиглість, для зернобобових і гречки - цвітіння, для соняшнику - утворення кошика, для картоплі - цвітіння - бульбоутворення.

Загальні витрати на утворення сухих речовин рослин характеризується транспіраційним коефіцієнтом. Цей показник, значною мірою, залежить від виду та біологічних особливостей рослин, а також від умов вирощування культур (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Транспіраційний коефіцієнт різних сільськогосподарських культур

| Культура | Транспіраційний коефіцієнт | Культура | Транспіраційний коефіцієнт |
|-------------------------|---------------------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Пшениця | 400-450 | Люцерна | 600-800 |
| Ячмінь | 360-480 | Горох | 350-400 |
| Кукурудза, просо, сорго | 240-350 | Конюшина червона | 600-750 |
| Цукрові буряки | 500-600 | Овес | 350-400 |
| Льон | 400-450 | Картопля | 500-550 |

Наведені дані таблиці свідчать про те, що транспіраційний коефіцієнт для порівняння потреби у волозі різних культур має лише відносне значення. Величина транспіраційного коефіцієнта залежить не лише від виду рослин, а й від екологічних умов їх вирощування, тобто від ґрунтових та метеорологічних умов. Як відомо, випарування залежить від величини відносної вологості повітря, яка в свою чергу, пов'язана з кількістю водяної пари в повітрі та температури. Тому у суху погоду транспірація підвищується, у вологу -

знижується. У загальному комплексі метеорологічних умов на транспіраційний коефіцієнт впливають, крім відносної вологості повітря, вітер та його сила, а також сонячне світло. Установлено, що на сонці транспірація у рослин відбувається енергійніше, тому рослини, що ростуть на краях поля, використовують більше вологи, ніж ті, що ростуть у середині ділянки.

Із ґрунтових чинників, що впливають на транспірацію, велике значення має забезпеченість рослин елементами живлення. Внесення добрив забезпечує більш раціональне використання рослинами запасів ґрунтової вологи. Так у дослідях акад. Д.М. Прянїшнікова величина транспіраційного коефіцієнта вівса, вирощеного у вегетаційних посудинах, була різною (табл. 3.3).

Раціональне використання вологи культурними рослинами, за одночасного забезпеченні їх достатньою кількістю елементів живлення та іншими факторами життя, має важливе виробниче значення. Це підтверджується однією з основних тез наукового землеробства - максимальна ефективність будь-якого фактора або агротехнічного заходу можлива тільки за повного забезпечення рослин іншими умовами життя.

Таблиця 3.3

Транспіраційний коефіцієнт вівса

| Вологість ґрунту, % від повної вологоємності | Транспіраційний коефіцієнт | |
|--|----------------------------|-----------------------|
| | без добрив | при повному удобренні |
| 40 | 402 | 334 |
| 60 | 483 | 372 |
| 80 | 505 | 409 |

Транспіраційний коефіцієнт помітно змінюється у межах різних сортів і різновидів культур. Проте, величина його характеризує лише витрату вологи рослинами і враховує її надходження. Рослина з високим транспіраційним коефіцієнтом, у порівнянні з рослиною, у якої цей показник низький, може вбирати води більшу кількість, якщо в неї глибоко розмішена коренева система, що дає їй змогу вбирати вологу з глибоких шарів ґрунту. Так, люцерна має високий транспіраційний коефіцієнт, хоч може добре розвиватись і в умовах посухи, оскільки її коренева система проникає в ґрунт на глибину більш як на 10 м.

Здатність вівсюга звичайного пригнічувати овес, особливо в посушливі роки, значною мірою зумовлена тим, що його коренева система розвивається швидше, ніж у вівса. У більшості пізніх культур, що розвиваються в другій половині літа (кукурудза, сорго, суданська трава та ін.), коренева система розміщується глибоко. З її допомогою вони використовують протягом першої половини літа вологу із глибоких шарів ґрунту, сильніше висушуючи їх, ніж ранні культури, а в другій половині літа використовують вологу опадів. У посушливій зоні всі заходи, що сприяють швидкому розвитку кореневої системи і проникненню її вглиб (глибока оранка, рання сівба тощо), полегшують використання води рослинами з глибоких шарів ґрунту.

Нестача вологи зумовлює тимчасове або тривале в'янення рослин. При значній нестачі води в листках порушуються біохімічні процеси, насамперед відбувається гідроліз вуглеводів з утворенням сахарози та розкладання білків. Внаслідок цього рослини втрачають здатність до фотосинтезу.

Вологість ґрунту на полях, зайнятих посівами культур, знижується внаслідок як транспірації рослин, так і випаровування її з поверхні ґрунту. Причому значна частина ґрунтової вологи витрачається на формування врожаю. Особливо значним є випаровування вологи з поверхні ґрунту на початку вегетації рослин.

Сільськогосподарські культури потерпають як від нестачі, так і від надлишку вологи в ґрунті. Перезволоження ґрунту зумовлює нестачу кисню, наявність якого у ґрунтовому повітрі сприяє нормальному функціонуванню кореневої системи рослин. Крім того, за нестачі кисню пригнічується життєдіяльність аеробних бактерій, денітрифікація нітратів та ретроградація фосфатів. Тривале застоювання води у блюдцях спричиняє вимочення посівів озимих культур.

Потреба рослин у воді залежить від біологічних властивостей даної групи або сортів рослин, площі листової поверхні, тривалості вегетаційного періоду, життєдіяльності та особливостей розміщення кореневої системи в ґрунті.

Співвідношення потреби рослин у волозі та вологості ґрунту дало змогу академіку В.Р. Вільямсу та іншим вченим дійти висновку, що оволодіння методами впливу на водний режим ґрунту - одне з основних завдань землеробства. Особливо значною є проблема водяного режиму в зонах недостатнього зволоження - Степу та Лісостепу.

Забезпеченість культурних рослин вологою в різних місцевостях визначається не лише кількістю опадів, а й величиною випаровування води з ґрунту, яка значно залежить від температури повітря і ґрунту. І.Т. Солянінов запропонував формулу для розрахунку забезпеченості рослин вологою опадів (Р):

де А - кількість опадів за вегетаційний період або певна його частина, мм;

В - сума температур за той самий період;

10 - коефіцієнт (Р = 0,5 ґрунт вважається сухим; 1,0 - посушливим; 1,5 - вогким; при 2 - надмірно зволеним).

