

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД
«ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»**

Аксьонов І. В., Мацай Н.Ю., Маслійов С. В.,
Гаврилюк Ю. В., Беседа О. О.

ПРАКТИКУМ
З ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ ЗА ДИСЦИПЛІНОЮ
«ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР»
для освітнього ступеню доктор філософії (денна форма навчання)
спеціальності 201 Агрономія



Старобільськ

ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка»

2021

УДК 631/635(076.5)

Рецензенти:

Іонов І. А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НАН України, завідувач кафедри анатомії та фізіології людини імені д.м.н., професора Я. А. Синельникова ХНПУ імені Г.С. Сковороди

Петренко С. В. – кандидат біологічних наук, доцент, кафедри садово-паркового господарства та екології ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка».

П69 Аксьонов І. В. Практикум з проведення лабораторних занять за дисципліною «Прогнозування та програмування врожайності сільськогосподарських культур» для освітнього ступеню доктор філософії (денна форма навчання) факультету природничих наук, спеціальності 201 Агрономія / І. В. Аксьонов, Н. Ю. Мацай, С. В. Маслійов, Ю. В. Гаврилюк, О. О. Беседа – Держ. закл. «Луган. нац. ун-т імені Тараса Шевченка». – Старобільськ: 2021. – 180 с.

Практикум з проведення лабораторних занять з курсу «Прогнозування та програмування врожайності сільськогосподарських культур» призначен для освітнього ступеню доктор філософії (денна форма навчання) факультету природничих наук за спеціальністю 201 Агрономія.

УДК 631/635(076.5)

*Рекомендовано до друку навчально-методичною радою
ДЗ «Луганського національного університету імені Тараса Шевченка»
(протокол № від10.2021 р.)*

© Колектив авторів, 2021

© ДЗ „ЛНУ імені Тараса Шевченка”, 2021

ЗМІСТ

<i>ВСТУП</i>	5
<i>МЕТА І ЗАДАЧІ ПРОГНОЗУВАННЯ І ПРОГРАМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР</i>	20
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА	22
Завдання 1.	30
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА	33
Завдання 1.	52
Завдання 2.	54
Завдання 3.	55
Завдання 4.	55
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА	59
Завдання 1.	70
Завдання 2.	71
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА	75
Завдання 1.	108
Завдання 2.	108
Завдання 3.	108
Завдання 4.	109
Завдання 5.	109
Завдання 6.	110
Завдання 7.	111
Завдання 8.	112
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА	115
Завдання 1.	126
Завдання 2.	127
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА	129
Завдання 1.	153

Завдання 2	153
Завдання 3	154
Завдання 4	154
Завдання 5	155
Завдання 6	155
Завдання 7	155
Завдання 8	155
ДОДАТКИ	159

ВСТУП

Польові культури, які дають рослинну продукцію для використання людиною, для задоволення потреб тваринництва та птахівництва знаходяться під впливом середовища, частиною якої є і спосіб господарювання людини (тобто ведення людиною рослинництва і землеробства).

Тому самим посіви польових культур в рослинництві вважають агроценозами, в яких людина не тільки істотна керуюча сила, але і в кожному конкретному випадку просто необхідний для здійснення функціонування даних агроценозів.

Характер використання людиною сільськогосподарських культур полягає в наступному:

- значна частина енергії, що створювана рослинами в процесі проходження ними фотосинтетичних процесів, видаляється при збиранні з полів і направляється в місце споживання;
- у загальній рослинній продукції всієї біомаси сільськогосподарських культур переважає використований на потреби людини урожай, тоді як природні фітоценози, що утворюються без втручання людини, як правило розвиваються в зворотному напрямку. Вони дають більший запас біомаси, але з низьким відношенням корисної для людини продукції до загального її кількості.

У сільськогосподарському виробництві культурних рослин, врожайність складається під впливом комплексу чинників, які не можуть бути механічною сумою окремих агроприйомів, рекомендованих кожної окремої наукою, оскільки взаємодія між ними змінює арифметичний результат підсумовування.

Тому вважається, що основний шлях підвищення продуктивності агроценозів – це розробка комплексу взаємопов'язаних агротехнічних прийомів і оптимізації факторів, заснованих на комплексному застосуванні суми знань за всіма рослинницькими науками.

Один із шляхів успішного вирішення завдання по отриманню високої і стабільної врожайності – широке впровадження методу прогнозування та програмування врожайності сільськогосподарських культур.

Формування врожайності сортами і гібридами сільськогосподарських культур – складний виробничий процес, який визначається наступними факторами:

- генетичною програмою, яка закладена в генотипі при створенні сорту або гібрида;
- умовами вирощування, які обумовлені технологіями вирощування та погодними умовами вегетаційного періоду;
- взаємодією генотипу і навколишнім середовищем.

Рівень формування врожайності сортами і гібридами сільськогосподарських культур визначається до 55-60 % реакцією генотипу на зміну умов вирощування, до 15-17 % визначається взаємодією генотип* середовище, до 23-30 % визначається продуктивністю самого сорту або гібрида.

Для досягнення сортами і гібридами як можливо максимального рівня врожайності в умовах виробництва застосовують методи прогнозування та програмування.

Прогнозування і планування є одними з найбільш точних заходами і методами наукового передбачення, яке об'єднує всі види діяльності, пов'язані з визначенням агрономом стану агроценозу сорту або гібрида в майбутньому за допомогою способів, які характерні для цих методів.

Застосовуваний агрономом метод прогнозування врожайності агроценозів сортів і гібридів сільськогосподарських культур – спеціальне наукове дослідження в рослинництві, предметом якого виступають перспективи та умови росту, розвитку, формування врожайності рослинами агроценозів сільськогосподарських культур.

Прогнозуванням врожайності прямо або опосередковано в тій чи іншій мірі враховується умови майбутніх періодів вегетації на основі багаторічних погодних показників, забезпеченість у господарствах технології вирощування

агроценозів основними засобами виробництва і матеріально-технічними ресурсами.

Основою для його складання є багаторічні дані після їх кореляційного і регресійного аналізу.

Способами прогнозування врожайності є передбачення та передвказівка.

Передбачення – опис можливих і бажаних перспектив, станів, рішень проблем майбутнього формування та отримання врожайності.

Передвказівка – безпосередньо пов'язана з вирішенням цих проблем, з використанням інформації про майбутнє для цілеспрямованої діяльності агронома відповідно вибору сортів, гібридів, технологій, що спрямовані на розкриття сортами та гібридами максимальної продуктивності рослин в агроценозах.

До категорії передбачення відносяться: передчуття, передвгадування.

До категорії передвказівка відносяться: метопокладання.

Після застосування методу прогнозування у виробництві переходять до застосування методу програмування врожайності.

Програмування врожайності – розробка комплексу взаємопов'язаних агротехнічних і меліоративних заходів, своєчасне і високоякісне виконання яких забезпечує одержання заздалегідь розрахованого рівня врожайності при одночасному підвищенні ґрунтової родючості і поліпшення екологічної обстановки.

Метод програмування врожайності базується на принципах, що на кожному конкретному полі можна запланувати врожайність і забезпечити рівень її отримання шляхом обліку всіх ґрунтово-кліматичних факторів, диференціації агротехнічних і меліоративних прийомів, оптимального використання матеріальних, технічних і трудових ресурсів господарства.

Щоб забезпечити високий рівень врожайності агроному необхідно знати повну інформацію про обрані сорти і гібриди для технологій вирощування, можливу дію і взаємодію факторів, їх вплив на ріст, розвиток рослин в період вегетації, формування врожайності генотипом.

Застосовуючи метод програмування, агроном повинен передбачати реакцію вибраних сортів і гібридів на можливі погодні умови, можливі зміни погодних умов під час вегетації рослин, повинен вміти передбачати умови вирощування сортів і гібридів, які створюються за допомогою застосування агроприйомів у технології вирощування.

Для розкриття гібридом або сортом, свого генетичного потенціалу, агроном зобов'язаний застосувати наявну інформацію в процесі складання та виконання технології вирощування і в процесі конструювання агроценозів обраних сортів і гібридів для вирощування в сільськогосподарському підприємстві стосовно ґрунтово-кліматичних умов.

В програмуванні врожайності ураховується те, що величина врожайності визначається темпами росту і розвитку рослин, водним і тепловим режимом, мінеральним живленням, архітектонікою сортів і гібридів, відношенням між вегетативної та генеративної масами рослин.

Програмування врожайності як комплексний процес управління родючістю земель в інтересах отримання високої врожайності не обмежується лише власним програмуванням в землеробстві, а охоплює і ґрунтово-меліоративну, механізовано-технологічну і економічну і навіть фінансову сторони господарства.

Програмування врожайності сільськогосподарських культур проводять на основі наступних основних показників:

1) лімітуючого природного фактору (опади; теплота; фотосинтетична активна радіація; родючість, вологість та фізико-механічні показники ґрунту і т. ін.),

2) потреби культури сорту або гібриду в факторі, який регулюється і керується агрономом в процесі прогнозування та програмування врожайності (добрива, режим зрошення посівів, норми зрошення і так далі),

3) величини застосування регульованого фактору на основі природних факторів, що впливають на урожай і створюють оптимальні умови для його формування (меліорація, агротехніка).

Отже, в процесі програмування враховують не тільки природні фактори формування врожаю, але і реалізацію комплексу заходів, що забезпечують запланований урожай.

Важливими з цього комплексу заходів є накопичення і використання вологи, застосування засобів хімічного та біологічного захисту рослин, застосування добрив, дотримання високого рівня агротехніки, використання високопродуктивних сортів, гібридів, які забезпечують формування та отримання продукції високої якості.

При визначенні запланованого рівня врожайності слід врахувати природні фактори і правильно оцінити можливість використання реальних ресурсів.

Оскільки правильно управляти природними факторами (наприклад, погодою), особливо в посушливі періоди (за винятком зрошення), неможливо, це обумовлює значне розходження між величинами запланованого і фактично отриманого врожаю.

В основі програмування врожайності лежить вимога задоволення потреб рослин в життєво важливих ресурсах для отримання заданої врожайності.

Програмування врожайності передбачає:

- визначення величини потенційно врожайності (ПВ);
- визначення величини врожайності, яка може бути забезпечена кліматичними ресурсами;
- визначення величини дійсно можливого врожайності (ДМВ);
- визначення причин невідповідності між фактично отриманої врожайності і дійсно можливою;
- розрахунок норм внесення мінеральних і органічних добрив під програмовану врожайність для кожного поля сівозміни з урахуванням агрохімічних та фізичних показників ґрунту і біологічних особливостей культури;
- складання технологічних карт, що включають всі необхідні заходи, способи і терміни їх виконання;

- своєчасне і якісне виконання агротехнічних заходів, передбачених технологічною картою;

- облік врожайності і умов вирощування сільськогосподарських культур на кожному полі, з метою накопичення інформації для подальшого уточнення розрахунків, а також виявлення чинників, що лімітують отримання дійсно можливої врожайності, яка закладена в генетичному потенціалі сорту і гібриду.

Як бачимо, програмування врожайності засноване на науково обґрунтованому обліку впливу екологічних, біологічних, організаційно-технологічних та інших факторів на продуктивність культури і становить спеціальну програму формування необхідної їй врожайності.

У виробництві сільськогосподарської культури програмування врожайності передбачає управління процесом росту, розвитку рослин, формуванням врожайності агроценозом сортів та гібридів шляхом оптимізації значень регульованих факторів.

Прогнозуванні та програмуванні врожайності сільськогосподарських культур є найбільш високим етапом розробки і впровадження технологій вирощування польових культур.

У програмуванні врожайності слід окремо розглядати таке явище, як моделювання врожайності.

У загальному випадку під моделюванням розуміють встановлення кількісного впливу одного або декількох факторів на врожайність культури, виражається математичною залежністю чи моделлю.

При цьому тільки наявність тієї чи іншої моделі дозволяє проводити як планування і прогнозування, так і програмування.

Отже, моделювання є теоретичною кількісною базою програмування і тільки її наявність дозволить цілеспрямовано впливати на процеси формування врожайності сортів і гібридів.

Подальший розвиток моделювання знайшло в агрометеорології, де об'єктами вивчення є трифазна система «атмосфера – ґрунт – рослина» з її характерними особливостями.

Основними такими особливостями є:

- складність внутрішньої будови системи і навколишнього середовища;
- нестаціонарність;
- нелінійність;

• адаптивність – пристосувальні можливості рослинного організму до постійно змінюваних факторів зовнішнього середовища в процесі своєї вегетації.

При програмуванні та моделюванні врожайності сортів і гібридів орієнтуються на три рівні врожайності:

1. Потенційна врожайність (ПВ).

Потенційна врожайність (ПВ) визначається як максимальна, визначається біологічними особливостями, генетичним потенціалом продуктивності сорту або гібрида.

Потенційну врожайність теоретично можна отримати в ідеальних метеорологічних умовах при заданому коефіцієнті використання агроценозом сортів і гібридів фотосинтетичної активної радіації (ФАР).

Основним показником для визначення є прихід сонячної енергії.

2. Дійсно можлива врожайність (ДМВ).

Дійсно можлива врожайність визначається малорегульованими та нерегульованими факторами вологозабезпечення і теплових ресурсів, тобто при типових для зони метеорологічних умов.

Відсутність оптимального забезпечення агроценозів теплом і вологою обмежує коефіцієнт використання рослинами корисної дії ФАР. Звідси невідповідність між ПВ і ДМВ.

Основним показником для визначення ДМВ є вологозабезпеченість, біогідротермічний потенціал, родючість ґрунту.

Основним показником для визначення ДМВ є ефективність використання матеріально-технічних ресурсів і вид технології

3. Реальна господарська врожайність (РГВ).

Реальна господарська врожайність (РГВ) (або врожайність у виробництві) встановлюється на основі аналізу врожайності районованих і перспективних сортів і гібридів на сортодільницях, в дослідках наукових установ. Під час вегетації до уваги беруться показники структури продуктивності.

Найбільший вплив на РГВ має вибір технології і повнота реалізації сортами ті гібридами свого генетичного потенціалу продуктивності в залежності від конкретних метеорологічних умов року та агротехнологічних умов вирощування.

Завданням програмування є наближення РГВ до дійсно можливої врожайності (ДМВ), а ДМВ до потенційної врожайності (ПВ).

Реальна господарська врожайність (РГВ) залежить від ступеня реалізації ґрунтової родючості і погодно-кліматичних факторів місцевості. Якщо їх потенціал використовується на 100 %, то РГВ дорівнюється дійсно можливої врожайності (ВДМВ).

Повнота реалізації природних факторів залежить від умов року і регульованих людиною технологічних процесів.

У сприятливих ґрунтово-кліматичних умовах в поєднанні із застосуванням інтенсивної технології можна значно підвищити продуктивність посівів і домогтися, коли РГВ може бути вище ДМВ і наближатися до ПВ.

Однак відстань між РГВ і ПВ є великою і сучасні технології не в змозі поставити РГВ на один рівень з ПВ.

Завданнями програмування врожайності є:

- теоретичне обґрунтування заходів програмування;
- практична реалізація можливого рівня використання сонячної енергії, ґрунтово-кліматичних ресурсів, генетичного потенціалу продуктивності сортів і гібридів з метою отримання високоякісної врожайності сільськогосподарських культур з мінімальними матеріальними і фінансовими витратами.

Процес прогнозування врожайності ділять на кілька етапів:

- визначення рівня врожайності сорту або гібрида;

- встановлення реально можливої величини формування врожайності сортами та гібридами в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, матеріально-технічних умовах і можливостей сільськогосподарського підприємства;
- створення оптимальних умов для росту, розвитку, формування врожайності рослинам агроценозів сортів і гібридів;
- розробка прогностичної програми продукційного процесу (модель формування врожайності).

Процес реалізації програми передбачає отримання і обробка інформації про вирощувані сорти і гібриди, про біологічні властивості, фактори навколишнього середовища, показники родючості та фізико-механічні властивості орного шару ґрунту, матеріально-технічну оснащеність господарства.

Урожайність будь-якої культури формується при складній взаємодії рослин із зовнішнім середовищем, а її рівень визначається забезпеченістю сонячною енергією, вуглекислим газом, водою, елементами мінерального живлення, станом водно-повітряного режиму ґрунту та ін.

Виходячи з цього, в основу програмування врожайності академік І. С. Шатілов поклав 10 основних напрямків, які він назвав принципами програмування врожайності, які спираються на екологічні, біологічні та агротехнічні умови.

Перший принцип – визначення рівня врожайності по приходу ФАР і коефіцієнту його використання. Передбачає використання гідротермічного показника продуктивності фітомаси для визначення рівня врожайності. Гідротермічний показник продуктивності фітомаси відображає сукупну дію двох факторів – тепла і води. Підраховано, що 1,0 кг сухої біомаси в середньому акумулює близько 4000 ккал. Всі агроприйоми спрямовані на забезпечення в агроценозах максимального використання рослинами сонячної енергії.

Найбільше накопичення біологічної маси рослинами пов'язано не з загальною кількістю енергії, а тільки з тією частиною енергії, яка досягає

поверхні ґрунту і називається фотосинтетичною активною радіацією (ФАР) і становить 4,0-5,0 % від загальної сонячної радіації.

Між масою рослинами і кількістю сонячної енергії існує пряма залежність. Знаючи ФАР в певній ґрунтово-кліматичній зоні можна визначити потенційно можливу врожайність біомаси. Зробити це було б зовсім просто, якби рослини споживали всю сонячну енергію, що потрапляє на них. На практиці ж рослини використовують лише незначну її частину.

Отримання запрограмованої врожайності по приходу ФАР обмежується іншими факторами життя рослин: родючістю ґрунту, реакцією ґрунтового середовища, повітряним, тепловим, водним режимами ґрунту, біологічними особливостями самих рослин.

Другий принцип – облік біокліматичних показників і визначення потенційних можливостей сортів, гібридів сільськогосподарських культур в залежності від конкретних ґрунтово-кліматичних умов регіону, де вони вирощуються. Принцип програмування врожайності ґрунту базується на визначенні потенційно можливої врожайності сільськогосподарських культур за рахунок обліку частини ФАР, яку використовують рослини агроценозу.

Залежно від коефіцієнту використання ФАР агроценози сільськогосподарських культур ділять на чотири групи:

- звичайні – рослини використовують 0,5-1,5 %;
- добрі – рослини використовують 1,5-3,0 % ФАР;
- рекордні – рослини використовують 3,5-5,0 % ФАР;
- теоретично можливі – рослини використовують 6,0-8,0 % ФАР.

Участь ФАР у формуванні врожайності визначається такими факторами:

- географічним положенням сільськогосподарських господарств.

Найбільший коефіцієнт використання ФАР в Україні 2,2-4,3 % можливий в умовах південної підзони Степу;

- величина коливання коефіцієнта використання ФАР визначається в станом рослин в агроценозах, особливостями будови вегетативних органів

рослин, співвідношенням між генеративними та генеративними органами рослин сортів і гібридів;

➤ слабкий розвиток рослин і відповідно зниження рівня використання ФАР пояснюється нестачею або надлишком поживних речовин в ґрунті, порушенням технології вирощування сортів і гібридів, високим рівнем засміченості, недотриманням елементів сортової агротехніки, незабезпеченістю посівів методами захисту рослин від шкідників і хвороб.

Завдання агронома – створити на поле агроценоз сорту або гібрида, який здатен використовувати максимальну кількість сонячної енергії.

Третій принцип – визначення рівня врожайності по вологозабезпеченості, виходячи з багаторічних показників погодних умов які характерні для цілого року і для періоду вегетації культурних рослин, фактичного рівня вмісту продуктивної вологи в ґрунті на період початку вегетації рослин сортів і гібридів, а для озимих культур і на початку весняного відновлення рослин, на зрошуваних землях – забезпечення вологою в оптимальних розмірах потреб рослин в період вегетації. Програмування врожайності відповідно вимог цього принципу передбачає визначення фактичної потенційної врожайності сорту або гібрида відповідно до умов, в яких плануються їх вирощувати. В розрахунках по програмуванню застосовуються дані по продуктивності сортів і гібридів, що отримані науково-дослідними установами, на сортодільницях, що розташовані в зоні вирощування. Враховується факт, що технології науково-дослідних установ більш повніше задовольняють потреби сортів і гібридів в факторах росту, розвитку, формування врожайності.

Четвертий принцип – знання і правильне застосування законів і закономірностей землеробства і рослинництва в процесі програмування врожайності.

При програмуванні врожайності обов'язковою умовою є правильне застосування законів землеробства.

Наприклад, відповідно до закону рівнозначні факторів рослинам необхідна вода і поживні речовини. Однак у кожного сорту або гібрида є критичні періоди в споживанні води і поживних речовин. Якщо в ці періоди рослини відчувають нестачу (дефіцит) в поживних речовинах або в одному з них (азот, фосфор) то при хорошому забезпеченні цими поживними речовинами в більш пізні фази розвитку рослин, неможливо компенсувати заподіяної рослинами шкоди в більш ранні, критичні періоди потребу в цих елементах.

Знати, враховувати і цілеспрямовано впливати на ріст і розвиток рослин – мета і завдання агронома в технологіях вирощування сільськогосподарських культур, заснованих на програмуванні врожайності агроценозів сортів і гібридів.

При цьому слід виходити з положень І. С. Шатілова про необхідність враховувати основні закони землеробства і рослинництва:

- про рівнозначності і незамінності факторів життя (тепло, вода, світло, живлення та ін.);
- про мінімум – врожайність визначається фактором, який знаходиться в мінімумі;
- про оптимум – найкращий розвиток забезпечується при оптимальному співвідношенні між факторами, які визначають рівень формування врожайності;
- про повернення – взяті з ґрунту поживні речовини повинні бути в ґрунті відновлені;
- про плодозміну – дотримання сівозмін, особливо з урахуванням включення в сівозміну південних культур;
- про те, що сама рослина є «складною природно-кліматичною системою», яка чітко реагує на всі зміни зовнішнього середовища і здатна (в межах своїх біологічних і фізіологічних особливостей) адаптуватися до змін середовища. Ця властивість сортів і гібридів має особливо важливе значення,

так як створює діапазон відхилень від того розрахункової вузької межі оптимумів, які зазвичай встановлюється для рослин.

П'ятий принцип – оцінка потенційних можливостей культур, що включені до сівозмін, культур, які вирощуються в проміжних посівах (поукосних, пожнивних).

Шостий принцип – створення за рахунок застосування в технологіях вирощування відповідних прийомів найбільш максимального фотосинтетичного потенціалу агроценозів, який здатний в цих конкретних умовах забезпечити отримання запрограмованої врожайності. Вимагає досягання на полі, де планується вирощувати сорт або гібрид, максимального фотосинтетичного потенціалу на основі дотримання законів землеробства. Фотосинтетичний потенціал (ФП) – визначається як похідна площі листкової поверхні рослин на тривалість їх продуктивної роботи в днях на одиницю площі. Фотосинтетичний потенціал вимірюється – $m^2/га \times \text{дні}$.

Сьомий принцип – розробка комплексу агротехнічних заходів, що сприяють та забезпечують отриманню запланованого рівня врожайності. Полягає в розробці комплексу агротехнічних прийомів, що забезпечують оптимальні умови росту, розвитку, формування врожайності рослин агроценозів з урахуванням біологічних характеристик сортів і гібридів (система основного обробітку ґрунту, строки, спосіб, глибина основного обробітку ґрунту, прийоми передпосівного обробітку ґрунту, норма висіву, ширина міжрядь, строки сівби, прийоми догляду за посівами, збирання посівів і так далі). Цей принцип покладено в основу інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Восьмий принцип – розробка системи добрив з урахуванням:

- ✓ виносу поживних речовин ґрунту з запрограмованої врожайністю;
- ✓ ефективної родючості.

Пов'язаний з необхідністю розробки системи внесення органічних і мінеральних добрив. Принцип програмування потребує знання вмісту елементів живлення в орному шарі ґрунту; особливостей надходження

елементів живлення в ґрунт і їх споживання рослинами; про споживання рослинами поживних речовин на одиницю продукції; про терміни і способи внесення мінеральних добрив.

Дев'ятий принцип – розробка конкретних заходів по боротьбі з шкідниками та хворобами, які забезпечують вирощування здорових рослин і виключають негативний вплив шкідників і хвороб на формування врожайності і якість продукції сільськогосподарської культури.

