

І.Д. Примак, В.А. Вергунов, В.Г. Рошко, В.І. Купчик,
Г.І. Демидась, В.І. Печенюк, О.М. Козяр

НАУКОВІ ОСНОВИ ЗЕМЛЕРОБСТВА



**І.Д. Примак, В.А. Вергунов, В.Г. Рошко, В.І. Купчик,
Г.І. Демидась, В.І. Печенюк, О.М. Козяр**

НАУКОВІ ОСНОВИ ЗЕМЛЕРОБСТВА

*За редакцією
доктора сільськогосподарських наук,
професора І.Д. Примака*

Рекомендовано Міністерством освіти і науки
України як підручник для студентів
вищих аграрних навчальних закладів
(Лист № 14/18.2 – 1937 від 19.XI.2003 р.)

Біла Церква
Білоцерківський державний аграрний університет
2005

УДК 631.431/.439 (075.8)

НЗ4

ББК 41.4

І.Д. Примак, д-р с.-г. наук (БДАУ);
В.А. Вергунов, д-р с.-г. наук (Держ. наук. с.-г. б-ка УААН);
В.Г. Рошко, канд. біол. наук (Уж. НУ);
В.І. Купчик, канд. с.-г. наук (БДАУ);
Г.І. Демидась, д-р с.-г. наук (НАУ);
В.І. Печенюк, канд. с.-г. наук (Поділ. ДАТУ);
О.М. Козяр, канд. с.-г. наук (НАУ)

Рецензенти: **Ю.В. Будьонний**, д-р с.-г. наук;
В.П. Патика, **В.П. Федоренко**,
В.І. Ніколайчук, д-ри біол. наук

Наукові основи землеробства / І.Д. Примак, В.А. Вергунов,
НЗ4 В.Г. Рошко та ін.; За ред. І.Д. Примака. – Біла Церква, 2005. –
408 с.

ISBN 966-7417-66-2

Висвітлені фактори життя рослин, закони землеробства, родючість і окультуреність ґрунту, показники родючості і окультуреності, водний, повітряний, тепловий і поживний режими ґрунту в землеробстві. Узагальнені дослідження і передовий виробничий досвід щодо регулювання показників родючості і окультуреності, а також режимів ґрунтів у сучасному землеробстві.

ББК 41.4

ISBN 966-7417-66-2

© І.Д. Примак, В.А. Вергунов,
В.Г. Рошко та ін., 2005

© Оригінал-макет БДАУ, 2005

ВСТУП

Серед матеріальних факторів, необхідних для життя людей, особливе місце належить землі. Вона є природною і незамінною основою будь-якого виробництва, з нею нерозривно пов'язаний розвиток людського суспільства. Без землі неможливе ніяке виробництво, неможливе й саме існування людини. “Праця є батько багатства, земля – його мати,” – писав у XVII ст. англійський вчений Уільям Петті. Планомірне і раціональне використання землі має винятково важливе значення в економіці суспільства, в розвитку продуктивних сил.

У сільському господарстві земля є не лише матеріальною основою цієї галузі. Тут вона виступає активним учасником виробництва, виконуючи ще дві функції: під час механічного обробітку та інших заходів, спрямованих на її поліпшення (удобрення, зрошення, осушення тощо), земля є *предметом праці*, на який людина діє в процесі виробництва, і *знаряддям праці*, за допомогою якого людина впливає на вирощувані культури.

Виняткова роль землі як головного засобу виробництва в сільському господарстві зумовлена її особливостями, які істотно відрізняють її від інших засобів. Розглянемо основні з них.

Всі засоби виробництва, крім землі, є результатом попередньої людської праці; в міру розвитку продуктивних сил кількість їх збільшується, а якість поліпшується. Менш досконалі засоби замінюються новими, більш досконалішими і економічно вигідними. Земля є продуктом самої природи, площа її обмежена; її не можна ні збільшити в розмірах, ні заново створити, ні замінити будь-яким іншим засобом виробництва. Обмеженість і незамінність землі зумовлюють необхідність систематичного використання ділянок, незалежно від їх якостей, у незмінно повторюваному процесі виробництва.

Переважну більшість засобів виробництва (трактори, комбайни, фабричні верстати та ін.) можна використовувати в різних місцях, переміщуючи їх з місця на місце на різні відстані за потреби. Землю ж не можна переносити в інше місце (за винятком закритого ґрунту); її можна використовувати лише там, де вона створена природою.

Окремі ділянки землі є нерівноцінними за якістю і природною родючістю, що зумовлює необхідність диференційованого застосування агротехнічних заходів у землеробстві в різних природно-економічних зонах. Це потрібно враховувати також при плануванні й розміщенні

сільськогосподарського виробництва і при оцінці результатів господарської діяльності землекористувачів.

Всі засоби виробництва в процесі використання зношуються і врешті-решт вибувають зовсім. Земля ж є вічним засобом виробництва. Вона не тільки не втрачає свої продуктивні якості, а, навпаки, за умови правильного використання весь час поліпшується, відтворює і підвищує продуктивність.

Саме на цих основних особливостях землі ґрунтується необхідність раціонального її використання, бережливого ставлення до неї.

Характер використання землі зумовлюється багатьма природними, технічними, економічними й іншими факторами. Проте вирішальна роль належить соціально-економічним умовам.

Площа України становить 60,4 млн га. Територія її простягається із заходу на схід: від 22-х до 40° східної довготи на 1300 км, а з півночі на південь – від 52-х до 45° північної широти – майже на 900 км. Розміщується вона у трьох природних зонах – Поліссі, Лісостепу і Степу Східно-Європейської рівнини. До її меж входять також частина Карпат, Кримський півострів.

Сільськогосподарські угіддя України становлять 69% усієї земельної площі, а орні землі – 81 % загальної площі сільськогосподарських угідь (відповідно 41,7 і 33,8 млн га).

Ґрунтовий покрив дуже різноманітний. Номенклатура ґрунтів, яка прийнята за великомасштабного ґрунтового обстеження, нараховує близько 650 видів, а з обліком різновидів – 4000 таксономічних ґрунтових одиниць.

Найбільш поширені серед орних земель – чорноземи (типові, звичайні, південні), які становлять 60,6 %. Друге місце займають дерново-підзолисті ґрунти – 16,1 %, сірі лісові – 13,6 %, каштанові – 4,6 %. Разом ці ґрунти складають основний фонд орних земель країни.

Згідно з агроґрунтовим районуванням, проведеним на підставі великомасштабного ґрунтового обстеження, Україна чітко розподіляється на такі агроґрунтові зони: Українське Полісся – зона змішаних лісів, дерново-підзолистих типових і оглеєних ґрунтів; Лісостеп – зона чорноземів типових і сірих лісових ґрунтів (45 % чорноземів); Степ – зона чорноземів звичайних і південних, темно-каштанових і каштанових ґрунтів (82 % чорноземів); зона буроземних ґрунтів Українських Карпат; зона ґрунтів Гірського Криму.

Україна займає третину загальної території центральної Європи і є власницею майже 40 % світової площі чорноземів – найродючіших ґрунтів суходолу. Однак науково необґрунтована інтенсифікація землеробства в умовах екстенсивного розвитку сільськогосподарського виробництва та необґрунтований розвиток добувної промисловості за умов адміністративно-командного управління економікою призвели до того, що сучасний стан використання земельних ресурсів України не відповідає вимогам раціонального природокористування. А воно ґрунтується на визначенні суспільної потреби у продуктах харчування, житлі, соціальних благах, екології довкілля. Однак і досі земля – єдиний природний ресурс, використання якого практично не лімітується. Ігнорування правил раціонального природокористування та конкретних особливостей регіонального розвитку агропромислового сектора – одна з основних причин кризового стану земельного фонду України та його використання.

Державний земельний кадастр України налічує 15,5 млн га особливо цінних продуктивних земель, з них чорноземи – одне з основних природних багатств держави – становлять 11,9 млн га (76,8 %). Разом з тим, незбалансоване внесення добрив, висока питома частка посівів просапних культур, низька частка багаторічних трав за високої розораності ґрунтів (до 80 %), тривале екстенсивне використання чорноземів та інших земель зумовили прогресуючу деградацію ґрунтів, яка збільшується.