Велике значення для формування врожаю рослин має розподіл опадів у часі. Сума опадів за весну і першу половину літа, тобто за період, протягом якого для рослин особливо потрібна волога, невелика.

Доведено, що величина транспіраційного коефіцієнта залежить від осмотичного тиску ґрунтового розчину та структури ґрунту. Із зменшенням вмісту частинок пилу в ґрунті величина транспіраційного коефіцієнта зменшується. Тому при поліпшенні структури ґрунту посилюється життєдіяльність аеробних бактерій, які розкладають органічну речовину, збільшується вміст мінеральних речовин у ґрунтовому розчині; внаслідок чого підвищується осмотичний тиск ґрунтового розчину, що, в свою чергу, сприяє зменшенню величини транспіраційного коефіцієнта рослин.

Крім погодних умов, для забезпечення рослин вологою велике значення мають фізичні властивості ґрунту, зокрема його будова, щільність складання, гранулометричний склад та характер поверхні. Від цих властивостей ґрунту залежать не лише загальні запаси вологи в ньому, а й її рухомість та швидкість переміщення. Зокрема, піщані ґрунти висихають швидше, порівняно з іншими,

втрачаючи воду внаслідок випарування. Вони утримують менше води, ніж суглинкові та глинисті ґрунти. Проте недостатньої для рослин вологи у піщаних і супіщаних ґрунтах рослини легше витримують посуху.

Помітно впливає на вміст вологи у ґрунті поверхня випарування. Чим вона рівніша, тим менше випаровується вологи. Гребениста поверхня, що утворилася після оранки, зумовлює значну втрату ґрунтової вологи. Випарування води ґрунтом з гребеневою або глибистою поверхнею посилюється під дією сили вітру.

Вміст води в ґрунті залежить також від експозиції земельної ділянки. Так, при уклоні поверхні 15° на східному схилі випарування зменшується на 86 %, на західному - на 84 %, а на північному - до 70 % (випарування вологи на південних схилах приймається за 100 %).

Значно впливає на вміст вологи в ґрунті рельєф. На підвищених місцях випарування інтенсивніше, ніж на понижених, оскільки в першому випадку відбувається більш посилена циркуляція атмосферного повітря.

Одним з факторів впливу на водний режим ґрунту у різних зонах є склад місцевої флори. Слід зазначити позитивний вплив лісу, що знаходиться поблизу полів. Ліс затримує весняні та повеневі води, сприяє затриманню снігу на полях та повільному його таненню, перешкоджає розвитку ерозії, забезпечує підвищення вмісту водяної пари в атмосферному повітрі, зменшує транспірацію рослин та випарування з поверхні ґрунту.

3.2. *Форми зв'язку води з ґрунтом і водно-фізичні константи*

Залежно від форми зв'язку з ґрунтом вода характеризується різною рухомістю і доступністю для рослин. Змінення рухомості і доступності води відбувається не поступово, а скачковидно.

Ті величини зволоження, при переході через які більше чи менше міняється рухомість і доступність для рослин ґрунтової вологи, називаються ґрунтово-гідрологічними або водно-фізичними константами. На відміну від фізичних констант вони характеризуються не такими величинами, а деякі - більш або менш вузькими інтервалами величин.

Ґрунтова волога залежно від характеру зв'язку між молекулами води, твердої та газоподібної фаз ґрунту характеризується різною рухомістю і неоднаковими властивостями. Тому О.А. Роде запропонував ґрунтову воду розділити на форми, виходячи з того, що кожна конкретна форма води в ґрунті має однакові властивості.

За фізичним станом розрізняють: тверду, рідку та пароподібну ґрунтову воду; за характером зв'язку з твердою фазою ґрунту та ступенем рухливості - шість категорій (хімічно зв'язану, тверду, пароподібну, фізично міцнозв'язну та пухкозв'язану, вільну).

Хімічно зв'язана вода містить конструкційну і кристалізаційну структури. Перша з них представлена гідроксильною групою ОН хімічних сполук -

гідроксидів заліза, алюмінію, марганцю; органічних та органо-мінеральних сполук; глинистих матеріалів. Друга — молекулами води кристалогідратів, переважно солей: напівгідрату - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$; гіпсу - $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$; мікарбіліту - $\text{Na}_2 \text{CaSO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ та ін. Ця вода входить до складу твердої фази ґрунту, не переміщується й не має властивості розщеплювати.

Хімічно зв'язана вода рослинам недоступна. При її втраті (дегідратація, синерезис) проходить незворотна трансформація мінеральних, органічних і органо-мінеральних сполук.

Тверда вода (лід) — потенційне джерело рідкої та пароподібної води, в яку лід переходить внаслідок танення й випарування. Поява води у формі льоду може мати сезонний або багатовіковий характер. Температура замерзання води в ґрунті нижча 0°C , тому що ґрунтова вода є завжди розчином. Тверда вода нерухома, рослинам недоступна.

Пароподібна вода міститься у формі водяної пари в ґрунтовому повітрі парового простору, насичуючи його нерідко до 100 %. Один і той самий ґрунт може поглинати різну кількість парів води з атмосферного повітря: чим більша відносна вологість приземного шару повітря, тим більшу кількість поглинутої води має ґрунт. При підвищенні температури знижується відносна вологість повітря, і вода з ґрунту випаровується у ґрунтове повітря. Ця форма води в ґрунті переміщується в його паровому просторі від місць із високою пружністю водяного пару до місць із більш низькою пружністю, а також разом із течією повітря. При зниженні температури пароподібна вода, конденсуючись, може переходити в рідку.

Міцнозв'язна вода - перша форма фізично зв'язної води, яка називається гігроскопічною водою.