Десятий принцип – використання електронно обчислювальних машин для розрахунку і виявлення оптимального варіанту комплексу агротехнічних заходів. Розробивши модель вирощування сільськогосподарської культури, можливо визначити оптимальний варіант комплексу технологічних заходів, які забезпечать отримання запланованої врожайності.

В прогнозуванні та програмуванні врожайності сільськогосподарських культур виділяють 4 основні ступені: складання плану; прийняття плану; здійснення плану; оцінка плану та аналіз плану за фактично отриманою врожайністю (рис. 1).



Рисунок 1. Основні ступені прогнозування та програмування врожайності сільськогосподарських культур

Управління заходами по прогнозуванню та програмуванню врожайності в цілому як би інтегрує чотири перерахованих ступенів, оскільки в основі

кожного з них лежить один і той же елемент – прийняття рішенням фахівця по виконанню запланованих заходів.

При детальному описі, процес прогнозування врожайності сільськогосподарських культур агроном повинен розглядати як виконання наступних фаз (рис. 2):

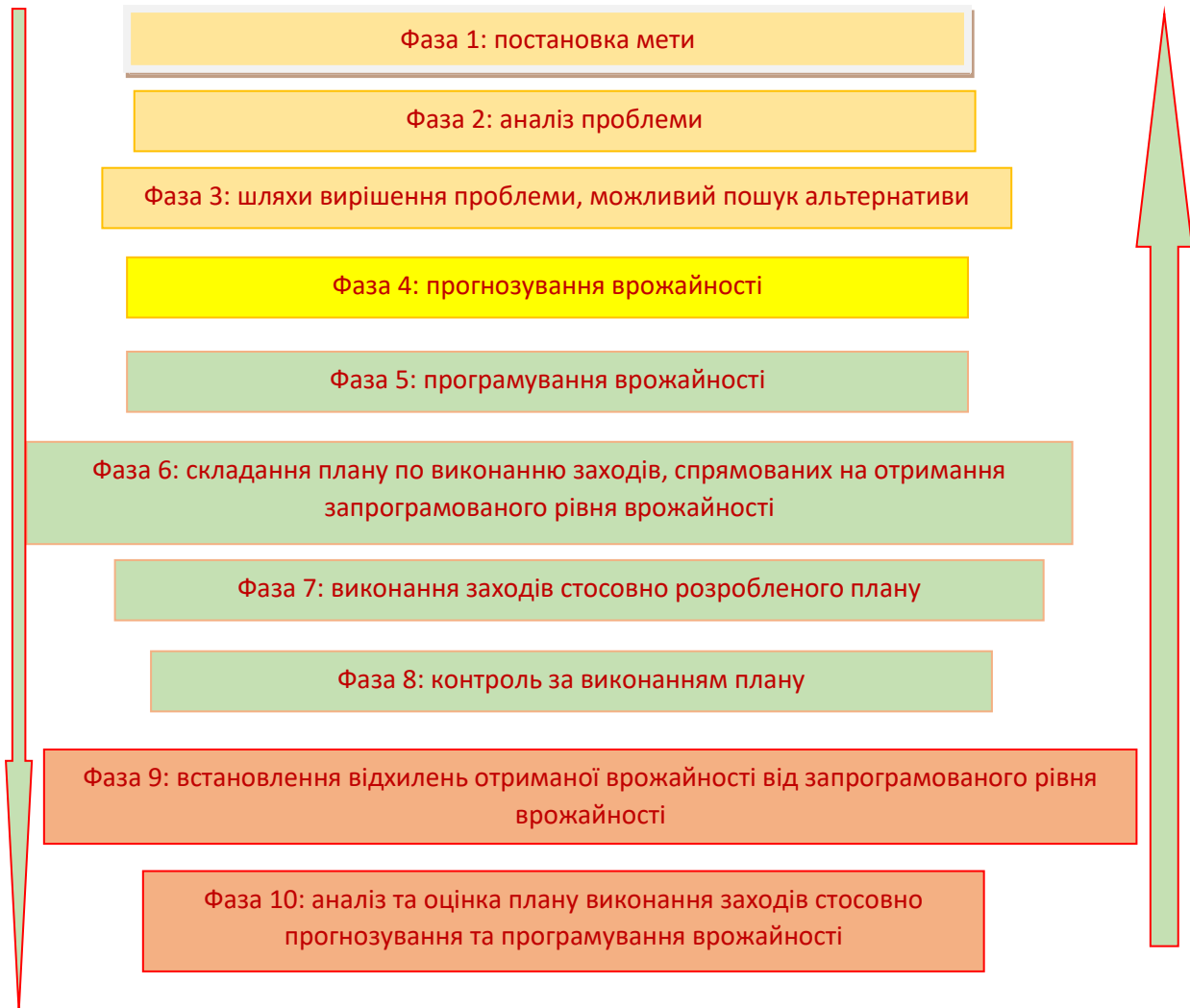


Рисунок 2. Фазова структура прогнозування та програмування врожайності сільськогосподарських культур

Фазова структура процесу програмування врожайності наочно показує місце і значення прогнозування, виділеного в окрему фазу і заходи якого є невід’ємною попередньою частиною методів програмування.

Таким чином, прогнозування і програмування врожайності взаємопов’язані і являють, по суті єдину функцію системи управління врожайністю.

МЕТА І ЗАДАЧІ ПРОГНОЗУВАННЯ І ПРОГРАМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Метою вивчення дисципліни «Прогнозування та програмування врожайності сільськогосподарських культур» являється:

✓ формування в майбутніх науковців загальних та спеціальних компетентностей як важливого складника професійної компетентності сучасного фахівця в області рослинництва;

✓ формування у аспірантів поглиблених знань та практичних навичок основних принципів та методів програмування врожайності сільськогосподарських культур;

✓ навчити вмінню розробляти схеми дослідів та проведенню досліджень з вивчення ефективності прогнозування та програмування;

✓ навчити вмінню використовувати агрометеорологічні, агрофізичні, агрохімічні фактори для розробки системи мір по забезпеченню отримання запланованого рівня врожайності сортів і гібридів стосовно конкретної ґрунтово-кліматичної зони;

✓ формування вміння раціонально та виправдано застосовувати методи та методики у програмуванні врожайності з урахуванням факторів зовнішнього середовища, асортименту видів сільськогосподарських культур;

✓ навчання методам програмування врожайності, спрямованих на розкриття найбільш максимального генетичного потенціалу продуктивності сортів та гібридів; формування навичок, щодо використання матеріалів курсу в аграрній галузі.

Завданнями дисципліни являється:

✓ вивчення суті, принципів та етапів прогнозування та програмування врожайності сільськогосподарських культур як науки по керуванню процесом створення запланованої врожайності;

✓ вивчення показників, які характеризують стан, структуру та якості засобів виробництва рослинної продукції і є необхідними для створення

інформаційно-логічних моделей – базисної основи керування процесом формування врожайності;

- ✓ вивчити існуючі моделі та програми в галузі науки та виробництва рослинної продукції;

- ✓ навчити вмінню по встановленню факторів, які визначають рівень формування врожайності, та застосовувати їх у розробці систем її програмування та прогнозування;

- ✓ оволодіння аспірантами знань керування продукційним процесом формування продуктивності агроценозами сортів та гібридів; вивчити закономірності та взаємозалежності процесів, які відбуваються в системі «погодні умови вегетації – ґрунт – рослина – врожайність» і навчитися їх застосовувати у розробці кількісних моделей програмування врожайності агроценозів;

- ✓ навчити застосовувати методи та прийоми керування продукційним процесом росту та розвитку рослин у вирощуванні та отриманні запланованої врожайності сортами, гібридами;

- ✓ розробка методів створення інформаційно-логічних моделей програмування та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур;

- ✓ навчитися вмінню застосувати у сільськогосподарському виробництві методи прогнозування та програмування, які будуть спрямовані на отримання максимального рівня врожайності стосовно до умов вирощування сортів та гібридів;

- ✓ придбання навичок з програмування та прогнозування врожайності в умовах виробництва.

Основними завданнями прогнозування і програмування врожайності сільськогосподарських культур в умовах виробництва, на основі яких розробляються заходи по досягнанню запланованих рівнів врожайності є:

- аналіз тенденцій розвитку землеробства і рослинництва;

- варіантне передбачення виконання заходів, прийомів методів прогнозування і програмування врожайності як в досягненні запрограмованої врожайності так і в отриманні фактичного рівня врожайності при реалізації наміченої мети у сільськогосподарському підприємстві;
- оцінка можливих наслідків прийнятих рішень;
- обґрунтування напрямків соціально-економічного та науково-технічного
- розвитку для прийняття управлінських рішень.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

«ФОТОСИНТЕТИЧНА АКТИВНА РАДІАЦІЯ І ПРОГРАМУВАННЯ

ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ПО

ПРИХОДУ ФАР»

Мета заняття. Вивчити біокліматичні фактори навколишнього середовища, теоретично обґрунтувати і практично реалізувати максимальну акумульовану сонячну енергію сільськогосподарськими культурами в формуванні запрограмованої врожайності.

У блоці програмування врожайності «Розвиток рослин», де основна увага приділяється оцінці продукційного процесу створення і формування продуктивності сорту або гібрида («еталонна рослина»), що характеризує стан агроценозу, агроном повинен орієнтуватися в програмуванні на фактор взаємодії середовища вирощування × генотип (сорт або гібрид).

Для нормального функціонування агроценозів польових культур необхідно урахувати чотири основних життєвоважливих фактори: світло, тепло, волога і поживні речовини.

Кожен фактор має свої екологічний оптимум і межі, які дозволяють тій чи іншій культурі проявити свою продуктивність, або, впливаючи негативно,

знижують врожайність до такого рівня, при якому ще можливо сільськогосподарське виробництво.

Сільськогосподарські культури вирощуються в безперервно мінливих умовах зовнішнього середовища – добові та сезонні коливання освітлення, температури, вологості ґрунту і повітря, коливання родючості ґрунту та ін.

На території України сільськогосподарські культури вирощуються в різних ґрунтово-кліматичних умовах, які необхідно обов'язково враховувати і використовувати для побудови вискоєфективних диференційованих технологій вирощування.

Сонячна радіація є одним з найважливіших факторів, що впливають на зростання, розвиток рослин, формування врожайності. Дані про земельні ресурси сонячної радіації і особливо її фотосинтетичної активності використовуються в програмуванні врожайності сільськогосподарських культур.

Фотосинтетична радіація забезпечується випромінюванням Сонця при довжині хвиль від 380 710 нм (мкмоль/с).

Фотосинтетичний активна радіація або скорочено ФАР – частина доходить до біоценозів сонячної радіації в діапазон від 380 до 710 нанометрів (нм) (мкмоль/с), яка використовується рослинами для фотосинтезу. Ця ділянка спектра більш-менш відповідає області видимого випромінювання.

Листя рослин поглинають в процесі фотосинтезу не весь світловий потік, а фотосинтетичну активну радіацію (ФАР) – фотосинтетичні активні промені з довжиною хвилі 380-710 нм (нанометрів).

Фотони з коротшою довжиною хвилі несуть дуже багато енергії, тому можуть пошкодити клітини рослин, але вони здебільшого фільтруються озоновим шаром в стратосфері.

Кванти з великими довжинами хвиль несуть недостатньо енергії і тому не використовуються для фотосинтезу більшістю рослинних організмів.

Найчисленніший пігмент листя рослин – хлорофіл – найбільш ефективно поглинає червоне і синє світло. Саме ці промені добре поглинаються зеленим пігментом хлоропластом – хлорофілом і є енергетичною основою фотосинтезу.

За допомогою хлорофілу рослини поглинають ФАР і в процесі фотосинтезу з найпростіших неорганічних речовин – вуглекислого газу, води і мінеральних солей – створюють складні, багаті енергією органічні речовини, виділяючи при цьому в атмосферу кисень.

Допоміжні пігменти такі як каротиноїди і ксантофіл поглинають деяку кількість зелених та блакитних відтінків і передають його в реакційний центр фотосинтезу, проте велика частина зеленого кольору відбивається і надає листю їх характерний колір.

Вимірювання ФАР використовуються в сільському господарстві, в програмуванні врожайності. Цей параметр можна використовувати для оцінки потенційної продуктивності сортів і гібридів.

Основою для найважливішої життєвої функції рослин фотосинтезу є світло. Сутність фотосинтезу полягає в тому, що під дією енергії сонячного променя, що поглинається хлоропластами листя і інших зелених органів рослин, вода розкладається (фотоліз води). При цьому утворюється вільний кисень, який виділяється в навколишнє повітря, а водень, приєднується до вуглецю вуглекислого газу, відновлює його, і в результаті утворюються органічні речовини – вуглеводи, білки, вітаміни та ін.

При оцінці впливу світлового фактору на зростання, розвиток і продуктивність рослин враховують параметри: інтенсивність освітлення і довжину світлового дня.

Інтенсивність освітлення.

Сільськогосподарські рослини використовують лише невелику частку ФАР:

- виробничі посіви більшості господарств – до 1,0 % ФАР;
- високопродуктивні посіви НДІ і передових господарств – від 1,0 до 3,0 % ФАР;

- посіви з рекордним рівнем врожайності – до 4,0-5,0 % ФАР.

По приходу ФАР розраховують потенційну можливу біологічну врожайність ($V_{\text{біол}}$), врожайність, яку можливо отримати в ідеальних умовах вирощування:

$$V_{\text{біол}} = \frac{\sum Q_{\text{фар}} \times K_{\text{фар}} \times 10^4}{K} \text{ (ц/га),}$$

де $V_{\text{біол}}$ – потенційно можлива врожайність сільськогосподарської культури абсолютно сухої маси, ц/га;

$\sum Q_{\text{фар}}$ – прихід ФАР за вегетаційний період сорту, гібриду, кДж/см²;

$K_{\text{фар}}$ – коефіцієнт використання ФАР агроценозом сорту, гібрида, %;

K – калорійність 1,0 кг сухої біомаси, ккал, (дод. 1);

10^4 – коефіцієнт переведення в абсолютні величини.

За реакцією на довжину світлового дня (фотоперіодизм) польові культури ділять на рослини довгого і короткого дня.

У рослин довгого дня (пшениця, жито, ячмінь, овес, горох та ін.) Нормальне цвітіння, запліднення і дозрівання відбуваються при довгому дні (14-16 година – до 22 червня).

У рослин короткого дня (просо, кукурудза, сорго, соняшник та ін.) – при короткому дні (10-12 година – після 22 червня).

У цих груп рослин накопичення і переміщення вуглеводів відбуваються по різному.

У рослин короткого дня накопичення і переміщення вуглеводів відбуваються на помірно короткому дні в нічні години.

У рослин довгого дня накопичення і переміщення вуглеводів відбуваються інтенсивніше на довгому дні, головним чином в денні години.

Існують і фотоперіодично нейтральні рослини (квасоля звичайна, нут, гречка та ін.)

Показники фотосинтетичної діяльності і продуктивності.

Формування врожайності польових культур знаходиться в тісному взаємозв'язку з площею листя, так як тільки добре розвинена листова поверхня забезпечує високу фотосинтетичну діяльність посіву та накопичення найбільшої кількості сухої надземної біомаси як окремої рослини, так і в розрахунку на одиницю площі поля.

Динаміка формування площі листя в польових агрофітоценозах підпорядковується певної закономірності, характерною практично для всіх сільськогосподарських культур. Після появи сходів площа листя в посівах повільно підвищується, потім темпи наростання помітно збільшуються. До моменту припинення утворення бічних пагонів у одних культур і завершення росту рослин у висоту у інших, площа листя досягає максимальної за вегетацію величини, а потім поступово знижується в зв'язку з пожовтінням і відмиранням нижніх листя.

Площа листя різних сільськогосподарських рослин може сильно варіювати протягом вегетації в залежності від умов тепло- і вологозабезпечення, наявності елементів живлення, видових і сортових особливостей, застосування агротехнічних прийомів і т. д.

У посушливих умовах максимальна площа листя дуже часто становить всього 5,0-10,0 тис. м²/га, а при надмірному зволоженні і азотному харчуванні вона може збільшуватися до 60,0-70,0 тис. м²/га та вище.

При цьому, вважається, що при індексі листової поверхні 4-5, посів як оптична фотосинтезуюча система працює в оптимальному режимі, поглинаючи найбільшу кількість фотосинтетичній активній радіації (ФАР), ефективно включаючи її в процес створення органічної речовини, що йде на формування врожайності.

Листова поверхня визначається за основними фазами розвитку сільськогосподарських культур різними методами, з яких найпоширенішим є метод вимірювання параметрів листа.

Фотосинтетичний потенціал (ФП) визначається як добуток середнього працюючого асиміляційного апарату на час його функціонування (тис.м²/га × діб).

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) визначається за формулою:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{0,5 (S_1 + S_2)} \times n$$

де ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м² × добу;

B₂ і B₁ – величина сухої біомаси на початку і в кінці облікового періоду відповідно, г/м²;

S₁ і S₂ – фотосинтезуюча поверхня рослини на початку і кінці облікового періоду відповідно, м²;

n – число днів між визначеннями.

Таким чином, показник чистої продуктивності фотосинтезу, як за весь вегетаційний період, так і за окремі його проміжки, знаходиться шляхом ділення врожаю сухої біомаси на фотосинтетичний потенціал

З урахуванням того, що одним з рішень проблеми продовольчих ресурсів є зростання врожайності с / г культур на основі ефективного використання ФАР посівами сортів і гібридів, агротехнічні заходи технологічного цикли направляють на формування фотосинтезуючих агроценозів сільськогосподарських культур, здатних максимально використовувати енергію сонячної радіації з найбільш високим коефіцієнтом ФАР.

Фактор більш повного використання ФАР сільськогосподарськими рослинами найбільш повно реалізується на зрошенні.

В умовах степу України, після збирання ранніх зернових культур залишається великий проміжок часу, енергетичні ресурси якого цілком достатні для вирощування повторних посівів. Так в умовах південного степу, після збирання озимих зернових культур в кінці червня – початку липня, залишається до настання заморозків до 100 днів з сумою активних температур 2000⁰ С або

45 % річного запасу. Цей період, при наявності вологи в ґрунті, можна використовувати для вирощування та отримання ростити другого врожаю інших сільськогосподарських культур, збільшуючи тим самим вихід продукції з одиниці земельної площі господарства.

Можливі культури для повторного посіву – гречка, просо, кукурудза на зелений корм або на силос.

Щоб розрахувати енергетичні ресурси в пожнивний період, із загальної суми енергетичних ресурсів віднімають витрачену енергетичну потребу на вирощування попередньої культури в сівозміні, отримуючи енергетичні ресурси поживного періоду.

При програмуванні врожайності по приходу ФАР слід враховувати інформацію щодо певного регіону про прихід сонячної енергії, яка є енергетичною основою фотосинтезу, транспірації, поглинання і пересування елементів мінерального живлення і асимілянтів.

Прихід сонячної енергії формує теплової, водний і повітряний режими ґрунту та рослин протягом всього періоду вегетації.

Вимірювання приходу ФАР – трудомістка робота, що вимагає спеціального устаткування, може проводитися в установах Гідрометслужби, тому для наближених розрахунків можна користуватися матеріалами кліматологічних карт, в яких наводяться середні місячні дані приходу ФАР і дані приходу ФАР за вегетаційний період.

Для розрахунку ФАР, що приходить на посів певної культури, потрібно встановити фактичну тривалість вегетаційного періоду і підсумувати ФАР за кількістю днів в кожному місяці за період вегетації.

Наводимо приклад розрахунку ФАР за період вегетації ячменю ярого.

В умовах степу у сорту ячменю ярого період вегетації від посіву до дозрівання склав 85 днів (з 6 квітня по 31 червня).

Прихід ФАР ($Q_{\text{фар}}$) за кожен місяць вегетацію ячменю буде складати:

$$Q_{\text{фар}} \text{ в квітні} = (35,35 : 30) \times 25 = 29,46 \text{ кДж/см}^2.$$

$$Q_{\text{фар}} \text{ в травні} = 31,70 \text{ кДж/см}^2.$$

$$Q_{\text{фар}} \text{ в червні} = 34,77 \text{ кДж/см}^2.$$

$$\sum Q_{\text{фар}} \text{ за період вегетації} = 29,4 \text{ кДж/см}^2 + 31,70 \text{ кДж/см}^2 + 34,77 \text{ кДж/см}^2 = 95,87 \text{ кДж/см}^2.$$

Однак коефіцієнт використання ФАР ($K_{\text{фар}}$) агроценозами буде залежати від багатьох причин: біологічних і фізіологічних особливостей сорту і гібриду, ґрунтової родючості, вологозабезпечення, технології овирощування та інших факторів.

Коефіцієнт використання ФАР звичайних виробничих посівів складає 1,5-3,0 % і рекордних – 3,5-5 %.

Розрахунок потенційної врожайності сухої біомаси ячменю ярого при заданому коефіцієнті використання ФАР 2,0 %, оптимальному режимі метеорологічних умов і високої культури землеробства розраховується за формулою:

$$V_{\text{біол}} = \frac{\sum Q_{\text{фар}} \times K_{\text{фар}} \times 10^4}{K} = \frac{95,87 \times 2 \times 10^4}{18475} = 103,8 \text{ ц/га.}$$

де K – калорійність 1,0 кг сухої біомаси ячменю ярого складає за даними додатку 1 – 18475 кДж

Другим етапом програмування є розрахунок потенційно можливої врожайності зерна ячменю ярого (ПМВ). ПМВ зерна сорту ячменю ярого розраховують за наступною формулою:

$$\text{ПМВ} = \frac{V_{\text{біол}} \times 100}{(100 - W) \times Z},$$

де ПМВ – врожайність зерна при стандартному вмісті вологи, ц/га;

$V_{\text{біол}}$ – потенційно можлива врожайність сільськогосподарської культури абсолютно сухої маси, ц/га;

W – стандартна вологість основної продукції – зерна,%;

Z – сума частин у відношенні основної та побічної продукції в загальному врожаї біомаси (при співвідношенні основної і побічної продукції ячменю ярого 1 : 1,1; $Z = 1 + 1,1 = 2,2$) (додаток 1).

Таким чином, програмована врожайність дорівнюється:

$$\text{ПМВ} = \frac{103,8 \times 100}{(100-14) \times 2,2} = 54,86 \text{ ц/га} \approx 54,9 \text{ ц/га.}$$

Розрахована за методами програмування врожайність зерна ячменю ярого 54,9 ц/га при використанні агроценозом 2,0 % сонячної радіації, не слід вважати граничним.

Підвищуючи коефіцієнт використання ФАР агроценозами ячменю ярого до 3,0-4,0 % і більше відсотків, можна розрахувати максимально можливу врожайність. Однак, такі рівні програмованої врожайності можливо отримати тільки при оптимальному поєднанні водного, теплового, поживного, повітряного режимів періоду вегетації.

У зв'язку з тим, що природно-кліматичні умови характеризуються значними коливаннями і мінливістю, при програмуванні врожайності необхідно встановити фактори, які обмежують зростання продуктивності посівів для кожної ґрунтово-кліматичної зони вирощування.

Завдання 1.

Використовуючи дані додатків 1 та 2, визначити за коефіцієнтами використання ФАР агроценозами потенційно можливі врожайності сільськогосподарських культур, які наведено в таблиці 1.

Калорійність сільськогосподарських культур, співвідношення основної та побічної продукції рослин наведено в додатку 1.

Значення ФАР за місяцями періоду вегетації наведено в додатку 2.

Тривалість періоду вегетації рослин сільськогосподарських культур від сходів до збирання студенти визначають на основі лекційного матеріалу з дисципліни «Рослинництво».

Таблиця 1.

Потенційно можлива врожайність агроценозів сільськогосподарських культур (ПМВ) за коефіцієнтом використання ФАР, ц/га

Культура	К _{фар} = 1,5%		К _{фар} = 2,5%		К _{фар} = 3,5%	
	В _{біол}	ПМВ	В _{біол}	ПМВ	В _{біол}	ПМВ
Пшениця озима (м'яка)						
Жито озиме						
Ячмінь ярий						
Овес						
Просо						
Сорго						
Гречка						
Кукурудза зерно						
Горох						
Соняшник						

Після виконання розрахунків порівняти фактичну врожайність сільськогосподарських підприємств з рівнями запрограмованої врожайності культур за різними коефіцієнтами використання ФАР.