Негативна дія сільськогосподарської техніки на ґрунти проявляється в погіршенні водного, повітряного, теплового та поживного режимів, фізичних властивостей земель.

Внаслідок ущільнення ґрунтів зменшується інфільтрація опадів, збільшується стік талих і дощових вод, спостерігається застій води в заткнутих низинах. Все це підвищує потенціальну загрозу прояву підосерозійних процесів.

Однією з основних ознак деградації земель в Україні є ерозія ґрунтів. Щороку площа еродованих земель збільшується на 80–100 тис. га.

З продуктами ерозії щороку виносяться сотні тисяч тонн поживних речовин, втрати яких компенсуються внесенням добрив тільки на 20–25 %. Найбільш уражені водною ерозією землі в південно-східному та центральному регіонах держави. Частка змитих сільськогосподарських угідь в Луганській області сягнула 84%, Донецькій – 62, Одеській, Кіровоградській, Харківській областях – 49%.

Інтенсивною яружною ерозією вражено 18 % території України (Хмельницька, Вінницька, Чернівецька, Одеська, Київська, Черкаська, Кіровоградська області та Автономна Республіка Крим). На 17 % території відбуваються процеси підтоплення (особливо на Поліссі). 80 % зрошуваних земель зазнають техногенного підтоплення, а вторинним засоленням вражено 11–25 % земель.

На 30 % території України активізувалися процеси карстоутворення, в тому числі на 27 % проявився відкритий карст. Найбільш уражені цими процесами території Волинської, Тернопільської, Вінницької, Миколаївської областей та Автономної Республіки Крим.

На 50 % освоєних площ схилів розвиваються зсуви, надто в Закарпатській, Івано-Франківській, Чернівецькій, Одеській, Харківській областях та Автономній Республіці Крим, де дією зсувів порушено 40–50 % території. У районах активної господарської діяльності (Прикарпаття, Крим, Донбас, Одеська, Дніпропетровська, Хмельницька та інші промислово-міські агломерації) зафіксовано 13,8 тис. зсувів і 2,5 тис. карстово-суфозійних об'єктів.

В Івано-Франківській та Закарпатській областях, на 70 % гірських водозборів Криму, переважно в низькогір'ї, поширені селеві процеси, дією яких уражено 3–25 % території.

Характерними негативними явищами в районах розміщення об'єктів гірничодобувної промисловості є переосушення, засолення, зрушення гірських порід і просадка над гірничими виробками. У Кривбасі величина просідання земної поверхні над гірничими виробками сягає 3–3,5 м, а в заплаві р. Самари та її протоків (Західний Донбас) – 2,7–5,6 м.

Техногенне втручання у природний розвиток Чорноморського та Азовського узбережжя повсюдно супроводжується активізацією абразії (руйнуванням берегів), відтак втратою землі та значними матеріальними збитками для цих територій, що мають високу екологічну й рекреаційну цінність.

Згідно з державним земельним кадастром України, серед сільськогосподарських угідь 1,8 млн га засолених земель, 2,8 – солонцюватих, 11,8 – кислих, 2,2 – перезволожених, 2,0 – заболочених, 0,47 – кам'янистих та 12,8 млн га – змитих.

Найзагрозливіший стан сільськогосподарських угідь у Кіровоградській, Донецькій, Харківській, Луганській, Чернігівській і Полтавській областях та Автономній Республіці Крим. У Кіровоградській області, наприклад, із 2 млн га сільгоспугідь 1 млн га – змиті землі, а

в Полтавській області з 2,2 млн га сільгоспугідь 0,7 млн га – засолени солонцюваті, 0,9 млн га – кислі (Іщенко О.І., 2001).

Застосування мінеральних добрив з підвищенням норми їх внесення, особливо неочищених, низької якості, а також захоплення отрудохімікатами широкої дії, значна частина яких повільно розкладається і має здатність до концентрації в живих організмах, зробило сільськогосподарське виробництво небезпечним для здоров'я людини. Отруйні речовини (канцерогенні, мутагенні, алергійні) нагромаджуються в продуктах харчування, ґрунтових водах у кількостях, які в десятки і сотні разів перевищують санітарно-допустимі норми.

Катастрофа 1986 р. на Чорнобильській атомній електростанції зумовила створення в Україні ситуації, що за своїм змістом наближається до глобальної екологічної кризи. Внаслідок катастрофи порушився сталий устрій та господарська діяльність у 77 районах України, а загальна площа найбільш забруднених сільськогосподарських угідь сягнула 4,6 млн га.

Шкідливий антропогенний вплив на земельні ресурси, розгул стихій, розбуджених та посиленних людиною, завдає ґрунтам величезної, чисом непоправної шкоди. Це, насамперед, погіршення ґрунтової структури, механічне руйнування та ущільнення ґрунту, постійне збіднення на гумус та поживні речовини, водна та вітрова ерозії, забруднення ґрунту отрудохімікатами, мастилом та паливом, важкими металами, радіонуклідами тощо.

Ситуація, яка склалася, зумовлена тим, що впродовж десятиріч екстенсивне використання земельних угідь, і особливо ріллі, не компенсувалося аналогічними заходами з відтворення родючості ґрунтів. У цьому полягає основна причина низької ефективності засобів, спрямованих на інтенсифікацію землеробства, а деградаційні процеси виснажують ґрунтові виробничі ресурси, відтак знижуються врожаї сільськогосподарських культур. На значних площах сільськогосподарських угідь досягнуто межі екологічної збалансованості ґрунтових екосистем і агрофітоценозів. Найбільше збитків ґрунтам завдають водна і вітрова ерозії, невідтворні втрати гумусу й поживних речовин, засолення, висушення й перезволоження ґрунтів, забруднення промисловими відходами, викидами, отрудохімікатами, стилізація ґрунтів і опідзолювання.

Високий рівень розвитку виробництва і сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для ведення сільського господарства практично в кожному регіоні України зумовили збільшення площі використовуюва-

них земель. Тільки 8 % території України ще перебуває в природному стані. Це болота, озера, а також гірські масиви. Таким чином, всі придатні для землекористування території вже використовуються в різних сферах господарської діяльності. Наприклад, забезпеченість економіки України землями – найважливішим природним ресурсом – у 5–6 разів перевищує цей показник у інших країнах Європи.

Нинішній стан землеробства характеризується величезними втратами енергії, яка міститься в органічній речовині ґрунту, і елементів живлення. З урахуванням дегуміфікації, втрати енергії в землеробстві майже втричі перевищують її відновлення за допомогою внесення органічних та мінеральних добрив.

Стан використання наших земель, як показує практика, потребує вжиття нагальних науково обґрунтованих заходів, спрямованих на підвищення родючості ґрунтів та отримання екологічно чистих продуктів харчування. Заходи з охорони земельних ресурсів та їх раціонального використання – різноманітні і різнопланові, але найефективніше вони діють в комплексі з єдиною системою, взаємно доповнюючи і посилюючи дію всіх інших.

Розробці комплексу агротехнічних, меліоративних і організаційних заходів щодо підвищення родючості ґрунтів і охорони земельних ресурсів мають передувати глибокі знання факторів життя рослин, законів землеробства, показників родючості і окультуреності, а також режимів (водного, повітряного, теплового, поживного) ґрунтів.

Основним завданням наукового землеробства є вивчення законів росту і розвитку рослин, пізнання умов, які потрібні для вирощування високих урожаїв, і на основі цього розроблення ефективних заходів для активного керування цими умовами. Такого погляду дотримувався, як відомо, і К.А. Тімірязев (1948). “Культурна рослина і вимоги, які вона ставить, – ось корінне наукове завдання землеробства”, – писав він.