Ця вода поглинається ґрунтом у результаті сорбції ґрунтовими (переважно колоїдними) частинками водяних парів з повітря. Цю властивість ґрунту називають *гігроскопічністю*. Гігроскопічна вода утримується на поверхні ґрунтових частинок дуже великим тиском, приблизно $1 \cdot 10^9$ Па, утворює навколо ґрунтових частинок тонесенькі плівки, що складаються з 1 - 3 шарів молекул води, які, будучи диполями, володіють здатністю як притягуватись до ґрунтових часток, так і взаємодіяти одна з одною. Вони притягуються полюсами протилежного знака, оскільки всі молекули сорбованої води зорієнтовані. За фізичними властивостями гігроскопічна вода наближається до твердої тіл. Густина її досягає $1,5-1,8 \text{ г/см}^3$. Вона нерухома, не замерзає, не розчиняє електроліти, відрізняється підвищеною в'язкістю і недоступна для рослин. Кількість води, яка може сорбуватись ґрунтом, залежить від відносної вологості повітря. Наприклад, при відносній вологості повітря $20-40\%$ має місце сорбція води безпосередньо ґрунтовими частинками з утворенням моно-, бімолекулярного шару. Подальше збільшення відносної вологості повітря зумовлює зростання товщини водяної плівки.

Максимальна кількість води, яку може поглинути ґрунт з пароподібного стану при відносній вологості повітря близько $95-100\%$, називається максимальною гігроскопічністю (МГ).

При вологості ґрунту, яка дорівнює МГ, товщина плівки з молекул води досягає 3-4 шарів. На величину МГ суттєво впливає величина питомої поверхні ґрунтових частинок, яка залежить від мінералогічного складу та рівня

гумусованості. Чим більше в ґрунті мулистих і особливо, колоїдних частинок, тим більше буде гігроскопічної води. У слабогумусованих, піщаних і супіщаних ґрунтах значення МГ сягає 0,5-1 %, в добре гумусованих суглинкових і глинистих ґрунтах - 10-15 %, у торф'яних - 30-40 %.

Окрім максимальної гігроскопічності (МГ), виділяють також максимальну адсорбційну вологоємність (МАВ), яка являє собою максимальну кількість міцнозв'язної води, що утримується на поверхні ґрунтових частинок сорбційними силами.

Пухкозв'язна (плівкова) вода. Ґрунт не всмоктує пароподібну воду більше МГ, але рідку воду може сорбувати і в більших кількостях.

Вода, яка утримується в ґрунті сорбційними силами понад МГ, - це плівкова, або пухкозв'язна вода.

Утворюється полімолекулярна плівка навколо ґрунтових частинок. Товщина її досягає декількох десятків і навіть сотень діаметрів молекул води. Внаслідок того, що з віддаленням від поверхні ґрунтових частинок знижується міцність фіксації молекул води, плівкова вода може переміщуватись у рідкому стані від ґрунтових часток із більш товстими водяними плівками до часток, у яких вони тонші. Швидкість їх руху - декілька сантиметрів за рік. У середньому, для більшості ґрунтів кількість їх складає 7-15 %, деколи в глинистих ґрунтах — 30—35 %, а у піщаних - не більше 3—5 %.

Максимальна кількість плівкової води, що утримується силами молекулярного тяжіння дисперсійних ґрунтових частинок, називається максимальною вологоємністю (ММВ).

Величина її, як і МГ, залежить від гранулометричного складу: чим більше мулистих частинок, тим вище величина ММВ. Відповідає наявності в ґрунті двох форм води: гігроскопічної й плівкової. Вона визначає запаси недоступної для рослин води в ґрунті, або вологість сталого в'янення (ВВ) рослин. Вона характеризується кількістю води в ґрунті, при якій рослини стало в'януть. Наприклад, кількість води в ґрунті, при якій настає стійке в'янення рослин (або коефіцієнт в'янення), на піщаних ґрунтах складає 0,5-1,5 %, супіщаних - 1,5—4 %, суглинкових - 3,5—12 %, глинистих - 12-20 %, торфових - 40—50 %. Між вологістю в'янення і максимальною гігроскопічністю існує прямий зв'язок. Для припустимих розрахунків можна вважати, що ВВ більша від МГ у 1,5-2 рази.

Для характеристики доступної рослинам вологи користуються показником P^F . Він зв'язаний зі всмоктуючою силою ґрунту, яку можна визначити. Вона зменшується зі зволоженням ґрунту і вимірюється шляхом замірів тиску стовпа води в см, який врівноважується даною кількістю води в ґрунті. За одиницю вимірювання беруть логарифм висоти стовпа води, так звану величину P^F . Наприклад тиск 1000 см H_2O (1 атм = 101,3 кПа) P^F відповідає 3. Чим вищий P^F , тим міцніше вода утримується ґрунтом. Установлено, що величина P^F на всіх ґрунтах при вологості, яка відповідає вологості в'янення рослин, дорівнює 4,2, при вологості уповільненого росту рослин - 2,9, при вологості, яка відповідає польовій вологоємності - 2,0.

Вільна вода може в ґрунті перебувати у таких формах: стикова, капілярна (підвищена і підперта), гравітаційна вода водоносних горизонтів.

Стикова вода накопичується в місцях прилягання двох ґрунтових часток і ніби манжестом утримується між ними на основі капілярних сил зчеплення. Капілярна волога заповнює найтонші щілини ґрунту - капіляри, переміщується по них на основі меніскових сил, що виникають на поверхнях розділу твердої, рідкої і газоподібної фаз. Завдяки цим силам вода може підніматися на значну висоту. Висота капілярного підняття води залежить, в основному, від радіуса капілярів, і для фракції ґрунту 0,001 мм величина підйому становить 15 м. У природі такі величини не спостерігаються. За даними Н.А. Качинського найвище підняття води по капілярах у суглинкових ґрунтах - 6 м, найбільш часто вода піднімається на висоту 3-4 м. Капілярна волога є основним запасом води для рослин.

Вода, що знаходиться у великих некапілярних щілинах ґрунту після дощів або танення снігу і легко стікає вниз по ґрунтовому профілю під впливом сили тяжіння живлячи підґрунтові води (а також в річки й озера), називається *гравітаційною*. Цю воду рослини можуть засвоювати, але запас її у ґрунті несталий.

Капілярна підвищена вода не має зв'язку з підґрунтовими водами, а *капілярно підперта* - досягає дзеркала підґрунтових вод і живиться ними, утворюючи капілярно підперту кайму.

Вода в ґрунті залишається тільки у вигляді плівчастої і плівчато-мініскової. Тому вологу називають *волоگو розриву капілярів* (ВРК), і хоч вона доступна для рослин, у зв'язку з повільним її пересуванням вона не забезпечує їх потреб і настає період повільного в'янення рослин (ППВР).