Контрольні питання до лабораторної роботи

1. Роль сонячної енергії у формуванні врожайності сільськогосподарських культур.
2. В яких формах надходить сонячна енергія на Землю і в яких одиницях вимірюється?
3. Що таке ФАР? Методика розрахунку ФАР за вегетаційний період різних сільськогосподарських культур.

4. У чому сутність методики визначення потенційної врожайності по заданому приходу ФАР?

5. Що таке калорійність і які її середні значення у різних сільськогосподарських культур?

6. Який можливий рівень врожайності в залежності від коефіцієнта використання ФАР і угруповання агроценозів за коефіцієнтом використання ФАР?

7. Як розрахувати чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) агроценозів сільськогосподарських культур?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Васина, Н. В. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: методические указания для практических занятий / Н. В. Васина. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 42 с.

2. Каленська, С. М. Прогнозування і програмування врожаїв сільськогосподарських культур / С. М. Каленська, В. А. Мокрієнко, М. Я. Дмитришак, А. В. Юник, Є. В. Качура. – Київ: Видавничий Центр НУБіП України. – 28 с.

3. Каюмов, М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур М. К. Каюмов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.

4. Можаяев, Н. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: учебное пособие / Н. Можаяев, П. Серикпаев, Г. Стыбаев. – Астана: Фолиант, 2013. – 160 с.

5. Муха, В. Д. Програмування врожаїв / В. Д Муха, В. А. Пилипець. – К.: Вища школа, 1988. – 222 с.

6. Харченко, О. В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур / О. В. Харченко. – Суми: Університетська книга, 2003. – 295 с.

7. Шатилов, И. С. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая / И. С. Шатилов, А. Ф. Чудновский. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 310 с.

Додаткова

1. Жатов, О. Г. Рослинництво з основами програмування врожаю / О. Г. Жатов, Л. Т. Глущенко, Г. О. Жатова та ін.; за ред. О. Г. Жатова. – К.: Урожай, 1995. – 256 с.

2. Жатов, А. И., Особенности возделывания технических культур: Учебное пособие / А. И. Жатов, М. А. Бобро, А. К. Мишньов. – Харьков, 1990. – 88 с.

3. Зиганшин, А. А. Факторы запрограммированных урожаев / А. А. Зиганшин, Л. Р. Шарифуллин. – Казань: Таткнигоиздат, 1974. – 176 с.

4. Павловський, В. В. Агрометеорологія / В. В. Павловський, І. Д. Василенко, В. Ф. Урсулов. – К.: Вища школа, 1994. – 272 с.

5. Філіп'єв, І. Д. Як програмувати врожай / І. Д. Філіп'єв, Є. К. Міхєєв. – К.: Урожай, 1990. – 94 с.

6. Шишов, Л. Л. Критерии и модели плодородия почв / Л. Л. Шишов, И. И. Карманов, Д. М. Дурманов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 184 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

«ОСНОВИ ПРОГРАМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА ДАНИМИ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ»

Мета заняття. Вивчити агрокліматичні ресурси навколишнього середовища та встановити їх вплив на формування врожайності сільськогосподарських культур, оволодіти методами програмування

врожайності за даними водного режиму, який характеризує ґрунтово-кліматичну зону вирощування культур.

Агрокліматичні ресурси ґрунтово-кліматичної зони уявляють собою сукупність кліматичних факторів, які впливають на можливість вирощування сільськогосподарських культур. Агрокліматичні ресурси визначають врожайність сортів і гібридів, трудомісткість агротехнологій вирощування з урахуванням післязбиральної доробки рослинницької продукції.

В значній мірі агрокліматичні ресурси окремо кожної ґрунтово-кліматичної зони і підзон визначаються географічною широтою, рельєфом місцевості, віддаленістю від моря, наявністю водоймів.

Можливості сільськогосподарського виробництва використовувати агрокліматичні ресурси з максимальною ефективністю є ключовим фактором розвитку будь-якого сільськогосподарського підприємства.

Здатність сільського господарства прогодувати певну кількість людей – це є тільки перший етап у аграрно-економічному ланцюжку виробництва продукції рослинництва. Для сучасного сільськогосподарського комплексу характерна наявність розгалуженої інфраструктури переробних і обслуговуючих сільське господарство виробництв. Від того, наскільки регіон може бути самостійним на базовому рівні забезпечення людей продуктами харчування, багато в чому залежить рівень його розвитку.

Важливими агрокліматичними ресурсами, які сільське господарство використовує для отримання продукції рослинництва тепло та волога.

Ці агроресурси необхідні для росту, розвитку, формування врожайності сортів і гібридів і безпосередньо залежать від географічного положення регіону, кліматичного поясу і природної зони.

Агрокліматичні ресурси будь-якої території характеризуються такими показниками:

- сумою активних середньодобових температур повітря (тобто перевищують 10^0 C), при яких відбувається активний ріст та розвиток культурних рослин;

- тривалістю вегетаційного періоду, коли температурний режим сприяє росту та розвитку генеративної та вегетативної маси рослин, дозріванню врожаю (короткий, довгий і середньотривалий період вегетації);

- забезпеченістю ґрунту вологою;

- коефіцієнтом зволоження ґрунту, який визначається відношенням річної суми опадів до показника випаровування (зрозуміло, що випаровуваність буде тим вище, чим вище середньорічна температура повітря).

У програмуванні врожайності сільськогосподарських культур при характеристиці агрокліматичних ресурсів враховуються ряд особливостей.

Від звичайних засобів виробництва, агрокліматичні ресурси відрізняються тим, що можуть природним способом частково або повністю відновлювати втрачені властивості в процесі виробництва і отримання сільськогосподарської продукції.

При цьому ступінь відновлення одних видів ресурсів (сонячна радіація, температура повітря, кількість опадів) не залежить від характеру виробництва, а ступінь відновлення інших (запаси продуктивної вологи в ґрунті, родючість ґрунту, вміст вуглекислого газу в приземному шарі повітря) визначається інтенсивністю їх використання в процесі формування врожайності та агроприйомами технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Природні фактори, неоднаково складаються на окремих етапах росту та розвитку сортів і гібридів по кожній ґрунтово-кліматичної зони, по-різному визначають внесок елементів продуктивності в формування врожайності по роках.

При розробці планів програмування необхідно знати рівень врожайності, який визначається агрокліматичними ресурсами тієї екологічної ніші, для якої підбираються сорти і гібриди, застосовуються агротехнології.

При цьому найбільше значення мають тепло- і вологозабезпеченість території, потреба сільськогосподарських культур в цих ресурсах.

Незважаючи на деяке вдосконалення технологій вирощування сільськогосподарських культур, вплив кліматичних факторів на величину і якість врожаю залишається значним у багатьох природно-кліматичних зонах України.

Кліматичні ресурси багато в чому визначають особливості агротехніки (терміни посіву, норми висіву, глибина загортання насіння, особливості застосування добрив і фунгіцидів, мікроелементів, регуляторів росту рослин та інші).

Вивчення природних ресурсів тій чи іншій території, аналіз їх впливу на ріст і розвиток сільськогосподарських рослин необхідно як для розробки агротехнічних прийомів вирощування нових сортів та гібридів, так і для пошуку шляхів підвищення ефективності використання гідротермічних і енергетичних факторів клімату.

Зв'язок кліматичних умов території з потребами сільськогосподарських культур враховується при розробці заходів, спрямованих на більш повне й ефективне використання біокліматичних ресурсів при формуванні врожайності. Після оцінки та обліку наявних природних ресурсів необхідно визначити, які селекційні підходи у створенні сортів і гібридів дозволяють підвищити їх ефективне використання.

За ознаками середньобогаторічних та річних поточних ґрунтово-погодних даних вологозабезпечення в рослинництві розраховують дійсно можливу врожайність сільськогосподарських культур.

Від вмісту води у ґрунті перед сівбою культури, кількості випадіння опадів за період вегетації залежить загальний рівень фізіологічної активності рослин.

При програмуванні врожайності необхідно встановити потреби рослинного організму у воді на всіх етапах розвитку рослин, приділяючи особу

увагу потреб рослинного організму до вологи у критичні періоду його розвитку.

Наприклад, для агроценозів сортів пшениці найбільш відповідальними періодами є:

- диференціація зародкового колоса, що збігається зазвичай з початком фази кушіння;
- закладення генеративних органів, що збігається з фазою стеблуння;
- фаза цвітіння;
- формування (налив) зерна в фазу формування врожайності.

За вологозабезпеченістю агроценозів розраховують дійсно можливу врожайність (ДМВ) сортів і гібридів.

Дійсно можлива врожайність (ДМВ) – це максимальна врожайність сорту, гібрида, яку може бути одержано за реальних середньобагаторічних та річних поточних погодних умов.

Умови вологозабезпеченості, які представляють собою важливий фактор життєдіяльності рослин, в умовах степу часто здійснюють лімітуючу дію на формування врожайності сільськогосподарських культур, лімітуючи отримання як високого рівня так і сталого рівня врожайності.

Головною особливістю фактору вологозабезпечення рослин є те, що деякі величини даного фактору (вологість ґрунту, вологість повітря агроценозів) можливо змінювати за допомогою застосування агроприймів в технології вирощування, а на зрошенні – застосуванням меліоративних заходів.

Роль вологи в житті рослин величезна і різноманітна. Вона бере участь у фотосинтезі, насичує клітини і тканини, підтримуючи їх життєдіяльність, доставляє елементи живлення рослинам з ґрунту. Однак основна маса води (90%) випаровується з поверхні рослин для охолодження тканин і підтримки теплових умов, необхідних для життя рослин.

Від режиму вологозабезпеченості агроценозів сортів і гібридів під час їх вегетації у вирішальній мірі залежить врожайність сільськогосподарських культур.

Протягом вегетації рослини відчують різну потребу у волозі. При цьому відзначають критичні періоди – періоди найбільшої потреби у волозі.

Величини, що входять в комплекс умов вологозабезпечення, характеризують режим зволоження ґрунту і приземного шару атмосфери.

Найбільш важлива умова вологозабезпечення – вологість повітря.

Оптимальні умови для росту, розвитку рослин, формування врожайності складаються при відносній вологості повітря 60,0-80,0 %.

У міру випаровування води з поверхні ґрунту і використання її вегетуючими рослинами вологість орного шару ґрунту постійно знижується, і на певному етапі єдина водно-капілярна система руйнується, капіляри ґрунту розриваються. Стан ґрунту, коли єдина водно-капілярна система руйнується, капіляри ґрунту розриваються, називають вологістю розриву капілярів (ВРК).

У більшості ґрунтів вона настає при зниженні вологості до 60 % гранично польової вологоємності (ГПВ), на легких слабкогумусованих ґрунтах – при 63,0-65,0 %, а на зв'язкових і високогумусованих – при 55,0-58,0 % гранично польової вологоємності (ГПВ).

Коли вологість ґрунту опускається нижче вологості розриву капілярів, кореневий волосок рослини, який знайшов обривок ґрунтового капіляра, швидко висмоктує з нього воду і відмирає.

Тривалість функціонування кореневого волоска рослини скорочується з 10-15 до 3-4 діб або навіть кілька годин. Рослина змушена утворювати все нові і нові кореневі волоски для пошуку нових обривків капілярів з водою.

Якщо вологість повітря нижче 60,0 % – відбувається поступове зниження інтенсивності фотосинтетичної активності рослин.

При вологості ґрунту – 45-50 % гранично польової вологоємності (ГПВ) рослина тургоресцентна і зовні не виявляє ознак водного стресу, проте велика частина фотоасимілятів йде на освіту все нових дрібних корінців і корневих волосків, зменшується накопичення надземної маси вегетативних та генеративних органів.

При подальшому зниженні вологості ґрунту до 35,0-25,0 % гранично польової вологоємності (ГПВ) накопичення надземної маси рослин майже припиняється, всі асиміляти направляються на зростання дрібних коренів для пошуку води.

При вологості ґрунту менш 30,0 % гранично польової вологоємності (ГПВ), коли спостерігаються умови повітряної посухи, припиняється засвоєння рослинами вуглекислого газу.

Насичення повітря в посіві водяними парами понад 80,0-90,0 % також несприятливо позначається на активності фотосинтетичної діяльності рослин.

Різні види культурних рослин по-різному переносять тимчасовий недолік вологи. Це визначається ступенем розвитку їх кореневої системи.

Наприклад, у злакових культур велика загальна довжина коренів однієї рослини і завдяки цьому вони можуть переносити значний недолік вологи. У водних рослин (рис) корневих волосків немає і вони гинуть при відсутності вологи.

Особливо великої шкоди завдає зниження вологості ґрунту нижче гранично польової вологоємності (ГПВ) бобових культур, під які не вносять азотні добрива. На симбіотичну фіксацію азоту повітря рослини витрачають багато вуглеводів. При низькій вологості ґрунту необхідність формування дрібних корінців відволікає вуглеводи від бульбочок, і через нестачу енергії симбіотична фіксація азоту повітря спочатку знижується, а потім припиняється зовсім. Починається відмирання бульбочок.

В результаті бобові рослини відчувають не тільки водний стрес, але і гостру нестачу азотного живлення.

Після відновлення вологості ґрунту за рахунок опадів або зрошення старі бульбочки не відновлюються, а по периферії кореневої системи утворюються нові дрібні бульбочки, що здатні фіксувати азот.

Однак рослини протягом певного періоду, тривалість якого залежить від тривалості водного стресу, відчувають і водний, і азотний дефіцит, через це неминуче знижується їх продуктивність.

Культури автотрофного типу живлення азотом легше переносять тимчасове зниження вологості ґрунту нижче гранично польової вологості (ГПВ), оскільки з відновленням її вони відразу використовують мінеральні форми азоту, які внесені у вигляді азотних добрив.

В умовах Степу України нерегульованим (лімітуючим) фактором, який знаходиться в мінімумі і обмежує рівень формування дійсно можливої врожайності (ДМВ) сільськогосподарських культур, є волога – вологозабезпеченість агроценозів.

Врожайність, що отримується в умовах виробництва (ВВ – виробнича врожайність), є одним з найважливіших по показників господарської діяльності підприємства. Отримана фактична врожайність в умовах виробництва показує наскільки протягом періоду вегетації культури задовольнялась потреба рослин агроценозів сортів і гібридів у факторах зовнішнього середовища і дотримувалася науково обґрунтований рівень агротехніки в технології вирощування.

В якості одного з показників використання води застосовується транспіраційний коефіцієнт, що характеризує здатність рослин витратити ту чи іншу кількість води на виробництво одиниці сухої речовини.

Потреба рослин (посівів) у волозі характеризується трьома основними показниками: транспіраційним коефіцієнтом, коефіцієнтом водоспоживання і сумарним водоспоживанням.

Транспіраційний коефіцієнт свідчить про кількість одиниць води, необхідних рослині на транспірацію для створення однієї одиниці сухої речовини, тобто на випаровування з поверхні листя, рослин. Транспірація виконує роль терморегулятора рослин і оберігає їх від перегрівання і неминучої загибелі, сприяє всмоктуванню води корінням, пересуванню по рослині мінеральних поживних речовин – азоту, фосфору, калію і мікроелементів, взятих рослиною з ґрунту.

Середні значення транспіраційного коефіцієнту по ряду найбільш поширених культур, по-перше, характеризують відносну посухостійкість

рослин, по-друге, свідчать про кількість одиниць води, що витрачається рослиною на транспірацію і створення однієї одиниці сухої речовини.

Однак ці показники важко використовувати в балансових розрахунках, оскільки в польових умовах ґрунтова волога витрачається не тільки на транспірацію рослин, але і випаровування з кожної одиниці площі посіву (поверхні ґрунту), тому для розрахунків у програмуванні врожайності застосовується такий показник як коефіцієнт водоспоживання.

Для розрахунку коефіцієнту водоспоживання встановлюють показники сумарного водоспоживання.

Сумарне водоспоживання (С) – показник, що характеризує витрати води на транспірацію рослин і випаровування з поверхні ґрунту для формування врожаю з одиниці площі (з 1,0 м² або 1,0 га). Сумарне водоспоживання виражається у витратах вологи м³/м² або м³/га. Витрата на транспірацію в залежності від умов може досягати 20,0-50,0 % від загального сумарного обсягу витрати вологи, тобто непродуктивної втрати вологи, яка пов'язана із використанням вологи агроценозом рослин з поверхні ґрунту. Витрати ґрунтової вологи можуть досягати 50,0-80,0 %, в зв'язку з чим одне з найважливіших завдань прогресивних технологій – скорочення непродуктивних втрат води через випаровування з поверхні ґрунту.

Сумарне водоспоживання агроценозами сортів і гібридів визначається за методом водного балансу:

$$W_u = W_s + \xi \times P_v - W_f,$$

де W_u – сумарне водоспоживання агроценозу сорту, гібрида, мм/га або м³/га;

W_s – кількість продуктивної ґрунтової вологи під час сівби, мм;

P_v – опади періоду вегетації, мм;

ξ – коефіцієнт використання опадів – прийнято за 0,7;

W_f – кількість продуктової ґрунтової вологи під час збирання врожаю, мм.

Для переведу кількості вологи в мм на гектар в м³ або тони (т) сумарні витрати вологи в мм помножують на 10. 1,0 мм = 10 м³.

При визначенні сумарного водоспоживання агроценозами сортів і гібридів на зрошенні застосовують таку ж саму формулу з урахуванням кількості вологи, що витрачена на зрошувальну норму під час зрошення (I_r):

$$W_u = W_s + \xi \times P_v + I_r - W_f.$$

Коефіцієнт водоспоживання (Кв) характеризує сумарні витрати води на транспірацію рослин і на випаровування її з поверхні ґрунту (в м³, мм) для створення однієї одиниці рослинницької продукції (кг, ц, т) – зерна, сухої маси.

Під час розрахунку коефіцієнта водоспоживання урахують сумарне водоспоживання агроценозу та фактично сформований рівень врожайності основної продукції сортом або гібридом. Коефіцієнт водоспоживання встановлюють за формулою:

$$K_w = \frac{W_u}{Y_r},$$

де W_u – сумарне водоспоживання агроценозу сорту, гібрида, мм/га або м³/га;
 Y_r – фактична врожайність основної продукції, яка отримана в умовах виробництва, ц/га або т/га.

Коефіцієнти водоспоживання агроценозів коливаються в залежності від метеорологічних умов періоду вегетації, біологічних особливостей сорту і гібрида, рівня агротехніки, за якою вирощуються сільськогосподарські культури, рівня отриманої основної продукції.

Розрахунок коефіцієнта водоспоживання на величину дійсно можливого врожаю основної продукції проводять за формулою:

$$K_w = \frac{W_u}{\text{ДМВ}},$$

де K_w – коефіцієнт водоспоживання, мм/ц або м³/т;
 W_u – сумарне водоспоживання агроценозу сорту, гібрида, мм/га або м³/га;
 ДМВ – дійсно можлива врожайність основної продукції, ц/га або т/га.

Ефективність використання вологи, як природного ресурсу, визначають за формулою:

$$E_u = \frac{Y_r}{\text{ПМВ}} \times 100,$$

де E_u – ефективність використання агроценозами сортів і гібридів ресурсів вологи, %;

Y_r – фактична врожайність основної продукції, яка отримана в умовах виробництва, ц/га або т/га.

ПМВ – потенційно можлива врожайність основної продукції, ц/га або т/га.

Коефіцієнт використання опадів (KI_r) визначають на основі величини фактичної врожайності за наступною формулою:

$$KI_r = \frac{W_{yr} - W_s}{P_v} \times 100,$$

де KI_r – фактичний коефіцієнт використання опадів, %;

W_{yr} – необхідна кількість вологи для формування фактичного рівня врожайності, мм;

W_s – ґрунтові запаси продуктивної вологи в ґрунті перед сівбою, мм;

P_v – кількість продуктивних опадів за вегетацію, мм.

Для розрахунку необхідної кількості вологи в період вегетації рослин для формування фактичного рівня врожайності використовують формулу:

$$W_{yr} = \frac{W_u}{K_w} \times 100,$$

де W_{yr} – необхідна кількість води для формування фактичного рівня врожайності, мм;

W_u – сумарне водоспоживання агроценозу сорту, гібрида, мм/га або м³/га;

K_w – коефіцієнт водоспоживання, мм/ц або м³/т.

За багаторічними даними сумарного водоспоживання агроценозів сортів і гібридів запасами продуктивної води розраховують дійсно можливу врожайність або кліматично забезпечену врожайність за вологозабезпеченістю посівів.

Дійсно можлива врожайність по вологозабезпеченості визначається даними ґрунтово-погодних умов, які складаються із запасів продуктивної ґрунтової води, застосування агротехнологічного комплексу вирощування сортів і гібридів, біологічно-фізіологічної здатності рослин агроценозів використовувати воду на формування врожайності.

При програмуванні врожайності також можливо застосовувати дані транспіраційних коефіцієнтів сільськогосподарських культур.

Випаровування води зеленими листями (транспірація) є важливим фізіологічним процесом, завдяки якому забезпечується водообмін в рослинах, створюється безперервний струм води з розчиненими поживними елементами від коренів до наземних органів і листків.

Транспірація – найважливіший засіб захисту листя від перегріву сонячними променями. Кожна клітина або цілий орган рослини з певною силою забирає і утримує воду, що сприяє компенсації втрати води через листя за рахунок поглинання води через коріння рослини.

Молоде листя випаровує води більше, ніж старі. Один і той же лист з нижньої поверхні випаровує води в 2,5-4,0 рази більше, ніж з верхньої. Одна

рослина за вегетаційний період (наприклад, бавовник, кукурудза, соняшник) витрачає на транспірацію близько 170-190 літрів води.

Таким чином, в процесі життєдіяльності рослин вода безперервно витрачається і знову відшкодовується, поступаючи з ґрунту.

В посушливих і напівпосушливих умовах волога є лімітуючим кліматичним фактором, який значно впливає на формування врожайності і який обов'язково повинен бути урахован в процесі прогнозування і програмування.

У сільськогосподарському виробництві розрахунок програмованого рівня врожайності доступний за показниками вологозабезпеченості агроценозів сортів і гібридів.

Для встановлення рівня дійсно можливої врожайності абсолютно сухої біомаси за ресурсами вологи використовують формулу з застосування для розрахунків транспіраційного коефіцієнту:

$$\text{ДМВ}_{\text{біол}} = \frac{W_v \times 100}{T_k},$$

де $\text{ДМВ}_{\text{біол}}$ – дійсно можлива врожайність абсолютно сухої біомаси за ресурсами вологи, ц/га;

W_v – сумарна загальна кількість продуктивної вологи періоду вегетації агроценозу сорту, гібрида, мм/га або м³/га;

T_k – транспіраційний коефіцієнт.

Сумарна загальна кількість продуктивної вологи періоду вегетації сільськогосподарських культур (W_v) складається із суми запасів продуктивної ґрунтової вологи на момент сівби (W_s) і продуктивної кількості опадів, які випали протягом періоду вегетації сорту або гібрида (P_v) з урахуванням коефіцієнту використання рослинами опадів (в середньому він дорівнюється 0,7):

$$W_v = W_s + 0,7 \times P_v.$$

Застосування у розрахунках по встановленню дійсно можливої врожайності за ресурсами вологи з застосуванням показників коефіцієнту транспірації ураховують кількість одиниць вологи, які витрачаються на формування однієї одиниці абсолютно сухої біомаси рослин сортів і гібридів. Однак, фактичний рівень витрат вологи рослинами агроценозів більше, так як на початку вегетації площа листків рослин незначна (невелика), листя не повністю затіняють ґрунт і тому деяка кількість ґрунтової вологи випаровується безпосередньо з поверхні ґрунту під дією температури повітря і вітрів. Ці непродуктивні втрати вологи обов'язково ураховують при програмуванні врожайності за рахунок застосування коефіцієнту використання рослинами опадів. Коефіцієнта використання опадів має значні межі варіювання в залежності від погодних умов вегетації, фізико-механічного складу ґрунту, рівня культури землеробства, технології вирощування. У для розрахунків дійсно можливої врожайності у формулах зазвичай використовують середнє значення коефіцієнту використання рослинами опадів – 0,7.