Знання наукових основ землеробства забезпечують диференційований підхід до розробки агротехнічних і меліоративних заходів з метою підвищення родючості ґрунтів і продуктивності агрофітоценозів. Вони дають змогу уникнути шаблонного запровадження тих чи інших заходів у землеробстві. З цього приводу “патріарх російського землеробства” І.О. Стебут ще в 1904 р. наказував студентам: “Не просить у мене рецептів. Не рецепти даю я вам, і не копіїстів і книжників хотів би бачити в вас, а, перш за все, свідомо мислячих людей, майстрів своєї справи, господарів... інтелігентних працівників російського села”.

1. ЗАКОНИ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Рослини, що вирощуються людиною, як і інші організми, протягом свого життя постійно знаходяться у взаємодії з навколишнім середовищем. Невідповідність умов середовища вимогам рослинних організмів спричиняє порушення нормальних процесів росту та розвитку і навіть загибель рослин. Навпаки, задоволення вимог рослин всіма умовами їх життя дозволяє повніше використовувати їх біологічні можливості для отримання максимального урожаю.

Ці вимоги визначаються спадковістю рослин і є різними не тільки для кожного виду, але й для кожного сорту чи гібриду тієї або іншої культури. Знання цих вимог є основним завданням наукового землеробства. Вони дадуть можливість не тільки краще задовольняти потреби культур, але і правильно встановлювати структуру посівних площ, чергування культур, розміщення сівозмін тощо.

Другим завданням наукового землеробства є розробка агротехнічних заходів, спрямованих на найповніше і продуктивніше задоволення вимог рослин до тих чи інших умов зовнішнього середовища.

Для росту, розвитку і формування певного врожаю рослинам потрібні певні умови, тобто фактори життя: світло, тепло (космічні фактори), вода, повітря і поживні речовини (земні фактори) (рис. 1).

Необхідність всіх перерахованих факторів для рослин була встановлена за аналізу складу рослин, які вирощувались у штучних умовах із зміною забезпеченості тим чи іншим фактором життя.

За повідомленням Д.М. Прянишникова (1952), вперше рослини у водних культурах були доведені до дозрівання в 1859 р. З цього часу можна вважати, що вимоги рослин до необхідних факторів життя науково доведені.

Сонячне світло – необхідна умова вуглецевого живлення рослин. Від кількості отриманої сонячної енергії залежить кількість утвореної органічної речовини. Енергія сонячного проміння витрачається на розкладання вугільної кислоти, випаровування води. Рослина використовує тільки невелику частину сонячної радіації, що надходить на поверхню ґрунту. За даними О.Г. Дояренка (1966), який розробив прилад і методику визначення цього космічного фактора, коефіцієнт використання сонячної енергії коливається від 1 до 4%.

Слід відмітити, що хоч сонячна радіація і знаходиться поза впливом людини, ступінь використання рослинами світлової енергії сонця для фотосинтезу залежить від рівня агротехніки. Для кращого її вико-

ристання застосовують спеціальні заходи, зокрема, диференційовані норми висіву і способи сівби, ущільнені і проміжні посіви, напрямком сівби тощо. Так, за напрямку рядків з півночі на південь раціональніше використовується ранкове і вечірнє світло, а зі сходу на захід – полуденне світло.

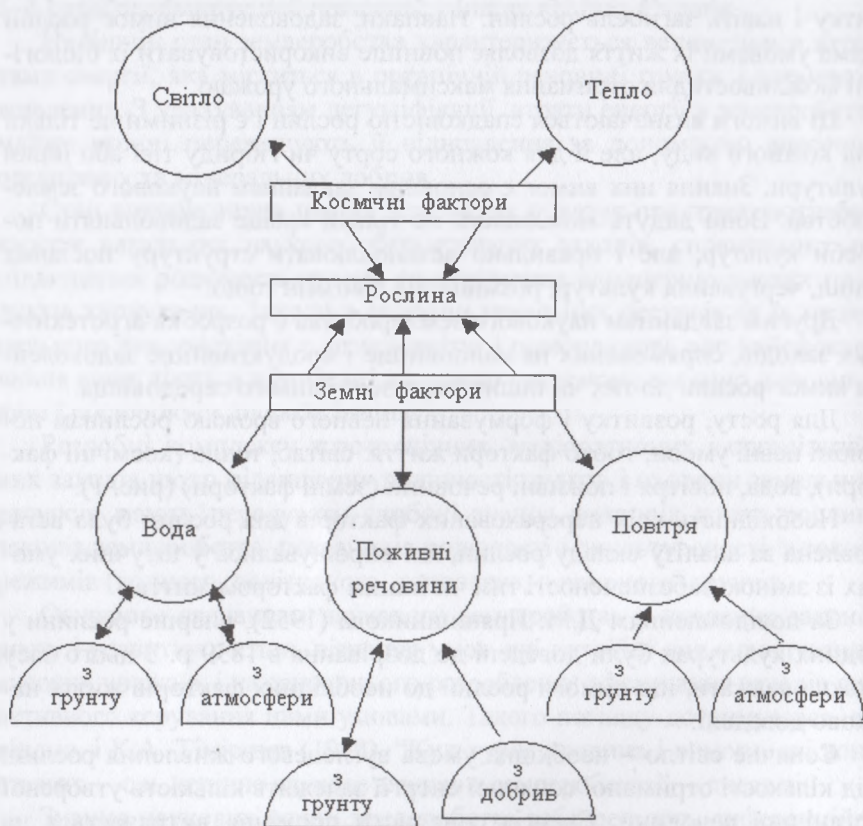


Рис. 1. Основні фактори життя рослин та їх взаємодія.

Проріджування рослин і знищення бур'янів покращують освітленість рослин. При вирощуванні рослин в умовах захищеного ґрунту застосовують штучне освітлення.

Світло справляє помітний вплив на різні явища росту і розвитку рослин (проростання насіння, глибину залягання вузла і характер куціння, довжину міжвузлів). За повідомленням О.Г. Дояренка (1966),

сонячне світло позитивно або негативно діє на проростання насіння бур'янів. Так, насіння метлюга звичайного проростає тільки на світлі, а щиріці звичайної – в темноті. Вузол кущіння у злаків закладається там, куди проникає сонячне світло. За достатнього освітлення рослин при кущінні перші міжвузля утворюються короткими і міцними. Затінення сходів при загущеному посіві сприяє розростанню і видовженню перших міжвузлів, що призводить до полягання рослин. Знищення бур'янів, особливо високорослих, покращує освітленість культурних рослин.

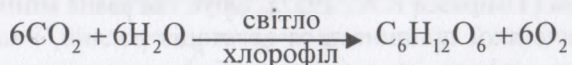
Поряд із світлом, тепло – один із основних факторів життя рослин і необхідна умова для проходження біологічних, хімічних і фізичних процесів у ґрунті. Рослини успішно ростуть і розвиваються в певних межах теплового забезпечення. Вперше відомості про це були отримані Ю.Саксом (Тімірязев К.А., 1957). Існує так звана мінімальна температура, нижче якої припиняється вегетація рослин, і максимальна температура, перехід за межу якої є згубним для рослин. Найбільша продуктивність рослин досягається за оптимальної температури. Кожна рослина на різних фазах і стадіях розвитку пред'являє певні, але неоднакові вимоги до тепла, з'ясування яких складає одне із завдань фізіології рослин і наукового землеробства. До завдань землеробства входить також вивчення теплового режиму ґрунту і заходів щодо його регулювання.

Значення води в житті рослин досить різнобічне. Вода є неодмінним учасником майже всіх життєвих процесів, що відбуваються в рослині. Б.А. Рубін (1954) характеризує роль води як одну з ланок, що зв'язує рослину з середовищем живлення. Рослині належить істотна роль у кругообігу води в природі. Більшість сільськогосподарських культур витрачає величезну кількість води. К.А. Тімірязев (1957) писав про пшеницю: „Вага цієї води ... перевищує в тисячу разів вагу отриманих зерен”. Тому не випадково, що саме нестача води дуже часто обмежує продуктивність рослин. Від вмісту води в ґрунті залежать його технологічні властивості та інтенсивність хімічних, фізико-хімічних і біологічних процесів, що визначають рівень ефективної родючості ґрунту.