У ґрунтовому повітрі є *пароподібна вода* — водяна пара, яку рослини не засвоюють.

Кожний тип ґрунту, залежно від фізико-хімічних властивостей обробітку, може утримувати певну кількість води. Цю властивість ґрунту називають *вологоємністю*. Залежно від сил, що утримують вологу в ґрунті, розрізняють гіроскопічну, капілярну, найменшу (польову) і повну вологоємність.

Капілярна вологоємність (КВ) - це кількість води, яку ґрунт може втримати менісковими (капілярними) силами над рівнем підґрунтових вод, показуючи її у процентах від маси до об'єму ґрунту. Величина капілярної вологоємності непостійна і залежить від капілярної пористості ґрунту та висоти над дзеркалом підґрунтових вод. Чим менша ця висота, тим більша капілярна вологоємність.

Найменша, або польова, *вологоємність* (НВ, ПВ) визначається максимальною кількістю вологи, яку ґрунт може утримувати в польових умовах після того, як стече гравітаційна вода і немає підпору підґрунтових вод.

Повна вологоємність, або повна польова вологоємність (ППВ) - найбільша кількість води, яку може утримати ґрунт при заповненні усіх щілин, це сума всіх форм вологи в ґрунті: міцно- та слобозв'язаної і вільної.

Водопроникність - властивість ґрунту пропускати воду. Вона також залежить від механічного складу, кількості гумусу, фізичних і фізико-хімічних властивостей, структури. Легкі, піщані ґрунти добре пропускають воду, вона проникає глибше розміщення кореневої системи і не може бути використана рослинами. Важкі глинисті ґрунти погано пропускають воду і вона

застоюється на поверхні або стікає по схилу. Як висока, так і дуже низька водопроникність - явища небажані при сільськогосподарському використанні ґрунтів. Обробітком ґрунту, внесенням органічних добрив, вирощуванням багаторічних трав можна в деякій мірі регулювати водопроникність ґрунту.

Властивість ґрунту піднімати вологу догори називається *водопіднімальною здатністю*. Завдяки цій властивості вода з нижніх шарів ґрунту, в міру поглинання її рослинами (або випарування з поверхні), може підніматися по капілярах до кореневмісного шару або до самої поверхні ґрунту. Висота капілярного підйому залежить від товщини капілярів, яка, в свою чергу, залежить від механічного складу ґрунту. В ґрунтах важкого механічного складу вода може підніматися (але повільно) по капілярах на 4-6 м від рівня підґрунтових вод швидко, але на незначну висоту.

3.3. Баланс воли в ґрунті

У землеробстві особливе значення мають закономірності і особливості водного режиму орних земель.

Водний режим ґрунту - сукупність процесів надходження вологи в ґрунт, її переміщення, накопичення і витрата. Умови водного режиму в орному ґрунті постійно змінюються, регулювання і підтримка водного режиму в оптимальних параметрах - постійне завдання агрономічного комплексу.

Основа водного режиму ґрунту - баланс у ній вологи. Кількість надходження води в ґрунт і її витрати являють собою водний баланс, кількісно виражені елементи водного режиму є, відповідно, елементами водного балансу. Він є підсумком, який обчислює початкові та кінцеві запаси вологи в ґрунті і всі джерела надходження та витрати вологи в ґрунті за визначний період.

Загальне рівняння водного балансу можна виразити наступною формулою:

$$V_0 + O_c + V_r + V_n + V_{,,} + V_{ov} = E + E_r + V_i + V_{nc} + V_{rc} + V_i$$

де: V_0 - запаси вологи в ґрунті на початку спостережень;

O_c - сума опадів за весь період спостережень;

V_r - кількість вологи, яка надійшла із ґрунтових вод;

V_n - кількість вологи, яка надійшла із водяних парів;

$V_{,,}$ - кількість вологи, яка надійшла від поверхневого притоку води;

V_{ov} - кількість вологи, яка надійшла від бокового притоку ґрунтових вод;

E_v - кількість води, яка випарувалась з поверхні ґрунту за весь період спостережень;

E_r - кількість води, яка витратилась на транспірацію;

V_i - волога, яка інфільтрувалась у глибинні горизонти ґрунту;

V_{nc} - кількість води, яка витратилась у результаті поверхневого стоку;

V_{rc} - кількість води, яка втратилась із боковим внутрішньогрунтовим станом;

V_i - запас вологи в ґрунті в кінці періоду спостережень.

Величини лівої частини рівняння - прибуткові джерела балансу, правої частини - витратні.

Як правило, ґрунти характеризуються стабільним водним режимом, що встановився роками, без прогресуючого висушування або зволоження, коли надходження води в ґрунт та її витрати практично не змінюються. У різні періоди часу баланс води в ґрунті змінюється, тобто водний баланс має річні цикли. Закономірності надходження та витрат води в кожному ґрунті повторюється щорічно.

При розрахунках водного балансу запаси води в ґрунті вираховують для кожного генетичного горизонту (тому, що вони відрізняються за кількістю та вологістю ґрунту), а потім підсумовують (до певної заданої глибини). Запас вологи в горизонтах виражають у т/га або м³/га і розраховують за наступною формулою:

$$C_w = W d h,$$

де: C_w - запас води, т/га;

W - польова вологість ґрунту, %;

d - рівноважна щільність ґрунту, т/м³;

h - потужність шару ґрунту, м

Для визначення запасу продуктивної вологи в заданому шарі ґрунту необхідно знати значення вологості в'янення (ВВ). Віднявши від вологості ґрунту вологість в'янення рослин, знаходять процентний вміст продуктивної вологи в ґрунті. Потім проводять розрахунки запасів продуктивної вологи в т/га (м³/га) за наведеною вище формулою. За необхідності їх переводять у мм водяного стовпа.