Більш ефективно дійсно можливий рівень врожайності ($ДМВ_{біол.}$) в програмуванні можливо визначати з застосуванням коефіцієнту водоспоживання:

Дійсно можлива врожайність ($ДМВ$) абсолютно сухої біомаси по вологозабезпеченості встановлюється за наступною формулою:

$$ДМВ_{біол.} = \frac{\{W_s + (0,7 \times P_v)\} \times 100}{Kw},$$

де $ДМВ_{біол.}$ – дійсно можлива врожайність абсолютно-сухої біомаси, ц/га;

W_s – кількість продуктивної ґрунтової вологи під час сівби, мм;

P_v – опади періоду вегетації за середньобогаторічними даними, мм;

$W_s + (0,7 \times P_v)$ – запаси продуктивної вологи, що складаються із запасів вологи у шарі 0-100 см на моменту сівби і середньобогаторічні дані корисної частини опадів, які випадають у період вегетації (на спокійному рельєфі

близько 70 %), мм;

0,7 – коефіцієнт використання опадів періоду вегетації;

K_w – коефіцієнт водоспоживання, м³/т або мм/ц.

Коефіцієнт водоспоживання є специфічним для кожної культури і залежить від кліматичних особливостей вегетаційного періоду, рівня родючості, доз добрив, біолого-фізіологічних особливостей сортів і гібридів, засміченості посівів і інших факторів.

Наприклад, запаси продуктивної вологи перед сівбою високорослого сорту озимої пшениці у шарі ґрунту 0-150 см складають 172,0 мм. Кількість опадів за вегетацію озимої пшениці склала 265,0 мм.

Отже, ресурси доступної вологи складають:

$$W_s + (0,7 \times P_v) = 172,0 \text{ мм} + (0,7 \times 265,0 \text{ мм}) = 357,5 \text{ мм}.$$

Коефіцієнт водоспоживання за багаторічними середніми даними складає 510 мм/ц.

На основі запасів продуктивної вологи перед сівбою озимої пшениці та кількості випадіння продуктивних опадів розраховуємо дійсно можливу врожайність абсолютно-сухою біомаси:

$$\text{ДМВ}_{\text{біол}} = \frac{357,5 \times 100}{510} = 70,1 \text{ ц/га}.$$

Розрахунки показали, що в умовах сільськогосподарського підприємства дійсно можлива врожайність абсолютно-сухої біомаси ($\text{ДМВ}_{\text{біол}}$) може складати 70,1 ц/га.

На основі отриманої дійсно можлива врожайність абсолютно-сухої біомаси $\text{ДМВ}_{\text{біол}}$ розраховуємо програмовану для господарства врожайність зерна озимої пшениці при 14,0 % вологості зерна за наступною формулою:

$$ПВ = \frac{ДМВ_{біол} \times 100}{(100 - W) \times Z} = \frac{7010}{86 \times 2,4} = 33,9 \text{ ц/га} \approx 34,0 \text{ ц/га.}$$

де ПВ – врожайність зерна при стандартному вмісті вологи в зерні, ц/га;

ДМВ_{біол} – потенційно можлива врожайність сільськогосподарської культури абсолютно сухої маси, ц/га;

W – стандартна вологість основної продукції – зерна, %;

Z – сума частин у відношенні основної та побічної продукції в загальному врожаї біомаси (при співвідношенні основної і побічної продукції ячменю ярого 1 : 1,4; Z = 1 + 1,4 = 2,4) (додаток 1).

В прогнозуванні та програмуванні врожайності ураховують фактори, що забезпечують вологозабезпеченість агроценозів і фактори, які спричиняють негативний вплив на розвиток рослин, формування ними врожайності на фоні відсутності випадіння опадів або на фоні недостатньої кількості випадіння опадів.

В богарних умовах основним і єдиним джерелом вологозабезпеченості і джерелом є атмосферні опади, які випадають в залежності від пори року у вигляді дощів, снігу.

Випадання опадів в значній мірі визначається порою року, географічним положенням ґрунтового-кліматичної зони.

Найбільша просторова мінливість властива приморським районам, найменша мінливість – районам з відносно однорідними умовами.

Умови вологозабезпеченості посівів визначаються також показниками інтенсивності і повторюваності посушливих явищ – тривалість і повторюваність бездощових періодів, тривалість, повторюваність і охоплення територій засухами, число днів і інтенсивність суховіїв.

Бездощові періоди – період, коли протягом 10 діб і більше спостерігається відсутність відсутня випадання опадів або їх добова кількість менше 1,0 мм. Опади в теплий період часу випаровуються в значних обсягах.

Опади до 1,0 мм не досягають кореневої системи і не засвоюються рослинами. Опади в 5,0 мм в літній період звожують верхній шар ґрунту і підвищують її вологість. Починаючи з 10 дня бездощові періоду відзначається його негативний вплив на стан рослин – особливо в фази колосіння, бутонізації, цвітіння, коли рослини відчувають найбільшу потребу у волозі.

Число посушливих днів у бездощові періоді буде завжди на 9 днів менше від загального числа днів періодів.

Посушливість не можна ототожнювати з посухою. Але саме бездощові періоди служать причиною засух і суховіїв.

Засуха – складне комплексне метеорологічне і біологічне явище, обумовлене тривалою відсутністю випадання опадів у теплий період року при підвищеній температурі повітря. Внаслідок чого вичерпуються запаси продуктивної вологи в ґрунті, через інтенсивності випаровування і транспірації. Створюються вкрай несприятливі умови для розвитку рослин. Відзначається зниження врожайності або загибель посівів.

Повітряна посуха – ясна погода, тривалі бездощові період, висока температура повітря, знижена вологість повітря і як наслідок ґрунтова посуха.

Ґрунтова посуха – недостатня кількість продуктивної вологи ґрунту для нормального розвитку рослин, рослини не забезпечуються в повній мірі ґрунтовою вологою.

Весняна посуха – квітень-травень – спостерігається в період початку вегетації і початкові фази росту і розвитку рослин.

Літня посуха – червень-серпень – збігається з періодом дозрівання ранніх зернових культур, з ростом і розвитком пізніх культур.

Осіньна посуха – вересень-жовтень – припадає на період посіву озимих зернових культур, на період появи їх сходів і кушіння, а також в період вегетації пожнивних культур, сіяних і природних сіножатей.

Суховій – сухий спекотний вітер зі швидкістю 5 м/с і більше на фоні високих понад 25,0⁰ С температур і низької відносної вологості повітря – менше 30,0 %. Такі вітри бувають в усі місяці теплого періоду, викликають

порушення водного режиму ґрунтів і водного балансу рослин, створюють несприятливі умови для розвитку сортів і гібридів сільськогосподарських культур, призводять до значного зниження врожайності.

Заходи щодо зниження негативного впливу посушливих явищ на ріст, розвиток, формування врожайності агроценозами сортів і гібридів:

- ✓ агроприйоми на максимальне вологонакопичення і раціональне витрачання ґрунтової вологи агроценозами сортів і гібридів;
- ✓ структура посівних площ;
- ✓ дотримання сівозміни;
- ✓ проведення снігозатримання;
- ✓ виконання щілювання ґрунту;
- ✓ вирощування сільськогосподарських культур на зрошенні;
- ✓ поліпшення агрофізичних стану орного шару ґрунту;
- ✓ підбір сортів і гібридів для вирощування в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

При оцінці рівня зволоження району вирощування сортів і гібридів слід враховувати гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за Г. Т. Селянинова, який визначається відношенням суми опадів (r) в мм за період з середньодобовими температурами повітря вище 10°C до суми температур ($\sum t$) за той же період, зменшеною в 10 разів, тобто:

$$\text{ГТК} = \frac{r}{0,1 \times \sum t},$$

де r – кількість опадів за розраховуємий період, мм;

$\sum t$ – сума середньодобових температур повітря вище 10°C , $^{\circ}\text{C}$.

ГТК використовується при сільськогосподарській оцінці клімату для виділення зон з різною вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур: чим нижче ГТК, тим посушлива зона вирощування, а показник ГТК менш одиниці вже свідчить про посушливість клімату.

Якщо гідротермічний коефіцієнт в межах 1-2:

- умови природного зволоження вважаються задовільними.

Якщо менше 1:

- умови природного зволоження вважаються недостатніми.

Класифікація зон зволоження за гідротермічним коефіцієнтом:

- волога зона – 1,6-1,3;
- слабопосушлива зона – 1,3-1,0;
- посушлива зона – 1,0-0,7;
- дуже посушлива зона – 0,7-0,4;
- суха зона – <0,4.

Коливання значень ГТК для зон нестійкого зволоження значні і пов'язані з нерівномірністю випадання опадів.

Зони інтенсивного виноградарства характеризуються в основному значенням гідротермічного коефіцієнта <1,0.

Територія України за середньобагаторічними даними ГТК підрозділяється на наступні зони:

- зона з оптимальним значенням ГТК = 1,3-1,6.

В окремі роки можливо перезволоження. Засухи – дуже рідкісне явище. В зону з оптимальним значенням ГТК входять – Полісся, Передкарпаття, Карпати, північна частина Лісостепу.

- слабозасушлива зона, значення ГТК = 1,0-1,3.

В слабопосушливу зону входять – південна і східна частина лісостепової зони: Харків, Полтава, Кіровоград, південно-західна частина Донецької та Луганської областей.

- посушлива зона, значення ГТК = 0,7-1,0.

Межі посушливої зони України обмежена лінією, яка проходить через пункти: Маріуполь, Мелітополь, Нікополь, північна частина Одеської області. Кількість випадання опадів менше, ніж можливе випаровування ґрунтової вологи.

- дуже посушлива зона, значення ГТК = 0,4-0,7.

Дуже посушлива зона розташована на південь від лінії Маріуполь. В зону також входить південна частина Одеської області.

При програмуванні врожайності за рівнем вологозабезпеченості приймають до уваги наступні фактори: можливість застосування і проведення зрошення агроценозів сортів і гібридів, наявність захисних лісосмуг, проведення снігозатримання у зимовий період, введення в сівозміну чистих парів, біологічні особливості сортів і гібридів, технологія вирощування сортів, гібриду (рис. 3).

Завдання 1.

За даними середньобагаторічних показників вологозабезпечення розрахувати дійсно можливу врожайність абсолютно сухої біомаси (ДМВ) та потенційну врожайність основної продукції (ПВ) при стандартному вмісті вологи в зерні (насінні). Розрахункові результати врожайності занести в таблицю 2.

Для розрахунків використовувати дані наступних додатків:

- стандартна вологість основної продукції (зерно, насіння) – додаток 1;
- середньобагаторічна кількість випадіння опадів за місяцями – додаток 4;
- коефіцієнт сумарного водоспоживання основних сільськогосподарських культур – додаток 5.

Для розрахунків тривалості періоду вегетації використовувати дані таблиці 3.

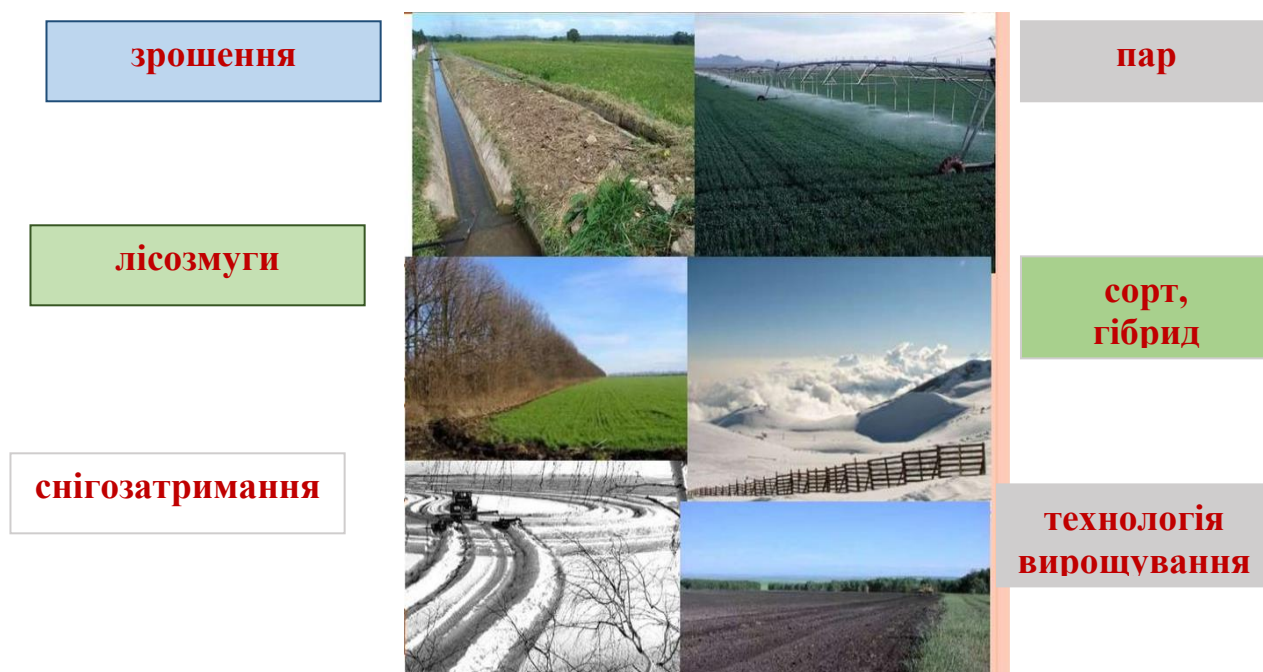


Рисунок 3. Фактори визначення вологозабезпеченості агроценозів сортів і гібридів

Таблиця 2.

Дані для розрахунків потенційно можливої врожайності основної продукції

Культура	Запаси продуктивної вологи перед сівбою культури, мм	Кількість опадів за період вегетації, мм	Коефіцієнт водоспоживання, м ³ /т	Дійсно можлива врожайність абсолютно сухої біомаси (ДМВ), ц/га	Потенційна врожайність основної продукції (ПВ), ц/га
1	2	3	4	5	6
високорослий сорт озимої пшениці	130				
напівкарликовий сорт озимої пшениці	130				
ячмінь ярий	175				
ячмінь ярий	160				
овес	150				
овес	180				
просо	145				
просо	130				
просо	175				
кукурудза	140				
кукурудза	170				
соя	160				
соя	150				

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6
soя	130				
соняшник	170				
соняшник	150				
ріпак ярий	165				
ріпак озимий	125				

Таблиця 3.

Дані за строками сівби і збирання сортів, гібридів

Культура	Строк сівби	Строк збирання	Строк відновлення вегетації для озимих культур	Тривалість періоду вегетації
пшениця озима	25.09	5.07	15.03	
ячмінь ярий	05.04	10.07		
овес	28.03	04.07		
просо	14.05	01.08		
кукурудза	01.05	20.09		
soя	05.05	01.09		
соняшник	20.04	05.09		
ріпак ярий	29.04	28.06		
ріпак озимий	25.08	27.06	20.03	

Завдання 2.

Розрахувати гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за формулою Г. Т. Селянинова для східного степу та південного степу України, північної частини Лісостепу України.

Порівняти отримані дані.

Охарактеризувати за зволоженням умови східного та південного Степу України, північної частини Лісостепу України.

Підібрати для вирощування у східному і південному Степу, північній частині Лісостепу України сільськогосподарські культури, біологічні властивості яких відповідають погодно-кліматичним умовам даних регіонів.

Завдання 3.

Розрахувати для умов східного Степу України ефективність використання вологи як природного ресурсу.

Дані потенційно можливої врожайності за максимальним показником брати з отриманих даних завдання 1.

Реальна, фактична врожайність, що отримана в умовах виробництва наведена в таблиці 4.

Таблиця 4.

Ефективність використання вологи як природного ресурсу

Культура	Фактична врожайність, ц/га	Потенційна врожайність основної продукції (ПВ), ц/га	Ефективність використання вологи як природного ресурсу, %
пшениця озима	36,7		
ячмінь ярий	21,1		
овес	19,0		
просо	18,7		
кукурудза	33,7		
соя	15,0		
соняшник	19,9		
ріпак ярий	17,5		
ріпак озимий	27,4		

Завдання 4.

Розрахувати для умов східного Степу України коефіцієнт використання опадів (KI_r) на основі величини фактичної врожайності.

Дані потенційно можливої врожайності за максимальним показником брати з отриманих даних завдання 1.

Реальна, фактична врожайність, що отримана в умовах виробництва наведена в таблиці 5.

Таблиця 5.

Коефіцієнт використання опадів (KI_r) на основі величини фактичної врожайності.

Культура	Строк сівби	Строк збирання	Строк відновлення вегетації для озимих культур	Запаси продуктивної вологи перед сівбою культури, мм	Потенційна врожайність основної продукції (ПВ), ц/га	Фактична врожайність, ц/га	Коефіцієнт використання опадів на основі величини фактичної врожайності
1	2	3	4	5	6	7	8
пшениця озима	25.09	5.07	15.03	130		36,7	
ячмінь ярий	05.04	10.07		175		21,1	
овес	28.03	04.07		180		19,0	
просо	14.05	01.08		145		18,7	
кукурудза	01.05	20.09		170		33,7	
соя	05.05	01.09		160		15,0	
соняшник	20.04	05.09		170		19,9	
ріпак ярий	29.04	28.06		165		17,5	
ріпак озимий	25.08	27.06	20.03	125		27,4	

Для розрахунків використовувати дані наступних додатків:

➤ середньобагаторічна кількість випадіння опадів за місяцями – додаток 4.

Контрольні питання до лабораторної роботи.

1. Навести класифікація видів врожайності сільськогосподарських культур при програмуванні.
2. Поняття про дійсно можливу врожайність, потенційну врожайність і фактичну врожайність.

3. Що таке транспіраційний коефіцієнт? Які середні параметри цього показника для сортів озимої пшениці, гібридів кукурудзи, сортів ячменю ярого, сортів і гібридів соняшнику і ріпаку?

4. Поняття про коефіцієнт водоспоживання польових культур. Доказати залежність величин коефіцієнту водоспоживання від рівня агротехніки, умов вологозабезпечення агроценозів, біологічних особливостей сорту і гібриду. культури, сорту. Одиниці виміру.

5. Поняття про сумарне водоспоживання, методика розрахунку цього по показника, одиниці виміру.

6. Яка методика розрахунків дійсно можливої і потенційної врожайності за показниками вологозабезпечення.

7. Які особливості розрахунку дійсно можливої і потенційної врожайності озимих і ярових сільськогосподарських культур?

8. Як визначається ГТК?

9. Які фактори кліматичних умов зони вирощування сільськогосподарської культури характеризує ГТК?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Васина, Н. В. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: методические указания для практических занятий / Н. В. Васина. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 42 с.

2. Каленська, С. М. Прогнозування і програмування врожаїв сільськогосподарських культур / С. М. Каленська, В. А. Мокрієнко, М. Я. Дмитришак, А. В. Юник, Є. В. Качура. – Київ: Видавничий Центр НУБіП України. – 28 с.

3. Каюмов, М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур М. К. Каюмов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.

4. Можаяев, Н. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: учебное пособие / Н. Можаяев, П. Серикпаев, Г. Стыбаев. – Астана: Фолиант, 2013. – 160 с.

5. Муха, В. Д. Програмування врожаїв / В. Д Муха, В. А. Пилипець. – К.: Вища школа, 1988. – 222 с.

6. Харченко, О. В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур / О. В. Харченко. – Суми: Університетська книга, 2003. – 295 с.

7. Шатилов, И. С. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая / И. С. Шатилов, А. Ф. Чудновский. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 310 с.

Додаткова

1. Жатов, О. Г. Рослинництво з основами програмування врожаю / О. Г. Жатов, Л. Т. Глуценко, Г. О. Жатова та ін.; за ред. О. Г. Жатова. – К.: Урожай, 1995. – 256 с.

2. Жатов, А. И., Особенности возделывания технических культур: Учебное пособие / А. И. Жатов, М. А. Бобро, А. К. Мишньов. – Харьков, 1990. – 88 с.

3. Зиганшин, А. А. Факторы запрограммированных урожаев / А. А. Зиганшин, Л. Р. Шарифуллин. – Казань: Таткнигоиздат, 1974. – 176 с.

4. Павловський, В. В. Агрометеорологія / В. В. Павловський, І. Д. Василенко, В. Ф. Урсулов. – К.: Вища школа, 1994. – 272 с.

5. Філіп'єв, І. Д. Як програмувати врожай / І. Д. Філіп'єв, Є. К. Міхеєв. – К.: Урожай, 1990. – 94 с.

6. Шишов, Л. Л. Критерии и модели плодородия почв / Л. Л. Шишов, И. И. Карманов, Д. М. Дурманов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 184 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА
«ОСНОВИ ПРОГРАМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА БІОКЛІМАТИЧНИМ
ПОТЕНЦІАЛОМ ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНОЇ ЗОНИ
ВИРОЩУВАННЯ».

Мета заняття. Встановити та вивчити фактори біокліматичного потенціалу навколишнього середовища. Встановити їх вплив на формування врожайності сільськогосподарських культур, оволодіти методами програмування врожайності за даними теплового режиму періоду вегетації рослин.

При високому рівні агротехніки досягнення дійсно можливої врожайності (ДМВ) та потенційної врожайності (ПВ) агроценозами сортів і гібридів обмежується погодно-кліматичними умовами району вирощування видів сільськогосподарських культур.

Основним лімітуючим фактором у посушливих умовах фактором є волога. Але у формуванні врожайності важливе значення мають і теплові ресурси агрокліматичних районів, тобто термічний режим району вирощування культури.

Термічний режим, як один із факторів агрокліматичних ресурсів, обумовлено особливостями приходом сонячної радіації, атмосферної циркуляції, характером підстильної поверхні ґрунту.

Це один з основних факторів, що визначають характер погодних процесів, а також регулюють фізіологічні та біохімічні процеси, які відбуваються в рослинному організмі.

Продуктивність рослин істотно залежить від рівня температури в інтервалі від біологічного мінімуму до максимуму.

Динамікою термічного режиму повітря визначається початок і кінець вегетаційного періоду сільськогосподарських культур.

В оцінку теплового режиму входять наступні основні показники:

- сума позитивних температур періоду вегетації рослин сортів і гібридів;
- дати переходу середньодобових температур повітря через 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$;
- дати настання пізніх весняних і ранніх осінніх заморозків;
- дати тривалості періоду без морозів.

Сума активних температур уявляє собою вираження суми середньодобових температур повітря або ґрунту, що перевищують біологічний мінімум, встановлений для певного періоду розвитку культурних рослин.

Сума активних температур є істотний фактор клімату при вивченні і прогнозуванні умов зростання, розвитку, формування врожайності сортами і гібридами, відображає ресурси тепла в конкретній ґрунтово-кліматичній зоні.

Накопичення суми активних температур визначається загальним характером зміни погодних умов протягом теплового періоду року, термінами переходу середньодобових температур через зазначені межі.

У посушливі роки суми температур зазвичай бувають збільшеними. У дощові періоди – зменшеними.

Відлік сум позитивних температур повітря ведеться від декількох рівнів: 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$, що пов'язано з біологічними особливостями рослин.

При переході середньодобових температур повітря через 0°C починають проростати насіння сортів і гібридів, починає відбуватися ріст холодостійкій сільськогосподарських культур (при позитивних температурах $+1^{\circ}\text{C}$, $+3^{\circ}\text{C}$ починають проростати насіння пшениці, ячменю, вівса, гороху, сафлору).

Дати переходу середньодобової температури понад нижче $+5,0^{\circ}\text{C}$ прийнято вважати межами вегетаційного періоду озимих зернових культур.

В терміни переходу температури повітря вище $+5^{\circ}\text{C}$ з'являються сходи холодостійких культур: пшениці, ячменю, вівса, гороху, кормових трав: люцерни, еспарцету, буркуну, житняка, стоколосу безостого і ін.

В терміни переходу температур повітря при температурах вище $+10^{\circ}\text{C}$ починає проростати насіння теплолюбних культур: соняшнику, кукурудзи, сорго, гречки, проса, сої, суданської трави та інших теплолюбних культур.

Дати переходу середньодобових температур нижче $10,0^{\circ}\text{C}$ обмежують період активної вегетації більшості сільськогосподарських культур.

В терміни переходу температури повітря вище $+15^{\circ}\text{C}$ починає проростати насіння теплолюбних культур: кунжуту, бавовнику, рису.

Дата переходу середньодобової температури нижче $15,0^{\circ}\text{C}$ обмежує вегетаційний період теплолюбних культур.

Зіставивши потреби сортів, гібридів різних груп стиглості в теплі (суми активних температур), забезпеченість цим фактором, з урахуванням дат переходу добових температур через 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$, тривалість періоду вегетації з цими температурами, в програмуванні врожайності стає можливим оцінити доцільність та ефективність вирощування вибраних сільськогосподарських культур, окремо сортів і гібридів цих культур в умовах конкретного регіону.