Повітря (атмосферне і ґрунтове) необхідне як джерело кисню для дихання рослин і ґрунтових мікроорганізмів, а також як джерело вуглецю, який рослина засвоює в процесі фотосинтезу. Повітря необхідне для проходження в ґрунті мікробіологічних процесів, в результаті

яких органічна речовина ґрунту розкладається аеробними мікроорганізмами з утворенням розчинних мінеральних сполук азоту, фосфору, калію та інших потрібних рослинам елементів. Вуглець становить майже половину сухої маси рослини. В атмосферному повітрі міститься лише 0,03% CO₂, проте цієї кількості виявляється достатньо для життєдіяльності рослин. Склад ґрунтового повітря, на відміну від атмосферного, не є постійним і впливає не тільки на корисну, але й на патогенну мікрофлору.

Органічна речовина врожаю створюється з вуглекислого газу атмосферного повітря, води і мінеральних солей ґрунту. Цей процес здійснюється за допомогою зелених рослин за участю енергії сонця. Механізм утворення найбільш простих органічних речовин (вуглеводів) можна представити такою формулою:



У подальшому із простих сполук утворюються складні органічні сполуки, які складаються з вуглецю, кисню і водню. Частка цих трьох елементів становить 94 % маси сухої речовини, причому вуглець за масою в середньому складає 45 % сухої речовини, кисень – 42 і водень – 7 %. Решту 6 % сухої маси речовини врожаю приходиться на азот і зольні елементи.

Азот, вуглець, кисень і водень утворюють групу елементів, так званих органогенів. Елементи, що залишаються після спалювання сухої речовини, називаються зольними. Вони становлять біля 5 % сухої речовини. В рослині виявлено близько 78 елементів із 108 відомих у природі. Вважають, що для нормального росту і розвитку рослині необхідно близько 15 елементів: вуглець, кисень, водень, азот, фосфор, калій, кальцій, магній, залізо, сірка, мідь, бор, молібден, цинк, марганець. Елементи літій, аргентум, стронцій, кадмій, силіцій, титан, свинець, хром, селен, залізо, нікель належать до умовно необхідних.

До макроелементів відносять хімічні елементи, вміст яких у рослинах коливається від сотих часток до цілих відсотків у розрахунку на суху речовину. Це азот, вуглець, кисень, водень, сірка, фосфор, кальцій, калій, магній, залізо, натрій.

До мікроелементів відносять хімічні елементи, вміст яких в рослинах не перевищує тисячних часток відсотка у розрахунку на суху речовину. Це цинк, йод, бор, мідь, молібден, кобальт та ін.

За споживанням елементів живлення сільськогосподарські культури досить відрізняються між собою. Так, розрізняють дві групи культур залежно від особливостей живлення азотом: 1) які не можуть засвоювати молекулярний азот атмосфери і дуже реагують на азотне живлення; 2) здатні завдяки симбіозу з мікроорганізмами використовувати азот атмосфери і слабко реагують на азотні добрива.

За реакцією на форми фосфорних сполук сільськогосподарські культури поділяють на три групи: 1) які добре засвоюють важкорозчинні сполуки фосфору з ґрунту, а тому в них слабка реакція на фосфорні добрива (люпин, гречка, гірчиця); 2) які енергійніше вбираючи кальцій, краще засвоюють важкорозчинні сполуки фосфору (горох, еспарцет, чина, конюшина, люцерна, коноплі, капуста), внаслідок чого ґрунтовий розчин збіднюється на кальцій, що полегшує перехід у розчин іонів PO_4^{3-} ; 3) культури, які добре реагують на фосфорні добрива (озима пшениця, ячмінь, жито, кукурудза, цукрові буряки, овочеві), вони енергійно вбирають фосфор і менше кальцій.

За потребою калію Д.М. Прянишников (1963) розрізняв три групи культур: 1) які потребують великої кількості калію (цукрові буряки, картопля, льон, коноплі, тютюн); 2) які виносять багато калію з урожаєм, але знову внаслідок кругообігу повертають його в ґрунт (кормові культури); 3) не дуже вимогливі до калію (зернові і зернобобові).

Функції кожного з елементів є суворо специфічними, нестача будь-якого з них спричиняє порушення життєдіяльності рослинного організму. Основним джерелом забезпечення рослин елементами живлення є ґрунт і добрива. За чутливістю до добрив Б.М. Рождественський (1948) поділяє культури на три основні групи: 1) дуже чутливі (кавуни, ячмінь, буряки, озиме жито, овочі, горох, кормові боби); 2) середньочутливі (озима пшениця, картопля, просо, сорго, соя, квасоля, кукурудза); 3) менш чутливі (гречка, соняшник, овес, яра пшениця, люпин, еспарцет). Істотний вплив на забезпечення рослин елементами живлення має водний і тепловий режими ґрунту.

На відміну від космічних, земні фактори життя рослин використовуються останніми, в основному, через ґрунт. Він може краще або гірше передавати рослинам наявні в ньому або внесені елементи живлення та воду. В зв'язку з цим, дуже зростає посередницька роль ґрунту, яка в кінцевому результаті забезпечує і рентабельність землеробства.

Як відомо, в екстенсивному землеробстві ґрунт був єдиним джерелом води і поживних речовин. Тривалість і ефективність викорис-

тання ґрунту визначались його природною родючістю. Як тільки ґрунт переставав забезпечувати рослини достатньою мірою земними факторами життя, його виключали з обробітку і залишали для дії природних процесів (залізна і перелогова системи землеробства).

В інтенсивному землеробстві все більшого значення набуває трансформаційна функція ґрунту, тобто його здатність передавати рослинам внесені ззовні елементи живлення і воду. Крім того, підвищені вимоги пред'являють до фітосанітарного стану і технологічних властивостей ґрунту. В міру інтенсифікації землеробства трансформаційна функція того чи іншого ґрунту, обумовлена природними факторами ґрунтоутворення, в ряді випадків виявляється недостатньою. Виникає необхідність покращення всього комплексу ґрунтових властивостей, розширеного відтворення його родючості. Можливість такого перетворення ґрунту закладена в його природі як поновлювального природного ресурсу. Проте, за неправильного використання він може втратити свою родючість.

Взаємодія факторів життя рослин у процесі їх росту і розвитку – надзвичайно складна й різнобічна, протягом тривалого часу є предметом вивчення біологічних і агрономічних наук. Найскладніше завдання землеробства полягає в найефективнішому використанні всіх факторів життя рослин. З цього приводу К.А. Тімірязєв (1957) писав: „Ніде, мабуть, ні в якій іншій діяльності не вимагається виважувати стільки різноманітних умов успіху, ніде не вимагається таких різнобічних знань, ніде захоплення однобічною точкою зору не може призвести до такої крупної невдачі, як у землеробстві”.

З часів Юстуса Лібіха (1840) і по сьогодні сільськогосподарську науку цікавлять закономірності взаємозв'язку рослин і факторів їх життя. Результати великої кількості дослідів, їх обробка і ретельний логічний аналіз дозволили сформулювати ряд закономірностей дії факторів життя рослин в процесі створення урожаю. Ці закономірності в агрономічній науці відомі як *закони землеробства*. Значний вклад у відкриття законів землеробства внесли такі вчені, як: Ю. Лібіх (1803–1873), Г. Гельрігель (1831–1895), Ю. Сакс (1832–1897), Е. Вольні (1846–1901), В.Р. Вільямс (1863–1939), Е. Мітчерліх (1874–1956).

Слід відмітити, що методологічною основою для наукового вирішення питань управління умовами життя рослин є знання об'єктивних законів природи і суспільства, що діють у сфері землеробства.

У землеробстві проявляється складна система законів всіх основних форм руху матерії: неорганічної, живої і суспільної. Закони всіх форм руху матерії – об'єктивні, діють одночасно як система, причиною взаємозв'язані, посилюючи або послаблюючи виявлення один одного. І це визначає складність землеробства як науки, і як галузі виробничої діяльності людини.