Оцінку запасів продуктивної вологи в ґрунті особливо важливо проводити перед початком весняних польових робіт, а також перед сівбою озимих культур, коли необхідно проектувати план розміщення та заходи з накопичення і збереження вологи в ґрунті. О.Ф. Вадюніна і З.О. Корчагіна наводять параметри якісної оцінки запасів води в ґрунті, що відображені у табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Оцінка запасів продуктивної води в різних шарах ґрунту

| Потужність шару, см | Запаси води, мм | Якісна оцінка запасів води |
|---------------------|-----------------|----------------------------|
| 0-20 | більше 40 | Добрі |
| | 40-20 | задовільні |
| | менше 20 | незадовільні |
| 0-100 | більше 160 | дуже добрі |
| | 160-130 | добрі |
| | 130-90 | задовільні |
| | 90-60 | погані |
| | менше 60 | дуже погані |

Водний баланс ґрунту значною мірою залежить від коефіцієнта зволоження (КЗ). Це співвідношення суми опадів до сумарного випаровування за певний період, виражене в щільності води, що випарувалася з відкритої водної поверхні. Обчислюється коефіцієнт за формулою:

де Р - середня багаторічна сума опадів;

Е - випарування впродовж року.

Коефіцієнт зволоження для Лісостепу становить 0,7-0,9, Північного Степу - 0,5-0,7, Південного Степу - 0,3-0,5, напівпустелі - 0,1-0,2.

В окремі роки водний баланс ґрунту може бути позитивним або негативним, але певну кількість років він повинен дорівнювати нулю, якщо не відбувається прогресивне висушування або зволоження території.

3.4. Зони зволоження, основні типи воаного режиму і його регулювання в землеробстві

Тип водного режиму залежить від величини окремих складових надходження і витрати вологи ґрунтом, а це, в свою чергу, залежить від клімату, рослинності, рельєфу, водних властивостей ґрунту, глибини залягання підґрунтових вод та виробничої діяльності людини.

Г.М. Висоцький та О.А. Роде на основі значень коефіцієнта зволоження виділили наступні типи водного режиму ґрунтів: мерзлотний, промивний, періодично промивний, непромивний, випітний та іригаційний.

Мерзлотний тип зустрічається в районах поширення вічної мерзлоти. У теплий період року під шаром ґрунту, що відтанув, мерзлий ґрунт не пропускає води в нижні шари. Над ним утворюється верховодка, а весь шар ґрунту, що відтанув, як правило, перезволожений і заболочується.

Промивний тип спостерігається в районах, де коефіцієнт зволоження більше одиниці і ґрунт щорічно промивається атмосферними опадами до підґрунтових вод. Він характерний для ґрунтів лісо-лугової зони.

Періодично цей тип водного режиму має місце в районах, де ґрунт промивається атмосферними опадами періодично в ті роки, коли сума опадів переважає випарування.

Непромивний тип поширений у південних степових районах, де товщина ґрунту ніколи не промивається опадами і вони не досягають підґрунтових вод. Між нижньою межею промоченого шару ґрунту і верхньою межею капілярного підйому лежить шар ґрунту, вологість якого близька до вологи стійкого в'янення рослин.

Випітний тип поширений у районах, де рослини і ґрунт випаровують значно більше вологи, ніж її випадає з атмосферними опадами. Витрата води поновлюється за рахунок підґрунтових вод, які залягають неглибоко і вода по капілярах може підніматися до поверхні ґрунту. Цей тип водного режиму зустрічається в степових районах при близькому заляганні підґрунтових вод, переважно в заплавах рік.

Іригаційний тип виникає внаслідок поливів, його особливістю є багаторазове зволоження ґрунту протягом вегетації. Воно супроводжується

частковим або наскрізним промочуванням кореневмісного шару ґрунту. Іноді поливна вода досягає підґрунтових вод. Річний водний режим при зрошенні нестабільний і може змінюватися з часом на промивний, непромивний і навіть випітний, залежно від виду, інтенсивності та строків зрошення.

Регулювання водного режиму ґрунтується на врахуванні ґрунтово-кліматичних умов території та біологічних особливостей вирощуваних культур. Основним завданням, при цьому, є намагання створювати в ґрунті коефіцієнт зволоження, близький до одиниці.

Способи регулювання водного режиму поділяються на агротехнічні та меліоративні.

Велике значення для формування врожаю культурних рослин має розподіл атмосферних опадів у часі. Сума опадів за весну і першу половину літа в основних ґрунтово-кліматичних зонах України, тобто за період, протягом якого культурним рослинам особливо потрібна волога, досить обмежена.

Встановлено, що величина транспіраційного коефіцієнта залежить від осмотичного тиску ґрунтового розчину та від структури ґрунту. Із зменшенням пилових часток у ґрунті величина транспіраційного коефіцієнту зменшується. При поліпшенні структури ґрунту посилюється життєдіяльність аеробних бактерій, які розкладають органічну речовину, підвищують вміст мінеральних речовин у ґрунтовому розчині, а це збільшує осмотичний тиск ґрунтового розчину, внаслідок чого знижується транспіраційний коефіцієнт у рослин.

Крім погодних умов, вирішальне значення мають для забезпечення культурних рослин водою фізичні властивості ґрунту, зокрема його будова, щільність, гранулометричний склад і характер поверхні. Вони визначають не лише загальний запас води, а також рухомість і швидкість переміщення її в ґрунті.

Вплив гранулометричного складу, зокрема, проявляється в тому, що піщані ґрунти висихають швидше, втрачають воду через випаровування. Такі ґрунти утримують менше води, ніж суглинкові та глинисті. Проте, недоступна кількість вологи для рослин у піщаних ґрунтах мінімальна порівняно з суглинковими та глинистими. Завдяки цьому на піщаних і супіщаних ґрунтах рослини легше переносять посуху.

Структурний стан і будова ґрунту покращують його відповідним механічним обробітком, внесенням органічних добрив, проведенням меліоративних заходів. Багато вологи з ґрунту використовують і бур'яни, тому їх необхідно систематично знищувати.

На вміст у ґрунті води помітно впливає форма випаровуючої поверхні. Чим вона рівніша, тим менше випаровується вологи.

Гребениста поверхня, що утворилася після оранки, зумовлює значну втрату ґрунтової вологи. Випарування води особливо посилюється на ґрунтах з гребенистою та брилистою поверхнею під дією сили вітру.

Вміст води у ґрунті також залежить від експозиції земельної ділянки. Встановлено, якщо схил рівний 150° , а величина випареної вологи з південного схилу становить 100 %, тоді на східному схилі випарування зменшується до 80 %, на західному - до 84, а на північному - навіть до 70 %.