Період вегетації культур, особливо теплолюбних, в тому чи іншому регіоні обмежується не тільки забезпеченістю сумою активних температур, але й тривалістю безморозного періоду, що вносить істотні поправки в тривалість вегетаційного періоду, а також нерідко у виробничих умовах призводить до пошкодження посівів і навіть їх загибелі в весняний, ранньоосінній і пізньоосінній періоди.

Для повнішої оцінки біокліматичних умов регіону слід враховувати не тільки тривалість безморозного періоду, середні і можливі дати настання весняних і осінніх заморозків, але і стійкість рослин до заморозків в різні фази вегетації.

Небезпечними гідротермічними явищами, такими, що завдають великої шкоди є заморозки.

Заморозками називають явище зниження температури повітря або ґрунту до 0°C і нижче при сталому режимі позитивних температур.

Заморозки утворюються зазвичай вночі або в ранні ранкові години при ясній тихій погоді.

Заморозки поділяють на адвективні, радіаційні, адвективно-радіаційні.

Адвективні заморозки виникають при вторгненні холодного повітря температурою нижче 0°C.

Радіаційні заморозки з'являються в нічний час або в ранкові години в результаті інтенсивного вихолоджування підстильної поверхні ґрунту і прилеглого до нього шару повітря. Ці заморозки є мікрокліматичним явищем погоди.

Найчастіше спостерігаються змішані заморозки – адвективно-радіаційні.

Негативний вплив заморозків полягає в раптовому пошкодженні рослин під час їх вегетації.

Стійкість рослин до заморозків при зниженні температури повітря нижче 0°C на поверхні ґрунту, що спостерігається в вегетаційний період при позитивних середньодобових температур повітря, залежить від біологічних особливостей і фази вегетації рослин. У фазу сходів рослини здатні проявляти найбільшу стійкість до заморозків. Найменшу стійкість до заморозків рослини проявляють в період формування генеративних органів, цвітіння, плодоношення, наливу.

Морозостійкість різних сільськогосподарських культур неоднакова, тому ступінь небезпеки кожного заморозку різна і залежить від фази розвитку сорти або гібрида, умов агротехніки, а також від попередньої фази загартування рослин.

Помітний вплив на формування заморозків надає рельєф місцевості.

Останні весняні заморозки пов'язані з поверненням холодів (іноді з випаданням снігу). Трапляються досить таки часто. Великої шкоди завдають пізні заморозки.

З метою вирішення строків сівби теплолюбних культур звертають увагу на тривалість безморозного періоду. Особливо велика ймовірність прояву

заморозків в приморських районах Степу. Тривалість безморозного періоду дуже мінлива.

Дати переходу середньодобових температур повітря через 0°C , $+5^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$, стійкість рослин сортів і гібридів до заморозків в прогнозуванні та програмуванні врожайності враховують при підборі сортів і гібридів різних груп стиглості, визначенні термінів посіву культур при урахуванні їх біологічних особливостей.

Оцінка біокліматичних показників дозволяє встановити теплові ресурси і вологозабезпеченість конкретного регіону, господарства, підібрати придатні до умов вирощування сільськогосподарські культури.

Застосовуючи у прогнозуванні та програмуванні врожайності знання біологічних особливостей рослин, а також даних з середньобагаторічної кількості опадів за місяцями року і їх розподіл за місяцями періодів вегетації певної культури; суми позитивних температур періоду вегетації; настання пізніх весняних і ранніх осінніх заморозків; тривалості безморозного періоду; дати переходу температур через певні температурні «пороги» у сільськогосподарському виробництві набувається можливість визначення визначення приблизних строків сівби строків сортів, що дозволяє агроценозам досягти фази повної стиглості до настання ранніх осінніх заморозків та оцінити реальні потенційні можливості культур, сортів, гібридів з огляду на те, що пізньостиглі генотипи характеризуються більше високим потенціалом врожайності.

При високому рівні агротехніки досягнення врожайності, яка може досягати відповідної генетичної продуктивності сортів і гібридів, обмежується кліматичними умовами району.

Таким чином програмований рівень врожайності не повинен перевищувати величину врожайності, рівень якої забезпечується кліматичними факторами, що знаходяться в мінімумі.

У програмуванні під кліматично забезпеченою врожайністю сільськогосподарських культур розуміють такий рівень врожайності, який

можливо досягти в ідеальних ґрунтових і агротехнічних умовах, при граничному дії різних метеорологічних факторів.

Рівень кліматично забезпеченої врожайності завжди менше потенційно можливої.

Серед біокліматичних ресурсів в прогнозуванні та програмуванні врожайності важливу увагу наділяють розрахункам ступеня використання культурами теплового ресурсу, показникам вологозабезпечення ґрунту та рослин агроценозів, встановленню кліматично забезпечено рівня врожайності основної продукції сільськогосподарських культур.

Одним з етапів програмування врожайності на основі біокліматичних ресурсів є визначення ступеня можливості використання сортами та гібридами теплового ресурсу.

Розрахувавши суму активних температур за вегетаційний період культури ($\sum t > 10^{\circ}\text{C}_{\text{veg}}$) і порівняв її з сумою температур за період активної вегетації рослин, визначають ступінь використання культурою даного сорту (гібриду) теплового ресурсу за формулою:

$$C_t = \frac{\sum t > 10^{\circ}\text{C}_{\text{veg}}}{\sum t > 10^{\circ}\text{C}} \times 100.$$

де C_t – ступінь використання теплового ресурсу, %;

$\sum t > 10^{\circ}\text{C}_{\text{veg}}$ – сума активних температур за вегетаційний період культури, $^{\circ}\text{C}$;

$\sum t > 10^{\circ}\text{C}$ – сума температур за активний період вегетації, $^{\circ}\text{C}$.

На основі проведених розрахунків агроном робить висновок щодо впливу ресурсів тепла на формування врожайності сільськогосподарської культури.

При відомих показниках теплових ресурсів періоду вегетації ($\sum t > 10^{\circ}\text{C}$) і фактичної врожайності (Y_f) в прогнозуванні та програмуванні врожайності визначають фактичний рівень землеробства сільськогосподарського

підприємства (K_{ar}). K_{ar} – коефіцієнт, який кількісно характеризує кількісний рівень землеробства. K_{ar} розраховують за формулою:

$$K_{ar} = \frac{Y_r}{\sum t > 10^{\circ}\text{C}} \times 1000,$$

де K_{ar} – фактичний рівень землеробства, т/га на 1000°C ;

Y_r – фактична врожайність сільськогосподарського виробництва.

$\sum t > 10^{\circ}\text{C}$ – сума t за активний період року.

У прогнозуванні врожайності за даними запасів продуктивної вологи на момент сівби сільськогосподарської культури та за багаторічними даними випадіння опадів за вегетаційний період культури розраховують можливий коефіцієнт зволоження який буде характеризувати вегетаційний період:

$$K_m = \frac{0,25 \times W_v}{R},$$

де K_m – коефіцієнт зволоження території, де розташовано сільськогосподарське підприємство;

W_v – ресурси доступної вологи для рослин, мм;

R – радіаційний баланс на період вегетації культури, $\text{кДж}/\text{см}^2$.

Ресурси доступної вологи для рослин сільськогосподарських культур (W_v) встановлюють за такою формулою:

$$W_v = W_s + (0,7 \times P_v),$$

де W_v – ресурси доступної вологи для рослин сільськогосподарських культур, мм;

W_s – кількість продуктивної ґрунтової вологи під час сівби, мм;

P_v – опади вегетаційного періоду за середньо-багаторічними даними, мм;

0,7 – коефіцієнт використання опадів вегетаційного періоду;

Приблизний радіаційний баланс (R) на вегетаційний період культури встановлюють шляхом збільшення сумарного приходу ФАР на 5,0 % (застосовуючи у формулі коефіцієнт 1,05):

$$R = \sum Q_{\text{фар}} \times 1,05;$$

де R – радіаційний баланс на вегетаційний період культури, кДж/см²;

$\sum Q_{\text{фар}}$ – прихід ФАР за вегетаційний період сорту, гібриду, кДж/см².

Радіаційний баланс – різниця між сумарною енергією Сонця і її втратами на віддзеркалювання і теплове випромінювання земною поверхнею. Радіаційний баланс території визначає її температурні умови.

Після визначення ресурсів доступної вологи та радіаційного балансу розраховують гідротермічний показник в балах та кліматично забезпечену врожайність основної продукції.

Гідротермічний показник в балах розраховують за формулою:

$$\text{ГТП} = \frac{W_v \times n \times 4,186}{36 \times R},$$

де ГТП – гідротермічний показник вегетаційного періоду, бал;

W_v – ресурси доступної вологи для рослин сільськогосподарських культур, мм;

N – кількість декад за вегетаційний період культури;

R – радіаційний баланс на вегетаційний період культури, кДж/см².

Гідротермічний показник є основою визначення кліматично забезпеченої врожайності сортів і гібридів сільськогосподарських культур з урахуванням показників ресурсів вологи і тепла в період вегетації. Після визначення гідротермічного показника розраховують можливий рівень кліматично

забезпеченої врожайності абсолютно сухої біомаси. Для визначення кліматично забезпеченої врожайності абсолютно сухої біомаси використовують формулу, яку розробив О. М. Рябчіков:

$$KЗВ_{\text{біол}} = 22 \times \text{ГТП} - 10,$$

де $KЗВ_{\text{біол}}$ – кліматично забезпечена врожайність абсолютно сухої біомаси, ц/га;

ГТП – гідротермічний показник вегетаційного періоду, бал;

22 і 10 – статистичні показники

Далі, кліматично забезпечену врожайність основною продукції за гідротермічним показником розраховують за наступною формулою:

$$KЗВ_{\text{оп}} = \frac{KЗВ_{\text{біол}} \times 100}{(100 - W) \times Z},$$

де $KЗВ_{\text{оп}}$ – врожайність основної продукції при стандартному вмісті вологи, ц/га;

$KЗВ_{\text{біол}}$ – кліматично забезпечена врожайність абсолютно сухої біомаси, ц/га;

W – стандартна вологість основної продукції (зерно, насіння), %;

Z – сума частин у відношенні основної та побічної продукції в загальному врожаї біомаси (при співвідношенні основної і побічної продукції).

Розглянемо приклад розрахунків кліматично забезпеченої врожайності кукурудзи за гідротермічним показником.

Запаси продуктивної вологи на початок сівби (W_s) в метровому шарі ґрунту складають 165 мм. За вегетаційний період кукурудзи випало 135 мм

опадів у вигляді дощу. Ресурси доступної вологи ресурси (W) для рослин агроценозу кукурудзи склали:

$$W_v = W_s + (0,7 \times P_v) = 165 + (0,7 \times 135) = 165 + 94,5 = 259,5 \text{ мм.}$$

Вегетаційний період від появи сходів 12 травня до повної стиглості рослин кукурудзи 07 вересня склав 118 діб (11,8 декад). За цей період сумарний прихід ФАР за багаторічними даними рівняється 125,92 кДж/см². За цими даними встановлюється радіаційний баланс:

$$R = \sum Q_{\text{фар}} \times 1,05 = 125,92 \times 1,05 = 132,22 \text{ кДж/см}^2.$$

Розраховується гідротермічний показник в балах:

$$\text{ГТП} = \frac{W_v \times n \times 4,186}{36 \times R} = \frac{259,5 \times 11,8 \times 4,186}{36 \times 132,22} = 2,69 \text{ бали.}$$

Розраховується кліматично забезпечена врожайність абсолютно сухої біомаси:

$$\text{КЗВ}_{\text{біол}} = 22 \times \text{ГТП} - 10 = 22 \times 2,69 - 10 = 49,18 \text{ ц/га.}$$

Програмована кліматично забезпечена врожайність зерна (основної продукції) при стандартній вологості 14,0% буде становити:

$$\text{КЗВ}_{\text{оп}} = \frac{\text{КЗВ}_{\text{біол}} \times 100}{(100 - W) \times Z} = \frac{49,18 \times 100}{(100 - 14) \times 2,4} = 23,82 \text{ ц/га.}$$

Висновок по завданню з програмування кліматично забезпеченої врожайності.

Рівень врожайності кукурудзи 23,82 ц/га обумовлюється недостатньою кількістю опадів за період вегетації кукурудзи.

При прогнозування та програмуванні врожайності сільськогосподарських культур з використанням та урахуванням біокліматичних ресурсів обов'язково урахують вплив клімату, навколишнього середовища, рельєфу місцевості, особливостей земної поверхні району вирощування на формування врожайності.

Значний вплив на клімат робить земна поверхня, яка в результаті взаємодії з атмосферою впливає на стан клімату і зміни погодних умов періоду вегетації рослин.

Водна поверхня або суша, покрита снігом або рослинністю поверхню і зорана поверхню по-різному поглинають і відображають енергію Сонця і віддають тепло (рис. 4).

Це в кінцевому підсумку впливає на температуру поверхні ґрунту, приземного шару повітря, впливає на ріст, розвиток, врожайність сільськогосподарських культур.

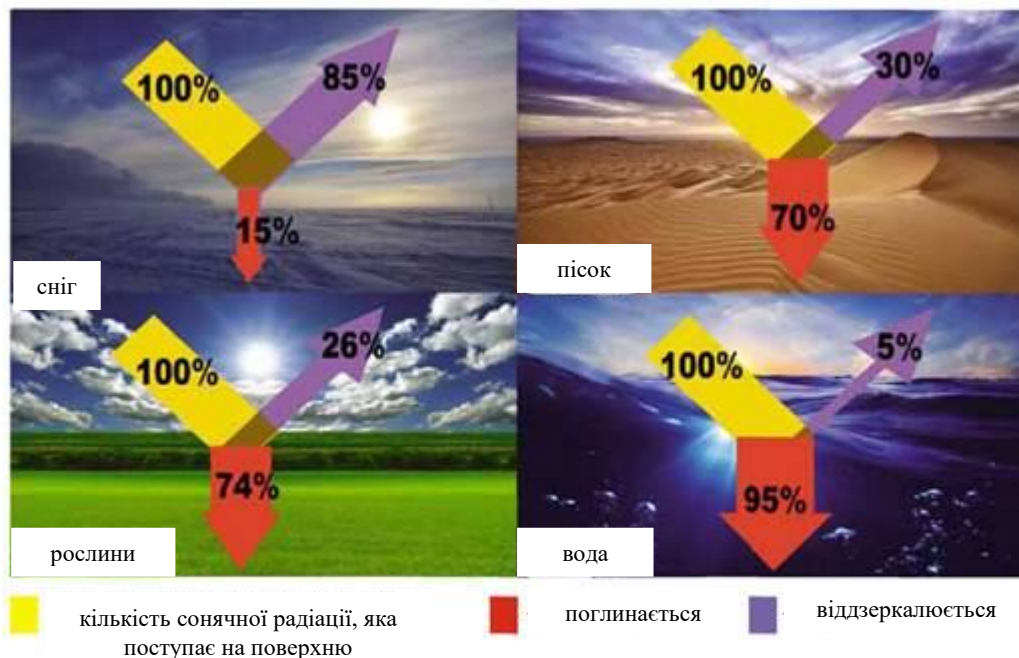


Рисунок 4. Альbedo різних ділянок земної поверхні

Найвищі показники відбитої радіації взимку зафіксовані на північному сході України і в Карпатах – до 65,0 %. На північному сході України і в Карпатах спостерігається стійкий сніговий покрив, який характеризується

високою віддзеркальною здатністю поверхні – альbedo (в перекладі з латинської – білизна). Загалом, чим світліше поверхню, тим більше вона відображає променевої сонячної енергії. Влітку менше радіації відображають лісові масиви на Поліссі та в горах – до 16 %.

На формування клімату значно впливають рельєф і абсолютна висота місцевості. Так, в Карпатах і Кримських горах кліматичні умови сильно відрізняються в залежності від висоти над рівнем моря, напрямки простягання гірських хребтів і орієнтації схилів щодо сторін горизонту. Зі збільшенням висоти знижуються атмосферний тиск і температура повітря, збільшуються кількість опадів і швидкість вітру. В горах від орієнтації схилів істотно залежить кількість опадів.

На клімат України впливають і інші форми рельєфу, наприклад Подільська височина і Донецький кряж, де загальний хід кліматичних показників порушується через більші висоти місцевості на цих ділянках в порівнянні з сусідніми.

Кліматичні умови приморських районів України формуються під впливом бризів. Взимку морські басейни сприяють підвищенню температури повітря прилеглих районів суші. Влітку ж, завдяки більш охолоджуючій дії моря, температура на узбережжі декілька нижче, ніж в районах, які розташовані на тій же широті, але далі на північ і схід. Завдяки морям згладжується коливання добової температури, збільшується в цілому вологість повітря.

Характер земної поверхні разом з іншими кліматоутворюючими факторами зумовлює зміну або трансформацію властивостей повітря над рівнинною частиною території України. Зміна властивостей повітря від вологого до сухого на півдні і сході країни є основним процесом в теплий сезон року.

Завдання 1.

Встановити коефіцієнт зволоження вегетаційного періоду ячменю ярого при його вирощуванні в різних ґрунтово-кліматичних зонах України: північно-

східний Степ (на прикладі Луганської області), південний Степ (на прикладі Херсонської області), північний Степ (на прикладі Дніпропетровської області), північно-східна Лісостеп (на прикладі Сумської області).

Дані для розрахунків:

- прихід ФАР за місяцями – додаток 2;
- кількість випадіння опадів – додаток 4.

Розрахункові дані занести в таблицю 6.

Таблиця 6.

Розрахункові дані по встановленню коефіцієнтів зволоження вегетаційних періодів ячменю ярого при вирощуванні в різних ґрунтово-кліматичних зонах України

Ґрунтово-кліматична зона	Веgetаційний період	Запаси продуктивної вологи під час сівби, мм	Ресурси доступної вологи, мм	Радіаційний баланс, кДж/см ²	Коефіцієнт зволоження
північно-східний Степ	07 квітня-08 липня	160			
південний Степ	20 березня-22 червня	140			
північний Степ	2 квітня-3 липня	160			
північно-східна Лісостеп	15 квітня-17 липня	180			

За отриманими коефіцієнтами зволоження зробити висновки по встановленню ґрунтово-кліматичної зони, погодні умови якої найбільш в повній мірі відповідають біологічним властивостям ячменю ярого.

Завдання 2.

Розрахувати та встановити в програмовану кліматично забезпечену врожайність основної продукції при стандартній вологості на основі проведення розрахунків по гідротермічному показнику при вирощуванні сільськогосподарських культур в різних ґрунтово-кліматичних зонах України.

Дані для розрахунків:

- калорійність сільськогосподарських культур, співвідношення основної та побічної продукції рослин – додаток 1;
- прихід ФАР за місяцями – додаток 2;
- кількість випадіння опадів – додаток 4.

Розрахункові дані занести в таблицю 7.

Таблиця 7.

Розрахункові дані по встановленню кліматично забезпеченої врожайності основної продукції сільськогосподарських культур ($KЗВ_{оп}$) при вирощуванні в різних ґрунтово-кліматичних зонах України

Культура	Вегетаційний період	Запаси продуктивної вологи під час сівби, мм	Ресурси доступної вологи, мм	Гідротермічний показник, бали	Програмована кліматично забезпечена врожайність, ц/га
1	2	3	4	5	6
північно-східний Степ					
ячмінь ярий	06 квітня-11 липня	165			
овес	03 квітня-10 липня	165			
кукурудза	05 травня-20 вересня	157			
соняшник	25 квітня-10 вересня	155			
південний Степ					
ячмінь ярий	20 березня-10 липня	155			
овес	17 березня-8 липня	160			
кукурудза	23 квітня-09 вересня	140			
соняшник	15 квітня-01 вересня	140			
північний Степ					
ячмінь ярий	02 квітня-07 липня	170			
овес	28 березня-4 липня	170			
кукурудза	01 травня - 15 вересня	155			
соняшник	25 квітня-10 вересня	160			
північно-східна Лісостеп					

Продовження таблиці 7

1	2	3	4	5	6
ячмінь ярий	02 квітня- 07 липня	190			
овес	28 березня- 4 липня	195			
кукурудза	01 травня - 15 вересня	185			
соняшник	25 квітня- 10 вересня	180			

За отриманими даними кліматично забезпеченої врожайності по гідротермічному показнику зробити висновки і надати відповіді стосовно по встановленню ґрунтово-кліматичної зони, погодні умови якої найбільш в повній мірі відповідають біологічним властивостям сільськогосподарських культур, що наведені в завданні.

Контрольні питання до лабораторної роботи.

1. Що таке радіаційний баланс?
2. Який вплив підстильної земної поверхні на клімат України?
3. Чим пояснюється формування особливостей клімату в приморських районах?
4. Які фактори клімату відносяться до біокліматичного потенціалу ґрунтово-кліматичних зон вирощування сільськогосподарських культур?
5. Які параметри відображені у формулі О. М. Рябчикова.
5. Що таке гідротермічний показник? Його значення у прогнозуванні та програмуванні кліматично забезпеченої врожайності сортів і гібридів?
6. Від чого залежить величина вегетаційного періоду? З якою метою ураховується тривалість вегетаційного періоду для проведення розрахунків по встановленню програмованого рівня кліматично забезпеченої врожайності сільськогосподарських культур?
7. Як Ви розумієте поняття «кліматично забезпечена врожайність»?
8. Від яких чинників клімату залежить рівень формування врожайності?

9. яке практичне значення мають оцінки біокліматичних показників у прогнозуванні та програмуванні врожайності сільськогосподарських культур?

10. При встановленні коефіцієнтів зволоження Луганської області стає чи можливим прогнозувати підбір для вирощування в області видів сільськогосподарських культур у відповідності їх біологічних особливостей до погодних умов періоду вегетації?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Васина, Н. В. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: методические указания для практических занятий / Н. В. Васина. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 42 с.

2. Каленська, С. М. Прогнозування і програмування врожаїв сільськогосподарських культур / С. М. Каленська, В. А. Мокрієнко, М. Я. Дмитришак, А. В. Юник, Є. В. Качура. – Київ: Видавничий Центр НУБіП України. – 28 с.

3. Каюмов, М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур М. К. Каюмов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.

4. Можаяев, Н. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: учебное пособие / Н. Можаяев, П. Серикпаев, Г. Стыбаев. – Астана: Фолиант, 2013. – 160 с.

5. Муха, В. Д. Програмування врожаїв / В. Д Муха, В. А. Пилипець. – К.: Вища школа, 1988. – 222 с.

6. Харченко, О. В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур / О. В. Харченко. – Суми: Університетська книга, 2003. – 295 с.

7. Шатилов, И. С. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая / И. С. Шатилов, А. Ф. Чудновский. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 310 с.

Додаткова

1. Жатов, О. Г. Рослинництво з основами програмування врожаю / О. Г. Жатов, Л. Т. Глущенко, Г. О. Жатова та ін.; за ред. О. Г. Жатова. – К.: Урожай, 1995. – 256 с.

2. Жатов, А. И., Особенности возделывания технических культур: Учебное пособие / А. И. Жатов, М. А. Бобро, А. К. Мишньов. – Харьков, 1990. – 88 с.

3. Зиганшин, А. А. Факторы запрограммированных урожаев / А. А. Зиганшин, Л. Р. Шарифуллин. – Казань: Таткнигоиздат, 1974. – 176 с.

4. Павловський, В. В. Агрометеорологія / В. В. Павловський, І. Д. Василенко, В. Ф. Урсулов. – К.: Вища школа, 1994. – 272 с.

5. Філіп'єв, І. Д. Як програмувати врожай / І. Д. Філіп'єв, Є. К. Міхєєв. – К.: Урожай, 1990. – 94 с.

6. Шишов, Л. Л. Критерии и модели плодородия почв / Л. Л. Шишов, И. И. Карманов, Д. М. Дурманов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 184 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

«АГРОХІМІЧНІ ОСНОВИ ПРОГРАМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР. ВИЗНАЧЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ БАЛАНСОВИМ МЕТОДОМ»

Мета заняття. Вивчити та освоїти агрохімічні основи програмування врожайності сільськогосподарських культур. Навчитися застосовувати методи агрохімічного програмування врожайності в технологіях вирощування сортів і гібридів.