Проте, до специфічних законів землеробства відносяться лише ті, які, діючи в його предметній сфері, визначають головні теоретичні положення землеробства як науки та основні принципи технології землеробства як галузі виробництва і, в кінцевому підсумку, мають вирішальний вплив на його результати. Найбільшу значущість у землеробстві отримали наступні п'ять законів: незамінності та рівнозначності факторів життя рослин; мінімуму; оптимуму і максимуму; сукупної дії (взаємодії) факторів життя рослин і повернення поживних речовин.

Закон незамінності та рівнозначності факторів життя рослин, суть якого полягає в тому, що всі фактори життя рослин є абсолютно рівнозначними і незамінними. Відповідно до цього закону рослини повинні своєчасно забезпечуватися всіма необхідними для їх життя факторами, і ні один з них не може бути замінений іншим. Усі фактори життя є рівнозначними, тобто однаково потрібні рослинам, незалежно від того, в якій кількості вони використовуються ними. Так, маса води, яку рослини беруть з ґрунту, в кілька тисяч разів більша за масу поживних речовин. Проте це не означає, що вода для рослин є важливішим фактором, ніж поживні речовини.

Л.С. Роктанен (1982) вважає цей закон основним. Саме внаслідок цього закону проявляється дія інших законів – мінімуму, сукупної дії. Особливість цього закону така, що на практиці його вияв малопомітний. Це пояснюється тим, що в природних умовах рослини знаходять всі необхідні для їх росту і розвитку фактори, хоча в кількісному відношенні потреба в них і наявність їх можуть бути різними. Тут уже вступають в дію закони мінімуму і сукупної дії.

Вперше докази незамінності і рівнозначності елементів живлення були отримані у точних дослідах вирощування рослин у безплідному (неродючому) середовищі (платинові тиглі з обрізками платинового дроту) в 1842 р. Вігманом і Польсторфом (Тімірязев К.А., 1952).

Методом виключення фізіологи рослин і агрохіміки того часу встановили склад повної поживної суміші. В 1859 р. рослини у водних культурах у дослідах І. Кнопа і Ю. Сакса вперше були доведені

до дозрівання. Поживна суміш повинна включати всі необхідні елементи живлення. За відсутності будь-якого з поживних елементів неможливий нормальний ріст і розвиток рослин внаслідок їх незамінності.

Найбільш повно сформулював цей закон (як перший) В.Р. Вільямс (1939): „Жодний із факторів життя рослин не може бути заміненим іншим”. Закон також давався і в більш розширеній трактовці: „Рослини для свого життя вимагають одночасної і сумісної присутності або такого ж притоку всіх без виключення умов або факторів свого життя”. При цьому мались на увазі такі фактори, як світло, тепло, вода, повітря і елементи живлення. На сьогодні відомо, що незамінними в життєвому процесі рослин, у створенні врожаю виявляються не тільки такі комплексні фактори, як повітря, світло, елементи живлення, тепло, реакція середовища, але й більшість складових їх елементів: окремі частини спектру сонячного променю, наявність у повітрі кисню, азоту і вуглекислого газу, температура в певному інтервалі, різноманітні біологічно важливі елементи живлення тощо.

Наслідком закону незамінності є висновок про фізіологічну рівнозначність факторів життя рослин. „Всі фактори життя рослин безумовно рівнозначні”, – так сформулював це В.Р. Вільямс (1939) у вигляді другого закону землеробства. При цьому він мав на увазі як фактори космічного, так і земного походження. Кожний із факторів вчений розглядав у всій його складності.

У сільському господарстві, де ґрунтово-кліматичні умови надзвичайно різноманітні, не завжди однаковою мірою доводиться турбуватися про кожен з факторів життя рослин. Так, рослинам, безперечно, однаково потрібні волога і поживні речовини. Однак у посушливих районах степової зони України лімітуючим фактором здебільшого є волога, тому тут, насамперед, і найчастіше доводиться вживати заходів для забезпечення рослин водою (зрошення, снігозатримання, чисті пари тощо). На Поліссі з достатньою, а інколи і надмірною кількістю опадів, де ґрунти містять мало елементів живлення, особливого значення набувають заходи, спрямовані на забезпечення рослин доступними поживними речовинами (добрива, рослинні рештки, вапнування тощо). На важких ґрунтах, які запливають, зменшується інтенсивність надходження кисню до кореневих систем рослин, тому тут потрібно вчасно подбати про аерацію ґрунту (глибоке розпушування, обробіток міжрядь просапних культур, щілювання, кротовий дренаж, знищення ґрунтової кірки тощо).

Закон мінімуму вперше сформулював у 1840 р. Ю. Лібіх. Відповідно до цього закону, “продуктивність поля перебуває в прямій залежності від необхідної складової частини поживи рослини, що міститься в ґрунті в самій мінімальній кількості”. Ю. Лібіх вважав, що приріст урожаю прямо пропорціональний підвищенню вмісту поживної речовини, що знаходиться в ґрунті в мінімумі, тобто $Y = A \cdot x$, де Y – урожай; x – кількість поживної речовини; A – коефіцієнт для даного виду добрива. Вчений вдало розкриває зміст закону мінімуму: “Кожне поле містить одну або декілька поживних речовин в мінімумі і одну або декілька інших у максимумі. Урожаї перебувають у співвідношенні з цим мінімумом поживних речовин. ... Речовиною, що знаходиться в мінімумі, керується урожай і визначається його величина та сталість у часі” (Лібіх Ю., 1836).

Ю. Лібіх сформулював цей закон стосовно тільки елементів живлення. Досліди, проведені пізніше Г. Гельрігелем із різною забезпеченістю рослин водою, Ю. Саксом – теплом, Е. Вольні – світлом, водою і поживою, показали, що закон мінімуму дійсний для всіх факторів життя рослин.

За В.П. Нарциссовим (1982), суть закону мінімуму (або обмежуючих причин) полягає в тому, що “розвиток рослин і рівень урожайності будь-якої культури визначаються факторами, що знаходяться в недостатці або надлишку, а також іншими обмежуючими причинами (сільськогосподарські хвороби і шкідники, токсини і т.д.)”.

Більш обмежено цей закон трактував А. Демолон (1961): “Величина отриманого урожаю визначається тим елементом живлення або (в більш загальній формі) фактором росту, який знаходиться в найменшій кількості по відношенню до потреби рослин”.

Таке визначення, як зазначає В.П. Нарциссов (1982), можна розглядати лише як окремий випадок, а не як загальну вичерпну схему, тим більше, коли особливо виділяються поживні речовини. Відомо, що навіть за достатньо великого вмісту в ґрунті вологи, необхідних елементів живлення та інших факторів життя не можна отримати високого урожаю, якщо посіви не будуть захищені від ураження хворобами, пошкодження шкідниками і різними токсинами, при сильній засміченості їх бур’янами.

Дж. У. Кук (1970) з цього приводу писав: “Хвороби можуть настільки ж значно знижувати урожаї, як і нестача поживних речовин, і вони часто змінюють чутливість на добрива”. В практиці землеробства дуже важливо мати на увазі, що обмежуючий фактор (або причина), як пра-

вило, різко знижує ефективність дії решти факторів. П.А. Власюк (1969) зазначав, що “внаслідок незамінності елементів живлення один із них, який знаходиться в мінімальній кількості, не дозволяє рослині повною мірою використовувати решту факторів живлення”.

При розробці системи землеробства (особливо для конкретного господарства) важливо вміти правильно визначити обмежуючі фактори і причини, що стримують розвиток землеробства в даний час і можливо в недалекому майбутньому. Вони можуть бути різними і пов’язані з особливостями клімату, ґрунтів і ландшафтів.

Низька родючість ґрунту і обмежені можливості отримання високих урожаїв можуть бути обумовлені не тільки природними умовами, але і недоліками та помилками в культурі ведення землеробства.

Багато з обмежуючих причин можуть носити лише тимчасовий характер, оскільки у відносно короткий строк їх можна усунути (забур’яненість, несприятлива реакція ґрунтового розчину, ураження рослин хворобами і пошкодження шкідниками тощо). Відповідно до цього, в освоєній системі землеробства повинні бути зроблені відповідні зміни.