На вміст вологи в ґрунті помітно впливає рельєф. На підвищених місцях волога випаровується інтенсивніше, ніж на понижених ділянках, оскільки у

першому випадку відбувається більш посилена циркуляція атмосферного повітря.

Одним із факторів водного режиму культурних рослин у різних зонах є склад місцевої флори. Тут слід мати на увазі позитивний вплив лісу, що знаходиться поблизу полів. Він затримує весняні води та зливові опади, сніг на полях та сприяє повільному його таненню; зменшує інтенсивність ерозії; підвищує вміст водяних парів в атмосферному повітрі; зменшує транспірацію культурних рослин та випарування з поверхні ґрунту.

Ґрунт зволожується за допомогою комплексу заходів, насамперед зрошення. Велике значення його полягає в тому, що в посушливих районах можливе забезпечення водою культурних рослин протягом вегетаційного періоду і зокрема в критичні періоди, коли виникає найбільша потреба.

На зрошуваних землях Лісостепу та Степу велике значення для покращення зволоження ґрунту і для боротьби з водною ерозією має раціональне використання зимових опадів і стоку весняних талих вод. Наприклад, у Лісостепу та Степу стік весняних вод досягає 70 % зимових опадів, тобто 400-800 м³/га.

Для затримання і нагромадження снігу на полях застосовують літні посіви укісних рослин (соняшника, кукурудзи, сорго та ін.). Вперше в нашій країні куліси із стебел кукурудзи були використані для снігозатримання на Полтавському дослідному полі (1893-1894 рр.) у чистому парі, де рядки кукурудзи розміщувались на відстані 2-3 м один від одного. Для снігонакопичення на полях широко застосовують утворення снігових валів сніговими валкоутворювачами. При щільності снігу 0,3 г/см³ шар снігу висотою 10 см забезпечує близько 300 м³/га води.

Для раціонального використання зимових опадів і місцевого стоку весною застосовують такі заходи: полицеву і безплицеву оранку впоперек схилу, гребеневу оранку, боронування впоперек схилів; щілювання на глибину до 60—65 см і відстанню між щілинами 3-5 м впоперек схилу та ін. Важливим для раціонального використання вологи та боротьби з ерозією є досвід СІЛА і України із застосування обробітку ґрунту по горизонтах, або контурної оранки.

Одним з важливих заходів збільшення вологості ґрунту є поліпшення мікрокліматичних умов за допомогою насадження лісових смуг, заліснення піщаних ділянок, ярів та ін. При цьому підвищується вологість повітря; знижується сила вітру; зменшується випарування ґрунтової вологи; затримується сніг на полях; краще використовуються ґрунтом весняні талі води; помітно зменшується ерозія; підвищується рівень підґрунтових вод.

До заходів, що зменшують випарування вологи з ґрунту, належать мульчування, тобто вкривання різними матеріалами поверхні ґрунту.

У регулюванні водного режиму суттєве значення мають: правильне чергування культур у сівозміні, розміщення рослин на полі - впоперек оранки, спосіб сівби та садіння, норма висіву, строки сівби та ін.

Підвищення вологості ґрунту сприяє посиленню кущення зернових культур і росту вегетативної маси, що зумовлює помітне затінення нижньої частини стебел рослин. Недостатнє освітлення нижніх міжвузлів викликає

надлишкове видовження клітин рослин; стінка соломини стає тонкою і внаслідок стебло недостатньо міцне, що є основною причиною вилягання хлібів.

Другий напрямок у регулюванні водного режиму ґрунту - боротьба з перезволоженням, яка може бути постійною або тимчасовою. Постійне перезволоження потребує осушення, яке є трудомістким і дорогим прийомом, але разом з тим, необхідним і, при правильній експлуатації, ефективним заходом.

Перезволоження ґрунту може бути причиною вимокання культурних рослин. Внаслідок застосування води та перезволоження ґрунту вода заповнює ґрунтові пори, витісняє ґрунтове повітря, порушуючи аерацію. За цих умов суттєве значення має застосування гребневих посівів.

При регулюванні водного режиму ґрунтів найбільш ефективний весь комплекс заходів з підвищенням родючості ґрунту і збільшення урожайності сільськогосподарських культур, включаючи, поряд з агромеліоративними, агрохімічні, фітомеліоративні та інші заходи.

Список рекомендованої літератури

1. Бойко П.І., Сайко В.Ф. Сівозміни в землеробстві України. - К.: Аграрна наука, 2002. - 145 с
2. Бегей С.В., Шувар І.А. Екологічне землеробство. - Львів, «Новий світ-200», 2007. - 430 с.
3. Воробьев С.А. Севообороты интенсивного земледелия. - М.: Колос, 1979.-368 с.
4. Гудзь В.П., Примак І.Д., Бұдьонний Ю.В. Землеробство: Підручник. - К.: ЦУЛ, 2010. - 464 с.
5. Гудзь В.П. Тлумачний словник із загального землеробства. - К.: Аграрна наука, 2004. - 220 с.
6. Гудзь В.П., Примак І.Д. та ін. Адаптивні системи землеробства: Підручник. - К.: ЦУЛ, 2007. - 334 с.
7. Земельні ресурси України / За ред. акад. В.В.Медведева. - К.: Аграрна наука, 1998. - 150 с.
8. Крикунов В.Г. Грунти і їх родючість: Підручник. - К.: Вища школа, 1993.-287 с.
9. Лісовал А.П., Макаренко В.М., Кравченко С.М. Система застосування добрив. - К.: Вища школа, 2002. - 317 с
10. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво - сучасні інтенсивні технології. - Львів, НВФ «Українські технології», 2006. - 730 с
11. Мальцев Т.С. Вопросы земледелия. - М.: Сельхозгиз, 1955. - 230 с.
12. Моргун Ф.Т., Шикуча Н.К. Почвозащитное бесплужное земледелие. - М.: Колос, 1984. - 278 с.
13. Минеев В.Г. Химизация земледелия и природная среда. М.: ВО «Агропромиздат», 1990. - 286 с.
14. Назаренко І.І., Пальчина С.М., Нікорич О.П. Грунтознавство: Підручник. - Чернівці, 2003. - 400 с.
15. Овсинский И.Е. Новая система земледелия. - М.: 1999. - 105 с.
16. Примак І.Д., Гудзь В.П., Рошко В.Г. та ін. Механічний обробіток ґрунту в землеробстві . - Б.Церква, 2002. - 320 с.
17. Примак І.Д., Гудзь В.П., Вахній С.П. та ін. Ерозія і дефляція ґрунтів та заходи боротьби з ними. - Б.Церква, 2001. - 392 с
18. Примак І.Д., Гудзь В.П., Рошко В.Г. та ін. Рациональні сівозміни в сучасному землеробстві. - Б.Церква, 2003. - 384 с
19. Реут И.Б. Физика почв. — Л.: Колос, 1972. - 356 с.
20. Смаглий О.Ф., Кардашов А.Т., Литвак П.В. та ін. Агроекологія. - К.: Вища освіта, 2006. - 670 с
21. Шикуча М.К. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві. - К.: Оранта, 1998. - 662 с