В основу програмування врожайності з застосуванням агрохімічних методів полягає «Закон повернення у ґрунт поживних речовин», який передбачає, що для підтримки родючості в ґрунт необхідно вносити поживні елементи, які споживаються рослиною на створення врожаю сільськогосподарської культури.

Агрохімічні принципи програмування передбачають:

- обґрунтування економічно виправданих доз внесення добрив з урахуванням агрохімічних властивостей ґрунтів;
- урахування винесення поживних речовин урожаннями агроценозів сортів і гібридів;
- застосування у розрахунках доз внесення мінеральних та органічних добрив коефіцієнтів використання елементів живлення з ґрунту і добрив;
- отримання рослинної продукції високої якості при одночасному підвищенні родючості ґрунтів;
- застосування діагностики для контролю за живленням рослин в агроценозах сортів і гібридів сільськогосподарських культур.

В процесі агрохімічного програмування врожайності приймають до уваги наступні положення:

- моделювання родючості ґрунту;
- визначення поняття родючості ґрунту з одночасним встановленням оцінки родючості на основі шкали бонітування ґрунтів;
- моделювання вмісту гумусу в ґрунті;
- моделювання вмісту рухомих поживних речовин у ґрунті.

Розглянемо по чергово ці положення агрохімічного програмування врожайності.

Моделювання родючості ґрунту.

Підвищення врожайності сільськогосподарських культур здійснюється в основному в результаті:

- поліпшення родючості ґрунту;

- підбору культур, сортів і гібридів цих культур, що найбільш пристосовані до конкретних ґрунтово-екологічних умов вирощування.

У деяких випадках витрати коштів на створення сортів, стійких, наприклад, до засолення або підвищеної кислотності, тимчасово надмірного зволоження ґрунту можуть виявитися нижче, ніж витрати на корінне поліпшення ґрунту.

Однак головний напрямок агрохімічного програмування врожайності залишається незмінним – підвищення родючості ґрунту. Це зумовлено тим, що саме заходи по підвищенню родючості ґрунту безпосередньо спрямовані на збільшення врожайності агроценозів сортів, гібридів і щільно пов'язані з агроприйомами, які в технологіях вирощування чинять вплив на ґрунт з метою поліпшення його водно-повітряних властивостей, хімічних і фізичних показників, біологічної активності.

Інтенсифікація рослинництва ставить перед програмуванням врожайності питання про пізнання як позитивних, так і негативних процесів, що розвиваються в ґрантах при інтенсивному їх використанні.

Для вирішення завдань моделювання необхідно, перш за все, виробити визначення поняття родючості ґрунту, методи його вимірювання і правильного виділення основних елементів, що визначають родючість ґрунту.

Визначення поняття родючості ґрунту з одночасним встановленням оцінки родючості на основі шкали бонітування ґрунтів.

Поняття родючості ґрунту в рослинництві доволі таке складне.

У буквальному сенсі родючість ґрунту означає здатність ґрунту забезпечувати отримання та формування врожайності агроценозів сортів і гібридів.

У загальній формі можна прийняти в програмуванні таке поняття, що родючість ґрунту є здатність ґрантового покриву задовольняти потребу рослин в елементах живлення, воді, повітрі, теплі, світлі, фізико-хімічних показниках орного шару, що найбільш оптимально сприяють максимально рівному формуванню врожайності.

В агрономічному (технологічному) сенсі під родючістю розуміють:

- ✓ здатність ґрунту служити рослинам середовищем існування, джерелом і, головне, посередником в забезпеченні агроценозів земними факторами життя (водою, поживними речовинами і ін.);
- ✓ забезпечувати можливість індустріального ведення виробництва;
- ✓ забезпечувати стійкість ґрунтів проти всіх факторів його руйнування.

В даний час в програмуванні врожайності з застосуванням агрохімічних методів можна зустріти різні варіанти тлумачення поняття родючості ґрунту: природна, потенційна, базисна, ефективна, поточна, повна.

Природна родючість ґрунту визначається як сукупність властивостей і режимів ґрунту, весь комплекс екологічних умов, на фоні яких родючість ґрунту розвивається.

З точки зору агрохімічних методів програмування врожайності родючість ґрунту – здатність забезпечувати рослини поживними речовинами, створювати для них певний водний, повітряний і тепловий режими і тим самим формувати врожайність.

Розрізняють потенційну (природне або штучне) та ефективну (економічне) родючість ґрунту.

Потенційна родючість (природна або штучна) визначається запасом в ґрунті гумусу, поживних речовин і є основним засобом сільськогосподарського виробництва. Прояв потенційної родючості в виробничій діяльності характеризується можливістю використання рослинами агроценозів елементів живлення для створення врожайності знаходить своє вираження в ефективній родючості ґрунтів.

До основних показників родючості ґрунтів можна віднести наступні:

- агрохімічні;
- агрофізичні;
- екологічні.

Агрохімічні показники родючості ґрунтів – це вміст гумусу, реакція ґрунтового розчину (рН водної та сольової суспензії), валовий вміст рухомих форми макро- і мікроелементів, необхідних для живлення рослин.

Агрофізичні показники родючості ґрунтів – гранулометричний склад, структурний стан, щільність, загальна порізність, водні, повітряні, теплові властивості і режими ґрунту.

Біологічні показники родючості ґрунтів – загальне число мікроорганізмів, їх видовий і груповий склад, що визначає ферментативну нитрофіцируючу, денитрофіцируючу, азотфіксуючу активності орного шару ґрунту, інтенсивність розкладання целюлози в ґрунті, інтенсивність виділення ґрунтом CO₂.

Екологічні показники родючості ґрунтів – вміст у ґрунті патогенної мікрофлори, речовин та елементів забруднення (важкі метали, залишкові кількості пестицидів і т.д.).

Оптимальний рівень родючості різних типів ґрунтів визначається поєднанням основних властивостей і показників ґрунту, при яких можуть бути найбільш повно використані всі життєво важливі для агроценозів рослин фактори і в максимальній мірі реалізовані всі можливості для формування найбільш високого рівня врожайності сільськогосподарських культур.

Практично на всіх типах ґрунту відзначається стійка тенденція до зниження вмісту гумусу в ґрунтах. Це пов'язується з недостатнім застосуванням органічних добрив, порушенням технології внесення мінеральних добрив, наявністю ерозійних процесів, недосконалістю системи обробітку ґрунту, рядом інших причин. Зниження вмісту гумусу веде до зниження рівня родючості ґрунтів.

Серед факторів, що сприяють деградації родючості, найбільш істотні: ерозія; дегуміфікація; підкислення, залуження і засолення; забруднення і біохімічне «стомлення» ґрунтів.

До зниження родючості ґрунтів призводить їх ерозія.

Порівняльні картографування ґрунтів у світі свідчать, що в інтервалі 20-30 років обстеження площа еродованих ґрунтів і яружно-балкових комплексів може зростати в 1,5-2,0 рази.

Застосування, як елементів програмування, протиерозійних основних агротехнічних прийомів в лісостеповій і степовій зонах спільно з захисними лісосмугами дозволяє регулювати ерозію, значно зменшити ступінь ерозійних процесів орного шару ґрунту.

Однак в даний час з-за високої вартості протиерозійні заходи не в повній мірі бути реалізуються в виробничих умовах.

До того ж у виробництві не дотримуються і не впроваджуються ґрунтозахисні сівозміни (зернотрав'яні і трав'янозернові).

Необхідно при агрохімічному програмуванні урахувати процеси агрофізичної та агротехнічної деградації ґрунтів, які призводять до зміни показників родючості.

Агрофізична деградація спостерігається, коли внаслідок втрати ґрунтом структури відбувається погіршення його водно-повітряного режиму.

Агротехнічна деградація – погіршення фізико-механічних властивостей орного шару внаслідок нераціонального та невиправданого застосування агротехнічних прийомів в технологіях вирощування.

Важним фактором, який необхідно урахувати в агрохімічному програмуванні – це біологічне збіднення ґрунтів. Біологічне збіднення ґрунтів – втрата ґрунтом корисної мікробіоти або пригнічення її у ґрунті.

Факторами, що впливають на показники родючості безпосередньо на формування врожайності, є підкислення, залуження ґрунтів. Періодичне промивання верхньої частини профілю, різко негативний баланс кальцію у ґрунті призводить до підкислення орного шару, зниження родючості ґрунту.

Забруднення і біохімічне «стомлення», які спостерігаються у землеробстві, обумовлюється накопиченням хімічних елементів у ґрунті в результаті ведення сільськогосподарської діяльності. Відрізняють слабе, помірне та підвищене забруднення ґрунтів хімічними елементами. Слабе

забруднення може створюватися п'ятьма елементами: свинцем, ртуттю, міддю, цинком, кобальтом. Помірне (середнє) забруднення створюється свинцем і ртуттю. Підвищене забруднення створює свинець.

Одним з основних показників потенційної родючості ґрунту є вміст в ній органічної речовини. Органічна речовина – важливе джерело елементів живлення для рослин. Органічна речовина містить майже весь запас азоту, значну частину фосфору і сірки, а також частини калію, кальцію, магнію та інших поживних речовин. Органічна речовина відіграє істотну роль у створенні агрономічно водостійкої структури, обумовлює фізичні властивості ґрунту, зумовлює його поглинальну здатність, безпосередньо впливає на водний, повітряний і тепловий режими.

Одним з елементів, який застосовують при прогнозуванні та програмуванні врожайності є бальна оцінка бонітету ґрунту.

Бал бонітету ґрунту показує відношення його родючості (у відсотках) для даної культури до родючості прийнятого за еталон ґрунту, який прийнято оцінювати в 100,0 %.

Всі принципи і методи, які використовують при регіональному бонітуванні ґрунтів, можна звести в два основних напрямки:

- перший напрямок – методи бонітування на основі кількісного обліку показників властивостей ґрунту, що корелюють з урожайністю;
- другий напрямок – методи, які застосовують для складання бонітуровочної шкали на основі даних врожайності з прив'язкою їх до груп ґрунтів або ґрунтовим різновидами.

Кожен напрямок, в свою чергу, представлено групами методів, подібних за будь-якою ознакою.

Методи першого напрямку спрямовані на встановлення білів такі методи, бонітету ґрунтів, на розрахування величин показників властивостей ґрунту, які як величини, пропорційні між собою як кількісні значення властивостей ґрунтів, та підвласні кореляції з показниками продуктивності рослин сортів і гібридів.

Методи другого напрямку так само, як і першого, спрямовані на врахування кількісних показників властивостей ґрунтів. Але отримання кількісних показників властивостей ґрунтів відбувається в результаті розрахунків балів бонітету, які коригуються за допомогою додаткової шкали з показниками продуктивності рослин.

Оцінку виконують в два етапи:

- на першому етапі отримують шкали балів бонітету, що складені за властивостями ґрунтів;
- на другому етапі бали бонітету піддають коригуванню шляхом розрахунку середньої арифметичної величини між значеннями балів бонітету і за порівнянню врожайності сортів і гібридів.

Отримані шкали бонітетів зазвичай перевіряють шляхом зіставлення їх з наявними даними по врожайності для цих ґрунтів (рис. 5).

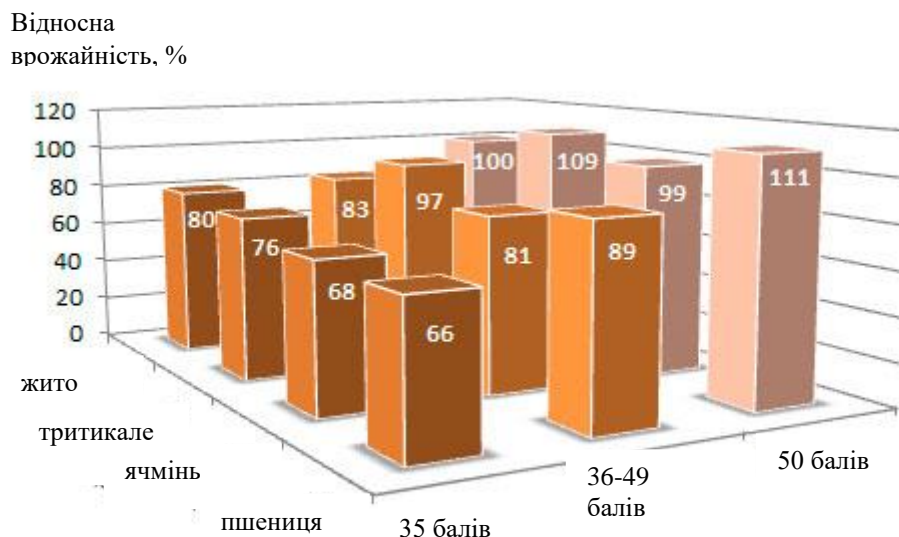


Рисунок 5. Врожайність сільськогосподарських культур та бали бонітету ґрунту

Обов'язковим фактором програмування врожайності на основі родючості ґрунтів та їх властивостей є вміст гумусу в ґрунті.

Гумус утворюється в результаті складних біологічних процесів розпаду і синтезу органічних речовин і взаємодії їх з рідкою, твердою і газоподібною

фазами ґрунту. Гумус є енергетичним матеріалом для життєдіяльності мікроорганізмів і грибів, які сприяють утворенню доступних для рослин речовин. При взаємодії з мінеральною частиною ґрунту органічна речовина утворює складні колоїди, які являються основою структури ґрунту. Чим вищий вміст гумусу в ґрунті, тим краще ґрунт утримує поживні елементи, істотно знижуючи їх втрати, краще поглинає і утримує елементи-забруднювачі (важкі метали, радіонукліди, залишкові кількості пестицидів), знижуючи їх надходження в рослини.

В умовах інтенсивного ведення сільськогосподарського виробництва трансформація гумусових речовин в значній мірі залежить від вибраних та проведених агротехнічних прийомів в технологіях вирощування сортів і гібридів сільськогосподарських культур. Відзначено явище «стікання» гумусу в більші нижні горизонти ґрунту.

Процес «стікання» гумусу носить двоїстий характер:

- позитивний – активізація ґрунтоутворюючих процесів в глибоких горизонтах ґрунту;
- негативний – разом з рухомими фракціями гумусу за межі кореневого шару виходять поживні речовини і, в першу чергу, – азот.

Останнім часом з'явилася необхідність додаткового внесення в ґрунт таких елементів, як кальцій, магній, сірка, марганець та інших, що пов'язано із зростаючим їх відчуженням врожайми вирощуваних культур.

Це призвело не тільки до дефіциту цих елементів в ґрунтах, а й до порушення їх співвідношення, динамічної рівноваги, що призводить до блокування надходження в рослини одних елементів іншими.

Гострота проблеми ролі азоту в родючості ґрунтів і живленні рослин також пов'язана з тим, що основна частина грантового азоту (70,0-90,0 %) входить до складу гумусу, а доступні рослинам солі азотної кислоти і амонію добре розчинні і легко вимиваються або випаровуються, переходячи в газоподібні форми.

В даний час велику тривогу викликає значне зниження запасів гумусу в ґрунті внаслідок посилення мінералізації органічної речовини в умовах інтенсивного використання ріллі.

У різних ґрунтово-кліматичних умовах дози внесення гною, які необхідні для компенсації втрат ґрунтом гумусу, не однакові.

Втрати гумусу з ґрунту прораховують, виходячи з величини виносу азоту з врожаєм небобових культур в середньому по сівозміні за мінусом використаного азоту з добрив і новоутвореного гумусу:

$$G_l = \frac{N_y \times K_{ns}}{50 - G_y},$$

де G_l – втрати гумусу, т/га;

N_y – винос азоту врожаєм, який сформував агроценоз, кг/га;

K_{ns} – коефіцієнт використання азоту ґрунту (0,85-0,88);

50 – коефіцієнт переведення азоту в гумус;

G_y – кількість гумусу, який знову утворився за рахунок пожнивно-кореневих залишків, т/га.

Динаміка гумусу в різних ґрунтах має єдиний хід, але зменшення гумусу в ґрунтах відбувається з неоднаковою інтенсивністю, що обумовлено гідротермічними умовами, системами землеробства, а також і іншими факторами.

Тому актуальним напрямом агрохімічного програмування є програмування азотного режиму орного шару ґрунту. Зміст загального азоту в ґрунтах може знаходитися в межах 0,10-0,30 %. Живлення рослин зумовлює рівень вмісту в ґрунті доступних форм азоту. Відомо, що азот ґрунту представлений органічними сполуками, які входять до складу гумусу, рослинних і тваринних решток, мікроорганізмів. Азотовмісні з'єднання стають доступними рослинам лише після процесів мінералізації. Форми мінерального азоту, які використовуються рослинами в значних кількостях, переважно

представлені в ґрунті $N-NO_3$ і $N-NH_4$. У процес круговороту азоту залучений майже метровий шар ґрунту. При паруванні відбувається накопичення нітратів по всьому профілю. Особливо максимальне накопичення нітратів відбувається в орних і підорних шарах. До початку весняної вегетації підвищення запасів нітратного азоту відзначається більшою мірою на глибині 40,0-60,0 см, 60,0-80,0 см. По мірі досягання рослин відбувається різке погіршення азотного режиму метрового шару ґрунту, що обумовлено як виносом азоту рослинами культури, так і промивним режимом ґрунту, залежно від його вологозабезпечення.

Зі всіх сполук мінерального азоту найбільш динамічно спостерігається вміст в ґрунті нітратного азоту ($N-NO_3$). На чорноземах і каштанових ґрунтах максимум вмісту нітратів під озимими культурами припадає на квітень, під просапними – на травень-червень. Надалі зміст $N-NO_3$ в зв'язку зі зростаючим споживанням його рослинами і надалі з загасанням фізіологічних процесів в рослинах, знижується. До збирання врожаю зміст $N-NO_3$ у ґрунті досягає мінімуму.

Зміст NO_3 істотно залежить від попередників в сівозміні. Вплив попередників на рівень накопичення нітратів проявляється через поживно-кореневі залишки, які залишаються в полі, характер споживання азоту рослинами попередника, тривалість періоду від збирання попередника до посіву в сівозміні наступної культури, ступінь зволоження і температурний режим ґрунту в цей період.

За рівнями накопичення нітратів попередники розташовуються в наступному порядку: зайнятої пар – горох та інші бобові – колосові – кукурудза на силос – кукурудза на зерно – соняшник.

Науково обґрунтоване застосування органічних і мінеральних добрив сприяє поліпшенню азотного режиму і, як наслідок, кращому росту і розвитку сільськогосподарських культур, більшому накопиченню сухої речовини, а в кінцевому підсумку формування високого рівня врожайності.

Доступний рослинам амоній в основному представлений обмінною формою. В ґрунті обмінні форми амонію містяться переважно в верхніх шарах і менш динамічні за інтенсивністю переміщення по шарах ґрунту протягом вегетації сільськогосподарських культур. На відміну від нітратів, амоній менш піддається вимиванню в підорні горизонти. Частка амонійного азоту в орному шарі зазвичай більш суттєва в порівнянні з N-NO₃. Під впливом внесення добрив підвищується вміст N-NH₄ в ґрунті. Протягом вегетації зниження вмісту N-NH₄, відбувається поступово – не так різко, як N-NO₃.

Потенційна продуктивність агроценозів може бути досягнута лише при оптимальному забезпеченні рослин кожним елементом живлення.

Оскільки ґрунти центрів походження різних видів істотно різняться за хімічним складом, то сформовані генотипи також пред'являють неоднакові вимоги до забезпеченості ґрунту доступними формами NPK.

Найчастіше, ріст, розвиток рослин, формування врожайності та її якість обмежуються недостатньою кількістю макроелементів, азоту, фосфору, калію.

Для різних видів і груп культур вимоги щодо забезпечення ґрунтів макроелементами неоднакові.

Наприклад, жито, овес, картопля здатні реалізувати свою потенціальну продуктивність при середній забезпеченості ґрунту фосфором і калієм, тоді як пшениця, ячмінь, кукурудза, горох, конюшина (культури кислих ґрунтів) лише тільки при високій забезпеченості.

При розробці системи добрив у програмуванні врожайності використовують показники виносу елементів живлення з урожаєм.

Свою специфічну особливість живлення мають зернобобові культури з урахування симбіозу азоту, який відбувається в агроценозах культур цього виду.

Основною особливістю живлення зернобобових культур є фіксація азоту повітря завдяки симбіозу коренів бобових культур з бульбочковими бактеріям.

При цьому 75,0 % азоту, фіксованого з повітря, використовується рослинами, а 25,0 % залишається в бульбочках. Тому в ґрунті залишається різна

кількість азоту у різних бобових культур. Але підвищений вміст в ґрунті мінерального азоту значно зменшує азотфіксацію і тому внесення мінеральних добрив під бобові культури рекомендується тільки на ґрунтах з низьким вмістом азоту.

Формування рівновеликої врожайності зернобобових культур потребує в 2-3 рази більше азоту і в 1,5 рази більше фосфору, ніж зернові культури. Зернобобові культури відрізняються більш тривалим періодом інтенсивного поглинання елементів живлення в порівнянні з яровими зерновими.

Важливою особливістю зернобобових культур є здатність поглинати труднодоступні форми фосфору. Великий вплив на фосфорний обмін надає калій. При достатній забезпеченості ґрунту калієм збільшується використання навіть малих доз фосфору.

Зернобобові багато споживають кальцію.

Зернобобові культури досить рівномірно споживають поживні речовини ґрунту і добрив. Надходження азоту і калію в рослини закінчується в період цвітіння, а фосфор споживається до збирання.

Дуже часто рекомендованим прийомом в технології вирощування зернобобових культур є внесення стартових доз азоту – 20-45 кг/га, тому що фіксація азоту починається ні з першого дня росту рослин, а приблизно через 3-4 тижні початку появи сходів.

В якості ефективного фосфорного добрива може бути використано фосфоритне борошно.

Для посилення азотфіксації насіння бобових культур в технологіях вирощування застосовують бактеріальне добриво ризоторфін (для кожної зернобобової культури існує свій штам). Ризоторфін застосовують з розрахунку 0,3-0,6 кг на гектарну норму насіння.

При програмуванні врожайності зернобобових культур приймають до уваги той факт, що дуже ефективним мінеральним добривом є молібденізований суперфосфат.

Після ознайомлення з теоретичними основами агрохімічного програмування розглянемо приклади розрахунків програмованого рівня врожайності на основі агрохімічних показників ґрунту.

При відомому бонітеті ґрунту або фактичному вмісті в ньому елементів живлення і внесеній кількості добрив у програмуванні врожайності сільськогосподарських культур необхідно визначити можливий рівень врожайності, який може бути отриманий за рахунок даного рівня живлення. Розрахунок починають за такою формулою:

$$Y_{pr} = (D_{NPK} \times P_{mf}) + (B \times Y_b + D_{of} \times P_{of}),$$

де Y_{pr} – програмована врожайність, ц/га;

D_{NPK} – доза внесення мінеральних добрив, ц/га;

P_{mf} – окупність 1 ц д.р. мінеральних добрив приростом врожаю (додаток 10);

B – бал бонітету ґрунту (додаток 11);

Y_b – врожайна ціна одного балу (додаток 12);

D_{of} – норма внесення органічних добрив, т/га;

P_{of} – окупність 1 т органічних добрив приростом врожайності (додаток 10).

В умовах північно-східного та східного Степу України при програмуванні врожайності сільськогосподарських культур, що вирощуються на різних типах чорноземів можливо використовувати бонітетну шкалу та врожайну ціну 1 балу ціну за рекомендаціями В. В. Гріценко та В. Е. Долгодворова (1987 р.) (додаток 13).

Знаючи фактичну врожайність в господарстві та розрахункову програмовану врожайність за даними внесення добрив та балу бонітету ґрунтів можливо визначити ефективність використання агроценозами сортів і гібридів ресурсів живлення:

$$EU_{pr} = \frac{Y_f}{Y_{pr}} \times 100,$$

де EU_{pr} – ефективність використання ресурсів живлення, %;

Y_f – фактична врожайність, ц/га;

Y_{pr} – програмована врожайність за рахунок даного рівня живлення, ц/га.

За необхідності можна при програмуванні визначати фактичну врожайну ціну 1 балу бонітету ґрунту у порівнянні цієї величини з нормативною:

$$Y_{bf} = \frac{Y_f}{B},$$

де Y_{bf} – фактична врожайна ціна одного балу;

Y_f – фактична врожайність, ц/га;

B – бал бонітету ґрунту (додаток 11).