По-іншому складаються справи, коли обмежуючими виявляються постійно діючі причини, які дуже важко, а в багатьох випадках і неможливо усунути, хоча їх шкідливий вплив може бути послаблений. Внаслідок цього набір заходів в системі землеробства повинен забезпечувати постійну боротьбу з ними (токсичність і засоленість ґрунту, недостатня або надмірна кількість опадів, забрудненість ґрунту важкими металами і радіонуклідами, ерозія тощо).

Дія закону мінімуму часто ілюструється рисунком під назвою “бочка Добенка”. Клепки цієї бочки мають різну висоту і вказують рівень забезпеченості рослин окремими факторами життя. Безперечно, що при зображеній на рис.2 забезпеченості рослин факторами життя, врожайність (рівень води в бочці) може досягти лише рівня найнижчої клепки (фосфорна кислота). Якщо цю клепку наростити, то вода в бочці підніметься до рівня наступної найнижчої клепки. В міру поліпшення забезпеченості рослин фактором, який знаходиться в мінімумі, продуктивність їх зростатиме до тих пір, доки в мінімумі не виявиться інший фактор. Пізніше було доведено, що і надмірна кількість будь-якого фактора негативно впливає на рослину.

У подальшому Ю.Лібих визнав знижувальний ефект однакових доз, послідовно внесених у ґрунт добрив або інших факторів. Це підтверджувалось проведеними дослідями. Так, у вегетаційному досліді

Г. Гельрігеля порівнювався вплив різної вологості ґрунту на врожай надземної маси ячменю. Найвищий урожай був отриманий за вологості ґрунту 60% повної його вологоємності. Зміна врожаю залежно від вологості ґрунту підтверджувала знижувальну ефективність послідовно однакових кількостей будь-якого фактора життя рослин (рис. 3). При сухому ґрунті, а також при повному його насиченні водою, урожай дорівнював нулю. На основі подібних дослідів Ю.Саксом був сформульований закон мінімуму, оптимуму і максимуму, близький за суттю до закону обмежуючих причин.

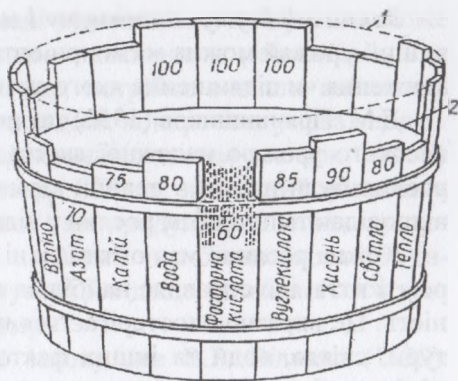


Рис. 2. Графічне зображення, яке ілюструє дію закону мінімуму (бочка Добенка): 1 – максимально можливий урожай; 2 – фактичний урожай.

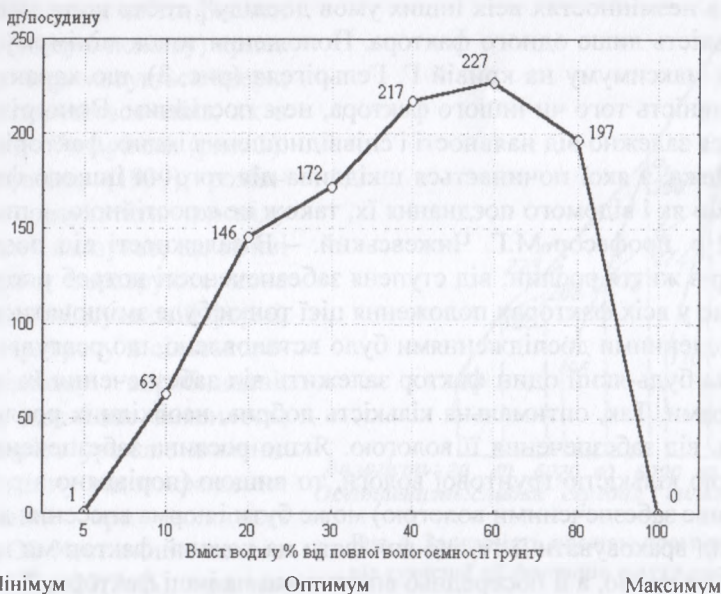


Рис. 3. Зміна величини врожаю за різного забезпечення рослин ячменю водою в досліді Гельрігеля

Закон мінімуму, оптимуму і максимуму полягає в тому, що найвищий урожай можна мати при оптимальному рівні кожного фактора, зниження чи підвищення якого зменшує урожай.

Д.М. Прянишников (1952) так висловив цю думку: “Для отримання високого урожаю належної якості необхідно, щоб всі фактори росту рослин були надані в певних гармонійних поєднаннях, які найбільше відповідають потребам рослин у відповідні періоди росту і розвитку”.

Кожна рослина має оптимальні межі забезпечення кожним фактором життя, що справляє найбільш позитивний вплив на її продуктивність. Це виразно спостерігається по відношенню рослин до температури, світла, води та інших факторів. Наприклад, точки оптимуму, мінімуму і максимуму для температури були встановлені Ю. Саксом.

В.Р. Вільямс (1939) дав цьому закону більш конкретне визначення: “Найбільший урожай справджується при середній “оптимальній” наявності фактора; при найменшій (мінімальній) і найбільшій (максимальній) наявності фактора урожай нездійснений (рівний нулю)”.

Критикуючи різні формулювання цього закону, В.Р. Вільямс (1939) цілком обґрунтовано писав, що він вірний лише при “збереженні в незмінностях всіх інших умов досліду”, тобто коли змінюється кількість лише одного фактора. Положення точок мінімуму, оптимуму і максимуму на кривій Г. Гельґіґеля (рис. 3), що характеризує ефективність того чи іншого фактора, не є постійним. Воно різко змінюється залежно від наявності і співвідношення інших факторів.

“Межа, з якої починається шкідлива дія того чи іншого фактора, так само як і відомого поєднання їх, також не є постійною, – писав ще в 1942 р. професор М.Г. Чижевський. – В залежності від поєднання факторів життя рослин, від ступеня забезпеченості потреб рослин одночасно у всіх факторах положення цієї точки буде змінюватися”.

Численними дослідженнями було встановлено, що реагування рослин на будь-який один фактор залежить від забезпечення їх іншими факторами. Так, оптимальна кількість добрив, необхідних рослині, залежить від забезпечення її вологою. Якщо рослина забезпечена оптимальною кількістю ґрунтової вологи, то вищою (порівняно з рослинами, гірше забезпеченими вологою) може бути і норма внесення добрив.

Слід враховувати й те, що впливати на кожний фактор ми можемо не тільки прямо, а й посередньо впливаючи на інші фактори. Так, якщо ми вносимо вапно для нейтралізації кислих ґрунтів, то разом з цим змінюємо умови життєдіяльності мікроорганізмів і поліпшуємо живлення

рослин, наприклад, азотом. Але іноді під впливом вапнування може погіршитись живлення рослин іншими поживними речовинами, наприклад, мікроелементом бором. Отже, потрібно вивчати взаємодію між рослиною і факторами життя в складних конкретних умовах поля.

Закон сукупної дії (взаємодії) факторів життя рослин. Основу цього закону сформулював наприкінці XIX ст. німецький дослідник Лібшер, який встановив, що рослини тим продуктивніше використовують фактор, який знаходиться в мінімумі, чим більша кількість інших факторів знаходиться в оптимумі. Цим дещо розвивається і уточнюється положення закону мінімуму.