Зміст

| | |
|--|------------|
| Вступ | 3 |
| Розділ 1. Предмет, завдання та наукові основи екологічного землеробства | 8 |
| 1.1. Землеробство як наука | 8 |
| 1.2. Особливості сільськогосподарського виробництва | 9 |
| 1.3. Історія розвитку наукових основ екологічного землеробства ... | 11 |
| 1.4. Закони екологічного землеробства | 21 |
| 1.5. Фактори і умови життя сільськогосподарських рослин | 28 |
| Розділ 2. Відтворення родючості і підвищення окультуреності ґрунту | 30 |
| 2.1. Біологічні показники родючості і окультурення ґрунту | 30 |
| 2.2. Ґрунтова біота - обов'язковий компонент ґрунту | 37 |
| 2.3. Значення фітосанітарного стану ґрунту в підтриманні його родючості | 41 |
| 2.4. Оптимізація агрофізичних властивостей ґрунту | 43 |
| 2.4.1. Гранулометричний склад та структура ґрунту | 43 |
| 2.5. Агрохімічні показники родючості ґрунту | 52 |
| 2.6. Основні причини екологічної незбалансованості землеробства ... | 58 |
| Розділ 3. Водний режим ґрунту | 62 |
| 3.1. Значення води в житті рослин і ґрунту та потреба в ній сільськогосподарських культур | 62 |
| 3.2. Форми зв'язку води з ґрунтом і водно-фізичні константи | 66 |
| 3.3. Баланс води в ґрунті | 70 |
| 3.4. Зони зволоження, основні типи водного режиму і його регулювання в землеробстві | 72 |
| Розділ 4. Повітряний режим ґрунту | 76 |
| 4.1. Ґрунтове повітря - складова частина ґрунту | 76 |
| 4.2. Склад ґрунтового і атмосферного повітря | 77 |
| 4.3. Ґрунтове повітря як фактор мікробіологічної діяльності | 83 |
| 4.4. Фактори газообміну і динаміка повітряного режиму | 85 |
| 4.5. Способи регулювання повітряного режиму ґрунту | 89 |
| Розділ 5. Тепловий режим ґрунту | 93 |
| 5.1. Значення тепла в житті рослин і ґрунтової біоти | 93 |
| 5.2. Тепловий баланс ґрунту | 96 |
| 5.3. Теплові властивості ґрунту | 98 |
| 5.4. Прийоми регулювання теплового режиму ґрунту | 103 |
| Розділ 6. Вміст і стан органічної речовини в ґрунті - функція системи екологічного землеробства | 111 |
| 6.1. Параметри гумусного стану ґрунтів та роль сільськогосподарських культур | 111 |
| 6.2. Зміни органічної речовини ґрунту під впливом добрив | 117 |
| 6.3. Зміна органічної речовини ґрунту під впливом механічного обробітку | 119 |
| 6.4. Прогнозування органічної речовини під впливом ґрунту в сівозміні | 121 |

| | |
|--|-----|
| Розділ 7. Бур'яни та захист посівів від них | 127 |
| 7.1. Біологічні особливості і класифікація бур'янів | 127 |
| 7.1.1. Загальні відомості про бур'яни | 127 |
| 7.1.2. Шкода від бур'янів | 128 |
| 7.1.3. Біологічні особливості бур'янів | 130 |
| 7.1.4. Класифікація бур'янів | 132 |
| 7.2. Методи дослідження забур'яненості полів | 134 |
| 7.3. Система заходів захисту посівів від бур'янів | 136 |
| 7.3.1. Агротехнічні заходи | 137 |
| 7.3.1.1. Запобіжні або профілактичні заходи | 137 |
| 7.3.1.2. Очищення ґрунту від насіння та вегетативних органів розмноження бур'янів | 140 |
| 7.3.1.3. Знищення бур'янів у посівах сільськогосподарських культур | 143 |
| 7.4. Біологічні заходи захисту від бур'янів | 144 |
| 7.5. Хімічні методи захисту від бур'янів | 145 |
| 7.6. Інтервальні заходи захисту від бур'янів | 154 |
| Розділ 8. Раціональна структура землекористування в Україні та її екологічна оцінка | 163 |
| 8.1. Причини, які зумовлюють екологічні проблеми землеробства в Україні та світі | 163 |
| 8.2. Агротехнічні основи сівозмін | 163 |
| 8.3. Чергування рослин і умови їх живлення | 175 |
| 8.4. Вплив рослин польової культури на агрофізичні властивості ґрунту | 195 |
| 8.5. Формування стійкості агрофітоценозу залежно від місця культур і пару в сівозміні | 199 |
| 8.5.1. Пари в сівозміні | 212 |
| 8.5.2. Озимі в сівозміні | 213 |
| 8.5.3. Ярі зернові і круп'яні культури в сівозмінах | 218 |
| 8.5.4. Зернобобові культури в сівозмінах | 232 |
| 8.5.5. Льон в сівозмінах | 242 |
| 8.5.6. Соняшник в сівозмінах | 249 |
| 8.5.7. Цукрові буряки в сівозмінах | 252 |
| 8.5.8. Картопля і кукурудза в сівозмінах | 257 |
| 8.5.9. Багаторічні трави в сівозмінах | 264 |
| 8.6. Основні положення побудови сівозмін екологічного землеробства | 268 |
| 8.6.1. Класифікація сівозмін | 268 |
| 8.6.2. Польові сівозміни | 272 |
| 8.6.3. Кормові сівозміни | 291 |
| 8.6.4. Ґрунтозахисні сівозміни | 304 |
| 8.6.5. Сівозміни на поливних землях | 316 |
| 8.6.6. Сівозміни на осушених ґрунтах | 334 |
| 8.6.7. Організація земельної території впровадження і освоєння сівозмін | 343 |
| 8.7. Оптимізація співвідношення культур у сівозмінах методом математичного моделювання | 354 |