Визначення фактичного коефіцієнту окупності добрив у порівнянні з нормативним коефіцієнтом виконується за формулами:

$$P_{mf} = \frac{Y_{mf}}{D_{NPK}} \text{ (при застосуванні мінеральних добрив),}$$

де P_{mf} – фактичний коефіцієнт окупності добрив;

Y_{mf} – фактична врожайність за рахунок внесених добрив, ц/га;

D_{NPK} – доза внесення мінеральних добрив, ц/га.

$$P_{of} = \frac{Y_{of}}{D_{of}} \text{ (при застосуванні органічних добрив),}$$

де P_{of} – фактична окупність 1 т органічних добрив приростом врожайності;

Y_{of} – фактична врожайність за рахунок внесених добрив, ц/га;

D_{of} – норма внесення органічних добрив, т/га;

Кінцевим етапом встановлення ефективності застосованого методу програмування врожайності є розрахунок фактичного коефіцієнту використання елементів живлення на основі вище наведених формул та розрахунків:

$$K_{mf} = \frac{Y_{mf} \times R_{mn}}{D_{NPK}} \times 100,$$

де K_{mf} – фактичний коефіцієнт використання елементів живлення при внесенні мінеральних добрив;

Y_{mf} – фактична врожайність за рахунок внесених мінеральних добрив, ц/га;

R_{mn} – винос елемента живлення на формування 1 ц врожайності (додаток 14);

D_{NPK} – доза внесення мінеральних добрив, ц/га.

$$K_{of} = \frac{Y_{of} \times R_{mn}}{D_{of}} \times 100,$$

де K_{of} – фактичний коефіцієнт використання елементів живлення при внесенні мінеральних добрив;

Y_{of} – фактична врожайність за рахунок внесених мінеральних добрив, ц/га;

R_{mn} – винос елемента живлення на формування 1 ц врожайності (додаток 14);

D_{of} – норма внесення органічних добрив, т/га;

За рахунок природної родючості ґрунту формується від 40,0 до 64,0 % врожайності. З урахуванням цього фактору технологічний комплекс, що застосовується у господарстві, повинен бути спрямовано не лише на ліквідацію лімітуючих чинників формування врожайності, але, в першу чергу, на розширене відтворення ґрунтової родючості. Визначення ДМВ за якісною

оцінкою земель як показує наведений приклад програмування тісно зв'язано з природньою (бонітет по властивостях ґрунту) і ефективною (бонітет за врожайність агроценозів сортів і гібридів) родючістю ґрунтів.

Всі розрахунки для отримання програмованої врожайності агроценозів сортів і гібридів виконують окремо по кожному полю сівозміни, урахувуючи реальні агрокліматичні характеристики та фактичну родючість поля. За аналізом фактичної родючості ґрунту поля, наявності органічних і мінеральних добрив у господарстві складається технологічний проект по кожній культурі, з урахуванням її розміщення окремо по кожному полі сівозміни.

Врожайна ціна одного балу ріллі залежить від рівня родючості ґрунту, його агрохімічних і агрофізичних властивостей. Врожайну ціну визначають для конкретних умов шляхом статистичного аналізу даних врожайності окремо по кожній культурі.

Ціна балу ріллі може змінюватися від рівня агротехніки: чим вище її рівень, тим вище ціна балу ґрунту.

Програмування та обґрунтування дійсно можливого рівня врожайності сільськогосподарської культури окремо по кожному полю сівозмін найбільш доступно при застосуванні у розрахунках показників, як наведено у нашому прикладі, бонітету родючості ґрунту, що виражається в балах.

Як вже зазначалося, кліматично забезпечена врожайність розраховується для ідеальних ґрунтових умов, тобто для бонітету ґрунту V_s дорівнює 100 балів. Для добре окультурених ґрунтів бонітет ґрунту (V_s) знаходиться в межах 60,0-80,0 балів. При програмуванні врожайності за показниками бонітету ґрунтів дійсно можлива врожайність (ДМВ) розраховується за формулою:

$$\text{ДМВ}_{\text{оп}} = \frac{\text{КЗВ}_{\text{оп}}}{100} \times V_s,$$

де $\text{ДМВ}_{\text{оп}}$ – дійсно можлива врожайність основної продукції при стандартній вологості, ц/га;

$KЗВ_{оп}$ – кліматично забезпечена врожайність основної продукції при стандартній вологості, ц/га;

V_s – бонітет ґрунту, бали.

В цьому випадку $ДМВ_{оп}$ буде досить наближена до рівню програмованої врожайності. Однак, слід врахувати, що в умовах застосування мінеральних і органічних добрив може бути запрограмована і більш високий рівень врожайності з урахуванням очікуваного приросту – до 20,0-40,0 %, залежно від доз, способів і строків внесення добрив. З урахуванням величини дійсно можливої врожайності основної продукції, програмована врожайність розраховується за наступною формулою:

$$ПВ_{оп} = (ДМВ_{оп} \times K_{yf}) + ДМВ_{оп},$$

де $ПВ_{оп}$ – програмована врожайність основної продукції агроценозу сорту, гібриду при стандартній вологості, ц/га;

$ДМВ_{оп}$ – дійсно можлива врожайність основної продукції при стандартній вологості, ц/га;

K_{yf} – коефіцієнт збільшення врожайності від внесення добрив (0,2-0,4).

Для закріплення наданого матеріалу програмування врожайності розглянемо приклад розрахунку рівнів дійсно можливої врожайності кукурудзи, яка вирощується в гострозасушливих умовах степу України.

Вихідні дані для прикладу розрахунків:

- фактичний бонітет ґрунту $V_s = 70$ балів;
- приріст врожайності від внесення добрив $K_{yf} = 0,25$;
- програмована кліматично забезпечена врожайність зерна кукурудзи

при стандартній вологості $KЗВ_{оп} = 23,8$ ц/га (дані сторінки 49).

На основі вихідних даних виконуємо розрахунок по програмуванню дійсно можливої врожайності ДМВ з використанням показника $KЗВ_{оп} = 23,8$ ц/га:

$$ДМВ_{оп} = \frac{KЗВ_{оп}}{100} \times V_s = \frac{23,8}{100} \times 70 = 16,7 \text{ ц/га}$$

Остаточний результат очікуваного рівня програмованої врожайності з урахуванням отримання приросту врожайності кукурудзи від внесення добрив розраховуємо за формулою:

$$ПВ_{оп} = (ДМВ_{оп} \times K_{yf}) + ДМВ_{оп} = (16,7 \times 0,25) + 16,7 = 20,9 \text{ ц/га.}$$

Врожайність, що розраховується за кліматичними показниками, повинна корелювати для кожного поля сівозміни відповідно до його встановленого бонітету.

Важливо мати на увазі, що програмовані рівні врожайності сільськогосподарських культур повинні розраховуватися до відповідності середньобагаторічних умов вирощування. За несприятливої погоди періоду вегетації отримані рівні врожайності в умовах виробництва будуть нижче, ніж запрограмовані, а при благосприятливих умовах будуть відповідати запрограмованим рівням врожайності або вище.

Програмувати високі рівні врожайності можливо лише для полів сівозмін з високим рівнем родючості ґрунтів, при бонітету 60-80 балів, забезпеченості агроценозів достатніми агрокліматичними ресурсами зовнішнього середовища, високій культурі землеробства з дотриманням всіх вимог до виконання агротехнічних заходів технологій вирощування.

Одним з важливих і дієвих чинників, які визначають величину врожайності агроценозів сортів і гібридів, є забезпечення рослин необхідними поживними речовинами. Запрограмовані рівні врожайності досягаються за рахунок науково-обґрунтованого застосування органічних і мінеральних добрив. Дози внесення добрив повинні задовольняти потреби рослин в

елементах живлення, забезпечувати збереження і підвищення родючості ґрунтів, не призводити до забруднення ґрунтових вод і водоймів.

У рішенні задач, які пов'язані з отриманням заданого програмованого рівня врожайності на основі обґрунтування та застосування методів розрахунків оптимальних доз внесення добрив, необхідно дотримуватися таких вимог:

- задовольнити потреби рослин в поживних речовинах для отримання запрограмованого рівня врожайності;
- забезпечити збереження та подальше підвищення ефективної родючості ґрунту;
- виключити забруднення добривами водоймів, ґрунтових вод, забезпечити охорону довкілля.

Розрахункова (балансова) група методів визначення доз добрив на плановану (програмовану) врожайність включає, в свою чергу, кілька модифікацій.

З них найбільш широко застосовувані такі модифікації:

- 1) метод елементарного балансу;
- 2) метод на планований приріст врожайності;
- 3) метод нормативного балансу.

У витратній частині балансу при використанні розрахунково балансової групи методів (модифікації 1 та 2) враховують при програмуванні винос поживних речовин з планованою (програмованою) врожайністю, заснований на тому, що з кожною одиницею продукції (зерно, суха речовина) виноситься певна кількість одиниць поживних речовин (N , P_2O_5 , K_2O).

У прибуткової частини балансу враховують зміст доступних поживних речовин в ґрунті, дозу внесених добрив і поправки на відсотки використання добрив користування (коефіцієнти виносу поживних речовин з ґрунту і добрив), які залежать від рівня вологозабезпечення ґрунту на протязі вегетаційного періоду і технології вирощування культури.

В основу методів розрахунку внесення добрив при програмуванні врожайності покладені дані по виносу поживних речовин і коефіцієнти використання їх з ґрунту і з добрив. М. К. Каюмов (1989) вніс доповнення до цієї класифікації методів і умовно поділив методи розрахунку на 4 групи за такими ознаками:

➤ перша група: спрямована на внесення добрив під запланований врожай на основі виносу поживних речовин з урахуванням ефективної родючості ґрунтів і використання елементів живлення з внесених туків (група методів знайшла найбільш широке поширення);

➤ друга група: спрямована на отримання запланованого приросту врожайності, коли агроному відомі величини врожайності без внесення добрив. Тобто потенційно можлива врожайність за рахунок ефективної родючості ґрунту;

➤ третя група: програмування виконується за показниками методів першої та другої груп, але з урахуванням подальшого підвищення родючості ґрунту;

➤ четверта група: програмування врожайності виконується за бальною шкалою оцінок ґрунтів – ціна одного балу в продукції певної культури і можливого приросту врожайності від застосування добрив.

Найбільш докладно розглянемо метод елементарного балансу. Метод елементарного балансу підрозділяється на інтенсивний, екстенсивний і бездефіцитний.

Інтенсивний (позитивний) – надходження поживних речовин в ґрунт перевищує їх винос з урожаєм і втрат з ґрунту і добрив.

Екстенсивний (негативний або дефіцитний) – винос з урожаєм і втрати поживних речовин перевищують їх надходження в ґрунт.

Бездефіцитний (нульовий) – кількість приходу і витрат елементів живлення рівновелика.

Знаючи винос поживних речовин з кожною одиницею врожаю, стає можливим розрахувати загальний винос азоту, фосфору, калію запланованою

врожайністю, оскільки з кожною одиницею продукції (зерна, сіна, силосу, коренеплодів і т. д.) виноситься певна кількість азоту, фосфору, калію. Ці величини досить постійні і ними слід користуватися при розрахунку доз добрив під запланований рівень врожайності тієї чи іншої культури.

Зразкові коефіцієнти виносу поживних речовин з ґрунту і з добрив основними групами культур в залежності від рівня вологозабезпечення наведені в додатку 14.

Кількість доступних поживних речовин береться з картограм господарства або (при відсутності їх) середні дані по їх утриманню на різних типах ґрунтів ряду зон області.

При користуванні цими довідковими матеріалами слід враховувати, що при кращій вологозабезпеченості посівів коефіцієнт використання поживних речовин підвищується, тому слід брати більш високі значення цього показника, при недостатній вологозабезпеченості – низькі показники.

Накопичення і збереження родючості ґрунту пов'язано з необхідністю обов'язкового застосування органічних добрив, зокрема гною. При внесенні органічних добрив слід враховувати, яка кількість поживних речовин рослини зможуть отримати з ґрунту, з внесеного гною, а відсутню кількість для отримання програмованого рівня врожайності слід вносити з мінеральними добривами.

Існує більше 40 методів розрахунку норм поживних речовин під культури на запрограмовану врожайність сільськогосподарських культур.

Найбільш поширений розрахунок доз добрив з виносу поживних речовин під запланований урожай з урахуванням коефіцієнтів використання поживних елементів з ґрунту і добрив.

Розглянемо метод розрахунку доз добрив на заплановану врожайність з урахуванням коефіцієнтів використання рослинами сортів, гібридів елементів живлення з ґрунту і добрив.

При розрахунках внесення добрив на програмовану (заплановану) врожайність слід розрізняти норму і дозу добрива.

Норма добрива – кількість добрива в кілограмах діючої речовини на гектар, внесеного під культуру за весь період вегетації.

Доза добрива – це кількість добрива в кілограмах діючої речовини на гектар, що застосовується в один прийом.

Норми поживних речовин (NPK) при внесенні мінеральних добрив на дозу добрив за діючою речовиною цим методом розраховують в наступному порядку.

Перший етап. Визначають винос поживних речовин по кожному елементу живлення запланованим врожаєм сорту або гібрида:

$$R = V_{\text{пр}} \times N,$$

де R – винос поживних речовин запланованим врожаєм, кг/га;

$V_{\text{пр}}$ – запрограмована врожайність, ц/га;

N – норматив виносу поживних речовин, кг/ц (для розрахунків використовують довідкові дані по виносу елементів живлення з одиницею продукції, що наведені в додатку 14).

Другий етап. Розраховують запас доступних форм азоту, фосфору і калію в орному шарі ґрунту. Використовуючи результати агрохімічних ґрунтових аналізів, розраховують запас елементів живлення в ґрунті:

$$S_{\text{ns}} = C \times 30,$$

де S_{ns} – запас поживних речовин в орному шарі ґрунту, кг/га;

C – вміст елемента живлення в ґрунті, мг/100 г ґрунту;

30 – коефіцієнт переведення вмісту елемента живлення в ґрунті мг в кг (якщо вміст поживних речовин (C) виражено в міліграмах на 100 г ґрунту, для розрахунку запасу елементів живлення в кілограмах на гектар коефіцієнт перерахунку становить 30. Маса орного горизонту ґрунту на 1,0 га складає

3000 т, значить 1,0 мг елемента мінерального живлення в 100,0 г ґрунту відповідають 30,0 кг його вмісту в орному шарі на 1,0 га).

Третій етап. Приймаючи до уваги коефіцієнт використання рослинами агроценозів поживних речовин з ґрунту визначають кількість елементів, яку рослини зможуть отримувати з ґрунту під час вегетаційного періоду. Для цього запас поживних речовин множать на коефіцієнт їх використання з ґрунту:

$$U_{us} = S_{ns} \times K_s,$$

де U_{us} – кількість елементів, яку рослини зможуть отримувати з ґрунту під час вегетаційного періоду, кг/га;

S_{ns} – запас поживних речовин в орному шарі ґрунту, кг/га;

K_s – коефіцієнт використання рослинами агроценозів поживних речовин з ґрунту (використовують дані додатку 15).

Четвертий етап. За різницею між виносом елементів живлення з запланованим урожаєм агроценозу і його кількістю, що рослини використовують ґрунту, розраховують норму внесення мінерального добрива:

$$NF = \frac{R - U_{us}}{K_f},$$

де U_{us} – норма внесення мінерального добрива під запрограмовану врожайність сорту або гібрида, кг д. р./га.

R – винос поживних речовин запланованим урожаєм, кг/га;

U_{us} – кількість елементів, яку рослини зможуть отримувати з ґрунту під час вегетаційного періоду, кг/га;

K_f – коефіцієнт використання рослинами агроценозів поживних речовин з мінерального добрива (використовують дані додатку 16).

Формула розрахунку норми внесення мінеральних добрив на програмовану врожайність має загальний вигляд:

$$NF = \frac{(V_{\text{пр}} \times N) - (C \times 30 \times K_s)}{K_f},$$

де $V_{\text{пр}}$ – запрограмована врожайність, ц/га;

N – норматив виносу поживних речовин, кг/ц;

C – вміст елемента живлення в ґрунті, мг/100 г ґрунту;

30 – коефіцієнт переведення вмісту елемента живлення в ґрунті мг в кг;

K_s – коефіцієнт використання рослинами агроценозів поживних речовин з ґрунту;

K_f – коефіцієнт використання рослинами агроценозів поживних речовин з мінерального добрива протягом року.

Для розрахунку доз добрив застосовують коефіцієнти використання елементів живлення, які відповідають процентам використання поживних речовин мінеральних добрив. Наприклад, 60,0 % використання поживних речовин рослинами відповідають коефіцієнту використання поживних речовин 0,60; 55,0 % відповідають 0,55; 20,0 % дорівнюється 0,20.

Розрахункову норму добрив під культуру вносять в один або кілька прийомів за різними способами заробки добрив у ґрунт. Розрізняють способи внесення добрив: основне, допосівне, припосівне (рядкове), післяпосівне (підкормка).

Приклад розрахунків норм внесення мінеральних добрив на програмовану врожайність озимої пшениці на рівні 55 ц/га.

Вихідні дані.

Програмована врожайність – 55 ц/га.

Вміст доступних елементів в ґрунті складає:

азоту N – 12,4 мг/100 г ґрунту;
 фосфору P₂O₅ – 8,7 мг/100 г ґрунту;
 калію K₂O – 12,7 мг/100 г ґрунту.

Рішення прикладу.

Перший етап. Визначають винос поживних речовин по кожному елементу живлення запланованим врожаєм озимої пшениці.

Винос азоту N становить $R_N = V_{\text{пр}} \times N = 55,0 \times 3,3 = 181,5$ кг/га.

Винос фосфору P₂O₅ становить $R_{P_{2O_5}} = V_{\text{пр}} \times N = 55,0 \times 1,1 = 60,5$ кг/га.

Винос калію K₂O становить $R_{K_{2O}} = V_{\text{пр}} \times N = 55,0 \times 2,1 = 115,5$ кг/га.

Другий етап. Розраховують запас доступних форм азоту, фосфору і калію в орному шарі ґрунту.

Запас доступних форм азоту N:

$$S_{\text{ns}}N = C \times 30 = 12,4 \times 30 = 372,0 \text{ кг/га.}$$

Запас доступних форм фосфору P₂O₅:

$$S_{\text{ns}}P_{2O_5} = C \times 30 = 8,7 \times 30 = 261,0 \text{ кг/га.}$$

Запас доступних форм калію K₂O:

$$S_{\text{ns}}K_{2O} = C \times 30 = 12,7 \times 30 = 381,0 \text{ кг/га.}$$

Третій етап. Визначають кількість елементів, яку рослини агроценозів зможуть отримувати з ґрунту під час вегетаційного періоду.

Кількість азоту N: $U_{\text{us}}N = S_{\text{ns}}N \times K_s = 372,0 \times 0,25 = 93,0$ кг/га.

Кількість фосфору P₂O₅: $U_{\text{us}}P_{2O_5} = S_{\text{ns}}P_{2O_5} \times K_s = 261,0 \times 0,08 = 20,9$ кг/га.

Кількість калію K₂O: $U_{\text{us}}K_{2O} = S_{\text{ns}}K_{2O} \times K_s = 381,0 \times 0,11 = 38,1$ кг/га.

Четвертий етап. Розраховують норму внесення мінерального добрива.

Норма азоту N:

$$NF N = (R_N - U_{\text{us}}N) : K_f = (181,5 - 93) : 0,70 = 126 \text{ кг д. р./га}$$

Норма фосфору P₂O₅:

$$NF P_2O_5 = (R_{P_2O_5} - U_{us}P_2O_5) : K_f = (60,5 - 20,9) : 0,30 = 132,0 \text{ кг д. р./га}$$

Норма калію K_2O :

$$NF K_2O = (R_{K_2O} - U_{us}K_2O) : K_f = (115,5 - 38,1) : 0,75 = 103,2 \text{ кг д. р./га}$$

Відповідь. Норма внесення мінеральних добрив під заплановану врожайність озимої пшениці на рівні 55,0 ц/га становить $N_{86}P_{132}K_{103}$.

Дані завдання оформляють в таблицю:

Таблиця

Схема розрахунку норм внесення поживних речовин в технології вирощування озимої пшениці на запрограмовану врожайність на рівні 55,0 ц/га

Показник	Елементи мінерального живлення		
	N	P_2O_5	K_2O
винос поживних речовин на запрограмовану врожайність, кг/ц	3,3	1,2	2,1
загальний винос поживних речовин врожаєм, кг/га (R)	181,5	60,5	115,5
запас доступних форм поживних речовин в ґрунті в орному шарі ґрунту, кг/га (S_{ns})	372,0	261,0	381,0
коефіцієнт використання рослинами агроценозів поживних речовин з ґрунту, K_s	0,25	0,08	0,11
кількість елементів, яку рослини агроценозів зможуть отримувати з ґрунту під час вегетаційного періоду, кг/га (U_{us})	93,0	20,9	38,1
коефіцієнт використання рослинами агроценозів поживних речовин з мінерального добрива протягом року, K_f	0,70	0,30	0,75
норма внесення мінеральних добрив, кг д. р. /га (NF)	126	132	103

Якщо мінеральні добрива в технології вирощування сільськогосподарської культури вносять разом з гноєм, то тоді норма внесення мінеральних добрив розраховується за наступною формулою:

$$NF = \frac{(V_{пр} \times N) - (C \times 30 \times K_s) - (O_f \times C_{of} \times K_{of})}{K_f},$$

де $V_{пр}$ – запрограмована врожайність, ц/га;

N – норматив виносу поживних речовин, кг/ц;

C – вміст елемента живлення в ґрунті, мг/100 г ґрунту;

30 – коефіцієнт переведення вмісту елемента живлення в ґрунті мг в кг;

K_s – коефіцієнт використання рослинами агроценозів поживних речовин з ґрунту;

K_f – коефіцієнт використання рослинами агроценозів поживних речовин з мінерального добрива протягом року.

O_f – доза органічного добрива, ц/га;

C_{of} – вміст елемента живлення в гною, %;

K_{of} – коефіцієнт використання поживних речовин з органічного добрива (в частках одиниці).

У формулу додають кількість поживних елементів органічних добрив, що містяться в ґрунті і можуть бути використані рослинами агроценозу під час вегетаційного періоду.

Кількість доступних елементів, яку рослини агроценозів протягом вегетаційного періоду агроценозів зможуть отримувати з ґрунту за рахунок внесення органічних добрив визначають таким чином:

$$U_{usof} = O_f \times C_{of} \times K_{of},$$

де U_{usof} – кількість поживних елементів елементів, яку рослини зможуть отримувати з гною під час вегетаційного періоду, кг/га;

O_f – доза органічного добрива, ц/га;

C_{of} – вміст елемента живлення в гною, %;

K_{of} – коефіцієнт використання поживних речовин з органічного добрива (в частках одиниці).

При внесенні гною значна частина елементів живлення з органічного добрива засвоюється рослинами. У 1,0 т підстилкового гною міститься 13,5 кг NPK, в тому числі: азоту – 5,0 кг, фосфору – 2,5 кг, калію – 6,0 кг.

Якщо на 1,0 га ріллі вносять 60,0 т гною, то в ґрунт надходить 300,0 кг азоту, 150,0 кг фосфору, 360,0 кг калію. Сума надходження NPK з гноєм, що використовується рослинами протягом декілька років, становить 810,0 кг/га.

При встановленні норми внесення добрив при програмуванні врожайності обов'язково враховувати коефіцієнт використання поживних речовин з гною по роках.

Гній містить необхідні мікроелементи, тому при програмуванні великої врожайності і технології вирощування необхідно передбачити внесення специфічних для сільськогосподарської культури мікроелементів або органічних добрив.

Приклад розрахунків норм внесення мінеральних добрив на програмовану врожайність озимої пшениці на рівні 55 ц/га при внесенні під попередник (кукурудза на силос) органічного добрива у нормі 30 т/га.

Вихідні дані.

Програмована врожайність – 55 ц/га.

Вміст доступних елементів в ґрунті складає:

азоту N – 12,4 мг/100 г ґрунту;

фосфору P₂O₅ – 8,7 мг/100 г ґрунту;

калію K₂O – 12,7 мг/100 г ґрунту.

Внесено під попередник 30,0 т/га гною.

Рішення прикладу.

Перший етап. Визначають винос поживних речовин по кожному елементу живлення запланованим врожаєм озимої пшениці.

Винос азоту N становить $R_N = V_{\text{пр}} \times N = 55,0 \times 3,3 = 181,5$ кг/га.