Більш точно визначення цього закону дав В.Р. Вільямс (1939): "Найбільша ефективність всякого фактора здійснюється тільки при повній забезпеченості рослини всіма іншими факторами". Як ілюстрацію, що підтверджує цей закон, вчений наводить графік безперервного підвищення урожаю при одночасній дії на світло, воду і поживу, складений на основі дослідів, проведених відомим німецьким агрофізиком Е. Вольні (рис. 4), в якого в 1890–1891рр. вчився В.Р.Вільямс. Із рис. 4 видно, що при одночасній дії на три фактори життя рослин (світло, воду і поживу) крива урожаю спрямовується вгору, а не відхиляється вниз, як в досліді Г. Гельрігеля (рис. 3). В.Р. Вільямс (1939), розбираючи результати дослідів Е. Вольні, вказував, що криві на графіку ілюструють, хоча ще й не в підсумковій формі, умови прогресу в сільськогосподарському виробництві. В цих дослідів виявилось, що приріст урожаю ячменю на посудину від покращення освітлення при вологості 20 % становив всього 22 дг (або 23,7 %), при вологості 40 % – 135 (або 73 %), а при вологості 60% – 195 дг (93,5%). Ще більш виразна різниця спостерігалась від застосування добрив.

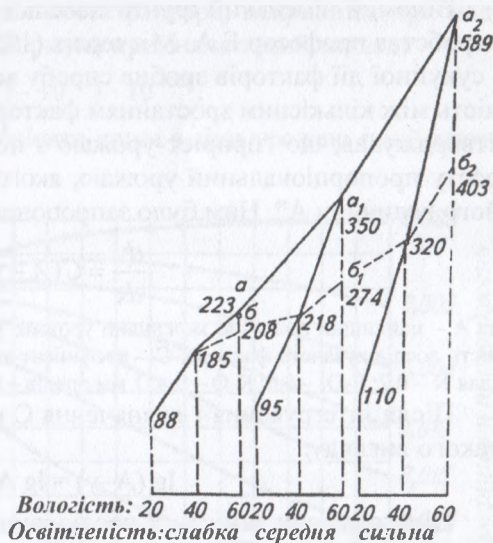


Рис. 4. Залежність врожаю ярого жита від сумісної дії факторів життя рослин

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Алов А.С. Структура почвы как фактор плодородия. – М.: Изд-во Министерства с.-х. РСФСР, 1960. – 128с.
2. Біологічний азот: Монографія / В.П. Патики, С.Я. Коць, В.В. Волкогон та ін.; За ред. В.П. Патики. – К.: Світ, 2003. – 424с.
3. Бялый А.И. Водный режим в севообороте на черноземах. – Л., 1971. – 211с.
4. Вериго С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве. – Л.: Гидрометеоздат, 1963. – 289с.
5. Вершинин П.В., Ревут И.Б. Структура и физические условия в почве Каменной степи. – Тр. по агрономической физике, вып. 6. – Л.: Гидрометеоздат, 1953. – С. 12–15.
6. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві: Наукова монографія / М.К. Шикун, С.С. Антоненко, В.О. Андрієнко та ін., За ред. М.К. Шикун. – К.: Оранта, 1998. – 680с.
7. Виленский Д.Г. Агрегация почв, ее теория и практическое приложение. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1945. – 110с.
8. Вильямс В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. – М.: Сельхозгиз, 1939. – 447с.
9. Вильямс В.Р. Основы земледелия. – М.: Сельхозгиз, 1946. – 191с.
10. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений. – К.: Наукова думка, 1969. – 516 с.
11. Воронин А.Д. Основы физики почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – 244с.
12. Ґрунтознавство: Підручник / І.І. Назаренко, С.М. Польчина, В.А. Нікорич. – Чернівці, 2003. – 400с.
13. Демолон А. Рост и развитие культурных растений. – М.: Сельхозгиз, 1961. – 400с.
14. Долгов С.И., Модина С.А. О некоторых закономерностях зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от плотности почвы // Теоретические вопросы обработки почвы. – Л.: Гидрометеоздат. – Вып. 2. – 1969. – С. 54–64.
15. Дояренко А.Г. Факторы жизни растений. – М.: Колос, 1966. – 280с.
16. Ефимов В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 264с.
17. Загальне землеробство: Підручник / С.С. Рубін, В.П. Гордієнко, В.П. Опришко та ін., За ред. В.П. Гордієнка. – К.: Вища школа, 1988. – 302с.
18. Заев П.П., Жежель Н.Г., Федосеева М.П. Общее земледелие. – М.–Л.: Сельхозгиз, 1957. – 343с.
19. Земледелие с основами почвоведения / М.Г. Чижевский, М.Г. Аваев, С.А. Желтиков и др.; Под ред. М.Г. Чижевского. – М.: Сельхозгиз, 1953. – 440с.
20. Земледелие: Учебник / А.А. Вербин, В.В. Квасников, А.Н. Клечетов, М.Г. Чижевский. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 271с.
21. Земледелие: Учебник / С.А. Воробьев, А.Н. Каштанов, А.М. Лыков, И.П. Макаров; Под ред. С.А. Воробьева. – М.: Агропромиздат, 1991. – 527с.
22. Земледелие: Учебник / С.А. Воробьев, Д.И. Буров, В.Е. Егоров и др.; Под ред. С.А. Воробьева. – М.: Колос, 1972. – 512с.
23. Землеробство / В.П. Гудзь, І.Д. Примак, Ю.В. Будьонний; За ред. В.П. Гудзя. – К.: Урожай, 1996. – 384с.

24. Землеробство: Навч. посібник / В.П. Гордієнко, О.М. Геркіял, В.П. Опришко; За ред. В.П. Гордієнка. – К.: Вища школа, 1991. – 268с.
25. Землеробство на осушених землях / М.Г. Цюпа, В.С. Бистрицький, І.Т. Слюсар та ін.; За ред. М.Г. Цюпи. – К.: Урожай, 1990. – 184с.
26. Землеробство: Підручник / М.С. Кравченко, Ю.А. Злобін, О.М. Царенко; За ред. М.С. Кравченка. – К.: Либідь, 2002. – 496с.
27. Канівець В.І. Життя ґрунту. – К.: Аграрна наука, 2001. – 131с.
28. Кирсанов А.Т. Теория Митчерлиха, ее анализ и практическое примененис. – М. – Л.: Сельхозгиз, 1930. – 200с.
29. Клименко Н.А. Почвенные режимы гидроморфных почв Полесья УССР. – К.: Изд-во УСХА, 1990. – 176с.
30. Корневые системы и продуктивность сельскохозяйственных растений / А.С. Устименко, П.В. Данильчук, А.Т. Гвоздиковская; Под ред. Н.Г. Городнего. – К.: Урожай, 1975. – 368с.
31. Костычев П.А. Избранные труды. – М., 1951. – 146с.
32. Либих Ю. Химия в приложении к земледелию и физиологии. – М.–Л.: Сельхозгиз, 1936. – 406с.
33. Лыков А.М., Коротков А.А., Громакова Т.Г. Земледелие с почвоведением: Учебник. – М.: Агропромиздат, 1985. – 431с.
34. Макаров Б.Н. Газовый режим почвы. – М.: Агропромиздат, 1988. – 104с.
35. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. – М.: ВО Агропромиздат, 1998. – 158с.
36. Митчерлих Э. Почвоведение. – М.: ИЛ, 1957. – 416с.
37. Медведев В.В., Лактионова Т.М. Стан робіт з моніторингу ґрунтів в Україні // Екологічний вісник. – 2003. – № 5–6. – С. 8.
38. Микроорганизмы и плодородие / Ж. Войнова – Райкова, В. Раньков, Г. Ампова; Пер. с болг. и предисл. З.К. Благовещенской; Под. ред. И.В. Плотниковой. – М.: Агропромиздат, 1986. – 120с.
39. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. – М.: Наука, 1972. – 343с.
40. Мишустин Е.Н. Роль микробиологического фактора в образовании почвенной структуры. – Почвоведение, 1945. – № 2. – С. 122–129.
41. Нарцисов В.П. Научные основы систем земледелия. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1982. – 328с.
42. Никольский Н.Н. К вопросу о строении почвенных агрегатов / Памяти академика В.Р. Вильямса. – М.: АН СССР, 1942. – С. 377–382.
43. Общее земледелие с почвоведением: Учебник / П.П. Заев, Н.Г. Жежель, А.А. Коротков и др. – М. – Л.: Сельхозгиз, 1963. – 620с.
44. Общее земледелие: Учебное пособие / Д.И. Буров, С.А. Воробьев, В.Е. Егоров и др.; Под. ред. С.А. Воробьева и Д.И. Букова. – М.: Колос, 1964. – 439с.
45. Охорона ґрунтів: Підручник / М.К. Шидула, О.Ф. Гнатенко, Л.Р. Петренко, М.В. Капштик. – 2-ге вид., випр. – К.: Знання, КОО, 2004. – 398с.
46. Панников В.Д. Пять законов земледелия – ключ к высоким урожаям // Сельское хозяйство на современном этапе: достижения и перспективы. – М.: Политиздат, 1972. – С. 353–368.