| | |
|--|-----|
| Розділ 9. Проміжні посіви та їх роль у розв'язанні екологічних проблем землеробства | 363 |
| 9.1. Класифікація культур проміжного вирощування, їх розвиток, роль землеробства і місце у біологізації сівозмін | 363 |
| 9.2. Технологічні аспекти вирощування проміжних і наступних основних культур | 374 |
| 9.2.1. Озимі, проміжні посіви та наступні основні | 374 |
| 9.2.2. Післяякісні посіви | 380 |
| 9.2.3. Післяжнивні посіви | 382 |
| 9.2.4. Підсівні та отавні культури | 386 |
| 9.3. Комплексна оцінка проміжних посівів у сівозміні | 388 |
| 9.3.1. Господарська оцінка проміжних посівів | 388 |
| 9.3.2. Суть агротехнічних, агрофізичних, агрохімічних і біологічних заходів у сівозміні | 397 |
| 9.4. Економічна і екологічна оцінка проміжних культур у сівозміні... | 397 |
| Розділ 10. Екологічне обґрунтування заходів та систем механічного обробітку ґрунту | 401 |
| 10.1 Наукові основи обробітку ґрунту | 401 |
| 10.2. Технологічні (фізико-механічні) властивості ґрунту | 402 |
| 10.3 Технологічні процеси обробітку ґрунту | 405 |
| 10.4. Заходи, способи і системи обробітку ґрунту | 408 |
| 10.5. Заходи основного обробітку ґрунту | 410 |
| 10.6. Заходи і способи поверхневого обробітку ґрунту | 421 |
| 10.7. Поглиблення орного пару ґрунту в різних ґрунтово-кліматичних умовах | 425 |
| 10.8. Диференційований обробіток ґрунту у сівозміні | 431 |
| 10.9. Системи обробітку ґрунту | 437 |
| 10.9.1. Система зяблевого обробітку ґрунту після зернових колосових культур | 438 |
| 10.9.2. Зяблевий обробіток ґрунту після просапних культур | 442 |
| 10.9.3. Обробіток ґрунту після багаторічних трав | 444 |
| 10.10. Система передпосівного обробітку ґрунту | 446 |
| 10.11. Система післяпосівного обробітку ґрунту під ярі культури ... | 451 |
| 10.12. Система обробітку ґрунту під озимі культури | 460 |
| 10.12.1. Обробіток чистих і кулісних парів | 460 |
| 10.12.2. Обробіток ґрунту в зайнятих і сидеральних парах | 466 |
| 10.12.3. Обробіток ґрунту після непарових попередників | 470 |
| 10.13. Обробіток ґрунту в умовах зрошення | 476 |
| 10.14. Обробіток осушених мінеральних ґрунтів | 486 |
| 10.15. Обробіток ґрунту в сівозміні на окультурених торфоболотних ґрунтах | 503 |
| 10.16. Наукові основи і напрями мінімалізації обробітку ґрунту | 508 |
| 10.17. Проблема ущільнення ґрунтів ходовими системами сільськогосподарських машин | 513 |

| | |
|--|-----|
| Розділ 11. Основи захисту ґрунтів від ерозії і дефляції | 519 |
| 11.1. Поняття про ерозію та інші форми деструкції ґрунтів | 519 |
| 11.2. Фактори розвитку ерозії ґрунтів | 527 |
| 11.3. Районування територій України за небезпекою проявлення ерозійних процесів | 533 |
| 11.4. Оптимальні параметри властивостей ґрунту, що формують його ерозійно стійку поверхню | 535 |
| 11.5. Основні заходи, формування ерозійно стійкої поверхні ґрунтів | 540 |
| 11.6. Протиерозійний обробіток ґрунту | 542 |
| 11.6.1. Заходи протиерозійного зяблевого обробітку ґрунту | 542 |
| 11.6.2. Протиерозійні заходи при передпосівному обробітку і сівбі | 553 |
| 11.6.3. Протиерозійний обробіток ґрунту в посівах просапних культур | 555 |
| 11.7. Смугове розміщення сільськогосподарських культур | 556 |
| 11.8. Контурно-меліоративна організація землекористування | 558 |
| Розділ 12. Екологізація систем землеробства | 567 |
| 12.1. Розвиток наукових основ систем землеробства та їх класифікація | 567 |
| 12.2. Сучасні адаптивні системи землеробства в Україні та їх екологічна оцінка | 593 |
| 12.2.1. Особливості ведення землеробства в умовах Степу | 593 |
| 12.2.2. Провідні ланки систем землеробства в Лісостепу | 618 |
| 12.2.3. Ведення землеробства в умовах Полісся України | 637 |
| Розділ 13. Екологічний моніторинг агроландшафтів та використання його результатів у практиці землеробства | 658 |
| 13.1. Агроекосистема як об'єкт моніторингу | 658 |
| 13.2. Моніторинг як система спостережень і контроль за змінами агроекосистеми | 660 |
| 13.3. Агроекологічний моніторинг | 661 |
| 13.3.1. Моніторинг ґрунтовикористання | 662 |
| 13.3.2. Екотоксикологічний моніторинг | 668 |
| 13.3.3. Моніторинг бур'янів в агрофітоценозах | 669 |
| 13.3.4. Моніторинг атмосфери | 670 |
| 13.4. Наслідки антропогенного впливу на агроекосистеми | 670 |
| 13.5. Використання результатів екологічного моніторингу у практиці землеробства | 671 |
| 13.6. Рекультивация техногенно порушених агроландшафтів | 676 |
| Розділ 14. Методи аналізу впливу екологічних факторів на продуктивність рослин | 683 |
| Список рекомендованої літератури | 703 |