47. Підвищення родючості і охорона осушених земель: Довідник / За ред. Б.С. Прістера, Р.С. Трускавецького, М.М. Мостового. – К.: Урожай, 1993. – 136с.
48. Плюснин И.И. Мелиоративное почвоведение. – М.: Колос, 1971. – 413с.
49. Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология: Учебник. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1992. – 424с.
50. Почвоведение: Учебник для ун-тов. В 2-х ч. / Под. ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование / Г.Д. Белицина, В.Д. Васильевская, Л.А. Гришина и др. – М.: Высш. шк., 1988. – 400с.
51. Почвозащитное земледелие / Ф.Т. Моргун, Н.К. Шикуча, А.Г. Тарарико. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Урожай, 1988. – 256с.
52. Посудін Ю.І. Спектроскопічний моніторинг агросфери. – К.: Урожай, 1988. – 128с.
53. Приемы накопления и сохранения влаги в почве / К.К. Битюков, М.Н. Михайлов, В.Я. Попова; Под. ред. С.В. Астапова. – М.: Сельхозгиз, 1953. – 120с.
54. Рассел Э. Почвенные условия и рост растений. – М.: ИЛ, 1955. – 623с.
55. Ревут И.Б. Физика почв. – М.: Колос, 1972. – 366с.
56. Рижук С.М., Тютюнник Д.А. Мінеральні перезволожені ґрунти та їхня комплексна меліорація. – К.: Аграрна наука, 2003. – 280с.
57. Роде А.А. Водные свойства почв и передвижение почвенной влаги. Том 1. Основы учения о почвенной влаге. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 663с.
58. Роде А.А. Водный режим почв и его регулирование. – М.: АН СССР, 1963. – 119с.
59. Родючість ґрунтів: Моніторинг та управління / За ред. Медведєва В.В. – К.: Урожай, 1992. – 248с.
60. Роктанэн Л.С., Иванников А.В. Научные основы земледелия: Учебное пособие. – Целиноград: Целиноградский СХИ, 1982. – 80с.
61. Рубін С.С. Загальне землеробство. – К.: Вища школа, 1976. – 431с.
62. Рубін С.С., Михаловський А.Г., Ступаків В.П. Землеробство. – К.: Вища школа, 1980. – 464с.
63. Рудаков К.И. Микроорганизмы и структура почвы. – М.: Сельхозгиз, 1951. – 48с.
64. Рюбензам Э., Рауэ К. Земледелие. – М.: Колос, 1969. – 515с.
65. Соколов Н.С. Общее земледелие. – М.: Сельхозгиз, 1935. – 665с.
66. Тимирязев К.А. Земледелие и физиология растений. / Соч., т. 3. – М.: Сельхозгиз, 1937. – 452с.
67. Шевченко Н.Н., Лыко Д.В., Клименко Н.А. Особенности земледелия на мелиорированных землях Полесья Украины. – К.: Наукова думка, 1992. – 175с.

З М І С Т

ВСТУП.....	3
1. Закони землеробства	9
2. Родючість і окультуреність ґрунту в землеробстві.....	30
3. Біологічні показники родючості і окультуреності ґрунту	44
3.1. Органічна речовина ґрунтів	44
3.1.1. Гумус	44
3.1.2. Рослинні рештки.....	66
3.1.3. Ґрунтова флора і фауна.....	81
3.2. Сучасна видова та екологічна структура ґрунтової біоти	97
4. АГРОФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ.....	125
4.1. Гранулометричний склад ґрунтів	125
4.2. Структура ґрунту	131
4.3. Будова ґрунту	153
4.4. Питома і об'ємна маса ґрунту	160
4.5. Зв'язність, пластичність, липкість і фізична спілість ґрунту.....	178
5. ВОДНІ ВЛАСТИВОСТІ І ВОДНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТІВ	188
5.1. Категорії (форми) ґрунтової вологи	188
5.2. Водні властивості ґрунту.....	201
5.2.1. Водоутримуюча здатність і вологоємність ґрунту.....	201
5.2.2. Водопроникність ґрунтів	209
5.2.3. Водопідйомна здатність ґрунтів	214
5.3. Водний режим ґрунтів	216
5.4. Основні шляхи регулювання водного режиму ґрунту.....	222
6. ПОВІТРЯНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ.....	231
6.1. Склад і значення ґрунтового повітря	231
6.2. Аерація і повітряні властивості ґрунту	241
6.3. Дихання ґрунту	253
6.4. Вплив різних факторів на зміну повітряного режиму ґрунтів.....	260
6.5. Регулювання повітряного режиму ґрунту в землеробстві.....	268
7. ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ.....	271
7.1. Роль тепла в ґрунтових процесах, житті рослин та мікро- організмів.....	271
7.2. Надходження тепла в ґрунт і витрачання його ґрунтом.....	275
7.3. Теплові властивості ґрунту	279
7.4. Тепловий баланс ґрунту	288
7.5. Регулювання теплового режиму ґрунту в землеробстві.....	294
8. АГРОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ І ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ.....	306
8.1. Хімічний склад ґрунту.....	306
8.2. Мінеральна частина ґрунту	308
8.3. Вміст елементів живлення у різних ґрунтах і їхня доступність рослинам	312

8.4. Динаміка азоту в землеробстві	313
8.5. Динаміка фосфору в землеробстві	333
8.6. Динаміка калію, кальцію, магнію, натрію та мікроелементів у землеробстві	346
8.7. Фізико-хімічні показники родючості й окультуреності ґрунту	355
8.7.1. Вбирна (поглинальна) здатність ґрунту	355
8.7.2. Склад і будова ґрунтового вбирного комплексу	365
8.7.3. Основні закономірності фізико-хімічного, або обмінного поглинання катіонів	378
8.7.4. Необмінне поглинання катіонів ґрунтом	381
8.7.5. Ємність поглинання ґрунту	381
8.7.6. Обмінне поглинання аніонів	387
8.7.7. Кислотність ґрунту	388
8.7.8. Ступінь насиченості ґрунту основами	396
8.7.9. Буферна здатність ґрунту	397
8.7.10. Основні шляхи регулювання поживного режиму ґрунтів у землеробстві	401
Бібліографічний список	403

Навчальне видання

**ПРИМАК ІВАН ДМИТРОВИЧ
ВЕРГУНОВ ВІКТОР АНАТОЛІЙОВИЧ
РОШКО ВОЛОДИМИР ГАВРИЛОВИЧ
КУПЧИК ВІКТОР ІВАНОВИЧ
ДЕМИДАСЬ ГРИГОРІЙ ІЛЛІЧ
ПЕЧЕНЮК ВАСИЛЬ ІВАНОВИЧ
КОЗЯР ОЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ**

НАУКОВІ ОСНОВИ ЗЕМЛЕРОБСТВА

*Редактор О.М. Трегубова
Комп'ютерна верстка: Л.Ю. Губіна*

Здано до складання 03.06.2004. Підписано до друку 25.04.2005. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Папір офсетний № 1. Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.
Ум. др. арк. 23,7. Тираж 1200. Зам. 5-161.

Сектор оперативної поліграфії РВІКВ БДАУ .
09117, м. Біла Церква, Соборна площа, 8/1; тел. 3-11-01

Відиражовано ВАТ "Білоцерківська книжкова фабрика"
09100, м. Біла Церква, вул. Леся Курбаса, 4.