Винос фосфору P₂O₅ становить $R_{P_{2O_5}} = V_{\text{пр}} \times N = 55,0 \times 1,1 = 60,5$ кг/га.

Винос калію K₂O становить $R_{K_{2O}} = V_{\text{пр}} \times N = 55,0 \times 2,1 = 115,5$ кг/га.

Другий етап. Розраховують запас доступних форм азоту, фосфору і калію в орному шарі ґрунту.

Запас доступних форм азоту N:

$S_{\text{ns}}N = C \times 30 = 12,4 \times 30 = 372,0$ кг/га.

Запас доступних форм фосфору P₂O₅:

$$S_{ns}P_2O_5 = C \times 30 = 8,7 \times 30 = 261,0 \text{ кг/га.}$$

Запас доступних форм калію K_2O :

$$S_{ns}K_2O = C \times 30 = 12,7 \times 30 = 381,0 \text{ кг/га.}$$

Третій етап. Визначають кількість елементів, яку рослини агроценозів зможуть отримувати з ґрунту під час вегетаційного періоду.

$$\text{Кількість азоту N: } U_{us}N = S_{ns}N \times K_s = 372,0 \times 0,25 = 93,0 \text{ кг/га.}$$

$$\text{Кількість фосфору } P_2O_5: U_{us}P_2O_5 = S_{ns}P_2O_5 \times K_s = 261,0 \times 0,08 = 20,9 \text{ кг/га.}$$

$$\text{Кількість калію } K_2O: U_{us}K_2O = S_{ns}K_2O \times K_s = 381,0 \times 0,11 = 38,1 \text{ кг/га.}$$

Четвертий етап. Визначають кількість поживних елементів, які рослини можуть використовувати з гною, який було внесено під попередник.

Кількість азоту N:

$$U_{usof}N = O_f \times C_{of}N \times K_{of}N = 300 \times 0,5 \times 0,15 = 22,5 \text{ кг/га.}$$

Кількість фосфору P_2O_5 :

$$U_{usof}P_2O_5 = O_f \times C_{of}P_2O_5 \times K_{of}P_2O_5 = 300 \times 0,20 \times 0,20 = 12,0 \text{ кг/га.}$$

Кількість калію K_2O :

$$U_{usof}K_2O = O_f \times C_{of}K_2O \times K_{of}K_2O = 300 \times 0,60 \times 0,10 = 18,0 \text{ кг/га.}$$

П'ятий етап. Розраховують норму внесення мінерального добрива.

Норма азоту N:

$$NF N = (R_N - U_{us}N - U_{usof}N) : K_f = (181,5 - 93,0 - 22,5) : 0,70 = 94,0 \text{ кг д. р./га}$$

Норма фосфору P_2O_5 :

$$NF P_2O_5 = (R_{P_2O_5} - U_{us}P_2O_5 - U_{usof}P_2O_5) : K_f = (60,5 - 20,9 - 12,0) : 0,30 = 92,0 \text{ кг д. р./га.}$$

Норма калію K_2O :

$$NF K_2O = (R_{K_2O} - U_{us}K_2O - U_{usof}K_2O) : K_f = (115,5 - 38,1 - 18,0) : 0,75 = 79,0 \text{ кг д. р./га}$$

Відповідь. Норма внесення мінеральних добрив під заплановану врожайність пшениці озимої на рівні 55,0 ц/га становить $N_{86}P_{132}K_{103}$.

Дані завдання оформляють в таблицю:

Таблиця

Схема розрахунку норм внесення поживних речовин в технології вирощування пшениці озимої на запрограмовану врожайність на рівні 55,0 ц/га

Показник	Елементи мінерального живлення		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4
винос поживних речовин на запрограмовану врожайність, кг/ц	3,3	1,2	2,1
загальний винос поживних речовин врожаєм, кг/га (R)	181,5	60,5	115,5
запас доступних форм поживних речовин в ґрунті в орному шарі ґрунту, кг/га (S _{ns})	372,0	261,0	381,0
коефіцієнт використання рослинами агроценозів поживних речовин з ґрунту, K _s	0,25	0,08	0,11
кількість елементів, яку рослини агроценозів зможуть отримувати з ґрунту під час вегетаційного періоду, кг/га (U _{us})	93,0	20,9	38,1
коефіцієнт використання рослинами агроценозів поживних речовин з мінерального добрива протягом року, K _f	0,70	0,30	0,75
вміст поживних речовин у гної, % (C _{of})	0,5	0,2	0,6
коефіцієнт використання рослинами агроценозів поживних речовин з гною протягом року, K _{of}	0,15	0,20	0,10
кількість поживних елементів, які рослини можуть використовувати з гною, кг/га (U _{uso})	22,5	12,0	18,0
норма внесення мінеральних добрив, кг д. р. /га (NF)	94	92	79

Слід пам'ятати, що зміст і доступність елементів живлення, а також і його надходження, буде багато в чому залежати від виду органічного добрива і від того, в твердому або рідкому вигляді буде проведено внесення органічного добрива.

Для здійснення розрахунку внесення норм органічних і мінеральних добрив при програмуванні врожайності необхідно знати:

- скільки планується внести органічного добрива на 1,0 га, відповідно до біологічних особливостей сільськогосподарських культур і вибраної технології вирощування;
- скільки міститься доступних елементів живлення в конкретному виді органічного добрива;
- яка частина органічного добрива може бути використана агроценозом сорту або гібрида (коефіцієнт використання).

Для забезпечення більшої точності розрахунку доз мінеральних добрив, необхідно враховувати і надходження доступних елементів живлення за рахунок післядії органічних добрив, які були внесені під попередник в сівозміні, за рахунок розкладання в ґрунті органічних залишків попередника.

При програмуванні врожайності сільськогосподарських культур одним із способів визначення норм внесення мінеральних добрив є спосіб визначення норми мінеральних добрив на планований приріст врожайності сорту або гібрида.

Норму внесення мінеральних добрив на планований приріст в технології вирощування розраховують за наступною формулою:

$$NF = R : K_f$$

де NF – норма внесення мінерального добрива, кг д. р./га;

R – винос елемента живлення з планованим приростом врожайності, кг/га;

K_f – коефіцієнт використання елемента живлення з мінеральних добрив (додаток 16).

При розрахунках норми внесення мінеральних добрив на запланований приріст врожайності до уваги береться вміст елементів живлення в ґрунті. Але мається на увазі, що є дані про отримання врожаю за рахунок природної родючості ґрунту.

Приклад. Розрахувати дозу мінеральних добрив NPK на запланований приріст врожайності пшениці озимої 6,0 ц / га.

Вихідні дані.

Винос елементів мінерального живлення рослинами озимої пшениці на один центнер основної продукції з відповідною кількістю побічної за даними додатку 14, кг/ц:

N – 3,3;

P₂O₅ – 1,1;

$$K_2O - 2,1.$$

Коефіцієнти використання поживних речовин з мінеральних добрив за даними додатку 16:

$$N - 0,7;$$

$$P_2O_5 - 0,25;$$

$$K_2O - 0,75.$$

Рішення прикладу.

Перший етап. Визначають винос поживних речовин по кожному елементу живлення запланованим врожаєм озимої пшениці.

$$\text{Винос азоту } N \text{ становить } R_N = V_{\text{пр}} \times N = 6,0 \times 3,3 = 19,8 \text{ кг/га.}$$

$$\text{Винос фосфору } P_2O_5 \text{ становить } R_{P_2O_5} = V_{\text{пр}} \times N = 6,0 \times 1,1 = 6,6 \text{ кг/га.}$$

$$\text{Винос калію } K_2O \text{ становить } R_{K_2O} = V_{\text{пр}} \times N = 6,0 \times 2,1 = 12,6 \text{ кг/га.}$$

Другий етап. Розраховують норму внесення мінерального добрива.

Норма азоту N:

$$NF N = R_N : K_f = 19,8 : 0,70 = 28,0 \text{ кг д. р./га}$$

Норма фосфору P_2O_5 :

$$NF P_2O_5 = R_{P_2O_5} : K_f = 6,6 : 0,25 = 26,0 \text{ кг д. р./га.}$$

Норма калію K_2O :

$$NF K_2O = R_{K_2O} : K_f = 12,6 : 0,75 = 17,0 \text{ кг д. р./га}$$

Відповідь. Норма внесення мінеральних добрив під запланований приріст врожайності озимої пшениці 6,0 ц/га становить $N_{28}P_{26}K_{17}$.

Розрахункові методи визначення норм внесення мінеральних добрив використовують при програмуванні врожайності в умовах високої культури землеробства з урахуванням факторів, що лімітують рівень формування врожайності сільськогосподарських культур.

Однак коефіцієнти використання поживних речовин рослинами з мінеральних добрив і з ґрунту, а також балансові коефіцієнти до сих пір слабо розроблені. Це не дозволяє з достатньою точністю розраховувати дози добрив

для планованої врожайності. Умовність цих коефіцієнтів служить суттєвою перешкодою для встановлення доз добрив на практиці за наведеними формулами.

Розрахункові методи поки можуть бути рекомендовані при програмуванні високої врожайності сільськогосподарських культур для господарств з високою забезпеченістю добривами.

При програмуванні необхідно застосовувати комплексний метод розрахунку доз добрив, де можливо використовувати як результати польових дослідів, так і балансові методи визначення норм внесення добрив.

Завдання 1.

Розрахувати рівень дійсно можливої врожайності $ДМВ_{оп}$ та програмованої врожайності $ПВ_{оп}$ озимої пшениці за вихідними даними:

$КЗВ_{оп} - 32,3$ ц/га;

бонітет ґрунту – 64;

коефіцієнт зростання врожайності від внесення добрив – 0,22.

Завдання 2.

Розрахувати рівень дійсно можливої врожайності $ДМВ_{оп}$ та програмованої врожайності $ПВ_{оп}$ кукурудзи за вихідними даними:

$КЗВ_{оп} - 29,9$ ц/га;

бонітет ґрунту – 70;

коефіцієнт зростання врожайності від внесення добрив – 0,25.

Завдання 3.

Розрахувати норму внесення мінеральних добрив, яку необхідно застосувати в технології вирощування цукрових буряків для отримання програмованої врожайності 320 ц/га.

Вихідні дані.

Вміст доступних елементів в ґрунті складає:

азоту N – 14,4 мг/100 г ґрунту;
фосфору P₂O₅ – 7,9 мг/100 г ґрунту;
калію K₂O – 16,8 мг/100 г ґрунту.

Винос елементів мінерального живлення рослинами цукрового буряку на один центнер основної продукції з відповідною кількістю побічної, коефіцієнти використання поживних речовин з ґрунту та мінеральних добрив студенти вибирають самостійно за даними додатків – 14, 15, 16.

Завдання 4.

Розрахувати норму внесення мінеральних добрив, яку необхідно застосувати в технології вирощування цукрових буряків для отримання програмованої врожайності 365 ц/га при внесенні під оранку 40 т/га гною.

Вихідні дані.

Вміст доступних елементів в ґрунті складає:

азоту N – 11,9 мг/100 г ґрунту;
фосфору P₂O₅ – 10,2 мг/100 г ґрунту;
калію K₂O – 16,8 мг/100 г ґрунту.

Винос елементів мінерального живлення рослинами цукрового буряку на один центнер основної продукції з відповідною кількістю побічної, коефіцієнти використання поживних речовин з ґрунту та мінеральних добрив студенти вибирають самостійно за даними додатків – 14, 15, 16.

Завдання 5.

Розрахувати норму внесення мінеральних добрив під заплановану врожайність соняшнику 29,1 ц/га.

Вихідні дані.

Вміст доступних елементів в ґрунті складає:

азоту N – 14,8 мг/100 г ґрунту;
фосфору P₂O₅ – 14,6 мг/100 г ґрунту;
калію K₂O – 19,8 мг/100 г ґрунту.

Винос елементів мінерального живлення рослинами соняшнику на один центнер основної продукції з відповідною кількістю побічної, коефіцієнти використання поживних речовин з ґрунту та мінеральних добрив студенти вибирають самостійно за даними додатків – 14, 15, 16.

Завдання 6.

Розрахувати норму мінеральних добрив на програмовану врожайність кукурудзи, що вирощується на зерно, 70,0 ц/га при внесенні під оранку 35 т/га гною.

Вихідні дані.

Вміст доступних елементів в ґрунті складає:

азоту N – 15,2 мг/100 г ґрунту;

фосфору P₂O₅ – 12,7 мг/100 г ґрунту;

калію K₂O – 16,8 мг/100 г ґрунту.

Винос елементів мінерального живлення рослинами кукурудзи на один центнер основної продукції з відповідною кількістю побічної, коефіцієнти використання поживних речовин з ґрунту та мінеральних добрив студенти вибирають самостійно за даними додатків – 14, 15, 16, 17.

Відповідно отриманої розрахункової норми внесення мінеральних добрив та рекомендованої норми внесення органічних добрив скласти та розробити систему внесення. Систему внесення добрив занести в таблицю:

Таблиця

Систему внесення добрив

Спосіб внесення добрива	Органічні	Мінеральні			Орієнтовані календарні строки внесення	С-г машина для внесення
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
1	2	3	4	5	6	7
Основне: Діюча речовина, кг/га Вид добрива _____ Фізична маса, т/га						

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7
Передпосівне: Діюча речовина, кг/га Вид добрива _____ Фізична маса, т/га						
Припосівне: Діюча речовина, кг/га Вид добрива _____ Фізична маса, т/га						
Пілживлення: Діюча речовина, кг/га Вид добрива _____ Фізична маса, т/га						
Загальна фізична маса, т/га						

Завдання 7.

Розрахувати норму мінеральних добрив на програмовану врожайність ярого ячменю на рівні 30,0 ц/га.

Вихідні дані.

Вміст доступних елементів в ґрунті складає:

азоту N – 13,8 мг/100 г ґрунту;

фосфору P₂O₅ – 11,7 мг/100 г ґрунту;

калію K₂O – 17,6 мг/100 г ґрунту.

Винос елементів мінерального живлення рослинами ярого ячменю на один центнер основної продукції з відповідною кількістю побічної, коефіцієнти використання поживних речовин з ґрунту та мінеральних добрив студенти вибирають самостійно за даними додатків – 14, 15, 16.

Завдання 8.

Розрахувати норму внесення мінеральних добрив на програмовану врожайність озимої пшениці на рівні 60 ц/га при внесенні під попередник (кукурудза на силос) органічного добрива у нормі 40 т/га.

Вихідні дані.

Програмована врожайність – 60 ц/га.

Вміст доступних елементів в ґрунті складає:

азоту N – 12,4 мг/100 г ґрунту;

фосфору P₂O₅ – 8,7 мг/100 г ґрунту;

калію K₂O – 12,7 мг/100 г ґрунту.

Внесено під попередник 40,0 т/га гною.

Винос елементів мінерального живлення рослинами озимої пшениці на один центнер основної продукції з відповідною кількістю побічної, коефіцієнти використання поживних речовин з ґрунту, мінеральних та органічних добрив студенти вибирають самостійно за даними додатків, що наведені в практикумі.

Відповідно отриманої розрахункової норми внесення мінеральних добрив та рекомендованої норми внесення органічних добрив скласти та розробити систему внесення. Систему внесення добрив занести в таблицю:

Таблиця

Систему внесення добрив

Спосіб внесення добрива	Органічні	Мінеральні			Орієнтовані календарні строки внесення	С-г машина для внесення
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Основне: Діюча речовина, кг/га Вид добрива _____ Фізична маса, т/га						
Передпосівне: Діюча речовина, кг/га Вид добрива _____ Фізична маса, т/га						

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7
Припосівне: Діюча речовина, кг/га Вид добрива _____ Фізична маса, т/га						
Пілживлення: Діюча речовина, кг/га Вид добрива _____ Фізична маса, т/га						
Загальна фізична маса, т/га						

Контрольні питання до лабораторної роботи.

1. Чим відрізняється поняття «норма» і «доза» внесення добрив?
2. Які Ви знаєте основні методи і методики розрахунку доз добрив?
3. Назвати існуючі методики розрахунку доз мінеральних добрив з урахуванням рівня врожайності і родючості ґрунту.
4. У чому сенс балансового методу застосування добрив?
5. У чому особливості методики розрахунку доз мінеральних добрив при внесенні органічних добрив?
6. Назвати вміст азоту, фосфору, калію в органічних добривах.
7. Назвати оптимальні дози внесення органічних добрив в умовах Степу України.
5. Перелічіть види органічних добрив.
6. Перерахуйте які Ви знаєте види мінеральних добрив.
7. Як визначити дозу внесення мінеральних добрив у фізичній масі?
8. Назвати способи внесення мінеральних добрив.
9. Які строки внесення мінеральних та органічних добрив застосовують в технологіях вирощування озимих зернових та ярих зернових культур?
10. Назвати глибину заробки мінеральних та органічних добрив в залежності від строків та способів внесення.

11. Які закони «Закони землеробства і рослинництва» слід враховувати при програмуванні врожайності та оцінці забезпеченості агроценозів сортів і гібридів факторами зовнішнього середовища?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Васина, Н. В. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: методические указания для практических занятий / Н. В. Васина. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 42 с.

2. Каленська, С. М. Прогнозування і програмування врожаїв сільськогосподарських культур / С. М. Каленська, В. А. Мокрієнко, М. Я. Дмитришак, А. В. Юник, Є. В. Качура. – Київ: Видавничий Центр НУБіП України. – 28 с.

3. Каюмов, М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур М. К. Каюмов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.

4. Михайлов, Н. Н. Определение потребности растений в удобрениях / Н. Н. Михайлов, В. П. Книпер. – М., 1971. – 256 с.

5. Можаяев, Н. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: учебное пособие / Н. Можаяев, П. Серикпаев, Г. Стыбаев. – Астана: Фолиант, 2013. – 160 с.

6. Муха, В. Д. Програмування врожаїв / В. Д Муха, В. А. Пилипець. – К.: Вища школа, 1988. – 222 с.

7. Харченко, О. В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур / О. В. Харченко. – Суми: Університетська книга, 2003. – 295 с.

8. Шатилов, И. С. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая / И. С. Шатилов, А. Ф. Чудновский. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 310 с.

9. Шеуджен, А. Х. Методы расчёта доз удобрений: учебное пособие / А. Х. Шеуджен, Л. И. Громова, Л. М. Онищенко. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2010. – 61 с.

10. Ягодин, Б. А. Агрохимия / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. – М.: Издательство «Лань», 2002. – 584 с.

Додаткова

1. Жатов, О. Г. Рослинництво з основами програмування врожаю / О. Г. Жатов, Л. Т. Глущенко, Г. О. Жатова та ін.; за ред. О. Г. Жатова. – К.: Урожай, 1995. – 256 с.

2. Жатов, А. И., Особенности возделывания технических культур: Учебное пособие / А. И. Жатов, М. А. Бобро, А. К. Мишньов. – Харьков, 1990. – 88 с.

3. Зиганшин, А. А. Факторы запрограммированных урожаев / А. А. Зиганшин, Л. Р. Шарифуллин. – Казань: Таткнигоиздат, 1974. – 176 с.

4. Павловський, В. В. Агрометеорологія / В. В. Павловський, І. Д. Василенко, В. Ф. Урсулов. – К.: Вища школа, 1994. – 272 с.

5. Філіп'єв, І. Д. Як програмувати врожай / І. Д. Філіп'єв, Є. К. Міхеєв. – К.: Урожай, 1990. – 94 с.

6. Шишов, Л. Л. Критерии и модели плодородия почв / Л. Л. Шишов, И. И. Карманов, Д. М. Дурманов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 184 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

«АГРОТЕХНІЧНІ ПРИЙОМИ ПРОГРАМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР»

Мета заняття. Вивчити, яке значення мають агротехнічні прийоми в програмуванні врожайності. Оволодіти методами застосування агроприйомів як елементів технологій вирощування в програмуванні врожайності

агроценозів сортів і гібридів. Навчитися застосовувати агротехнічні прийоми в технологіях вирощування для максимально ефективного використання природних ресурсів і генетичного потенціалу продуктивності сортів і гібридів сільськогосподарських культур.

Практичне застосування програмування врожайності у виробничих умовах пов'язано з необхідністю теоретичного обґрунтування застосування агротехнічних прийомів в технологіях вирощування сільськогосподарських культур, і з ефективним їх використання в конкретних умовах господарства.

Технологія вирощування сортів і гібридів являє собою поєднання агротехнічних прийомів, які дозволяють створити необхідні умови рослинам агроценозів для розвитку всіх елементів структури продуктивності.

Послідовне і науково обґрунтоване застосування агроприйомів надає можливість при повній забезпеченості агроценозів регульованими факторами, повністю розкрити потенційні можливості сортів і гібридів з метою отримання максимально можливого рівня врожайності.

Технології вирощування сільськогосподарських культур передбачає обов'язкове застосування таких основних елементів:

- розміщення посівів по кращих попередниках в системі сівозмін;
- підбір сортів гібридів стосовно відповідності їх біологічних особливостей до умов вирощування;
- система основного обробітку ґрунту;
- система передпосівного обробітку ґрунту;
- науково обґрунтована система підготовки насіння до сівби;
- терміни і способи посіву;
- норми висіву насіння;
- терміни, способи і дози внесення добрив;
- догляд за посівами, який передбачає захист посівів від бур'янів, шкідників і хвороб рослин;

- терміни і способи збирання врожаю.

Найбільш повна реалізація біокліматичного потенціалу досягається при застосуванні пристосованих технологій вирощування до існуючих у господарстві типів агроландшафтів.

Блок «Технологічний» («Технологія вирощування сільськогосподарських культур») в програмуванні врожайності має своєю метою:

- спланувати комплекс агротехнічних заходів на кожному полі для створення оптимальних умов росту і розвитку агроценозів, для отримання заданого рівня врожайності, включаючи терміни, обсяги, послідовність агрооперацій і т.д.;
- дати набір технологічних рекомендацій при виникненні нестандартних умов вирощування;
- розрахувати на будь-який проміжок часу вимоги до інших підсистем, які охоплюють питання матеріально-технічного та організаційного забезпечення технології вирощування, виявлення вузьких місць в самій технології вирощування;
- дати контрольні параметри для проведення технологічних операцій;
- розрахувати календарні терміни проведення агроприймів по догляду за посівами в зв'язку зі зміною зовнішніх і оперативних умов;
- вести оперативний облік виконання строків і якості робіт.

Технологія вирощування сільськогосподарських культур – це науково-обґрунтований регламент виробничого процесу, який встановлює черговість проведення агроприймів і параметри їх проведення.

Технологію вирощування розробляють для всіх культур сівозмін з урахуванням попередніх ланок системи землеробства.

Теологія вирощування сорту і гібрида включає в себе всі технологічні прийоми (з моменту збирання попередньої культури), які черзі пов'язані один з одним.

При програмуванні врожайності розрізняють і вибирають за необхідністю, агроекологічними умовами та матеріально-технічними, фінансовими можливостями господарства такі види технологій:

Інтенсивна технологія – технологія вирощування, яка передбачає управління продуктивністю агроценозу шляхом спостережень і контролю за ростом, розвитком рослин з внесенням необхідних поправок (наприклад: по листової діагностики внесення мінеральних підгодівлі; при досягненні великої кількості бур'янів застосування гербіцидів, при розмноженні шкідників – застосування інсектицидів, при сильному поширенні хвороб – фунгіцидів). Ця технологія заснована на широкому використанні засобів інтенсифікації обробітку польових культур – зрошення, добрив, засобів захисту рослин.

Індустріальна технологія – передбачає повну механізацію всіх операцій при вирощуванні культур, на яких раніше широко використовувався ручна праця (цукровий буряк, кукурудза, картопля).

Прогресивна технологія – використання нових прогресивних прийомів вирощування польових культур: новий сорт або гібрид, новий спосіб посіву, будь-яке нове сільськогосподарське знаряддя.

Зональна технологія – розроблена для ґрунтово-кліматичних умов конкретної зони де вирощується сільськогосподарська культура.

Адаптивна технологія – пристосована (адаптована) до умов конкретного господарства, мікронах, агроландшафта – погода, гранти, рельєф, техніка, кадри.

Сортова технологія – це технологія вирощування, яка базується на особливостях вимог конкретного сорту, гібриду до факторів, що визначають ріст, розвиток, формування врожайності рослин агроценозів. зростання.

Екологічна технологія – забезпечує одержання екологічно чистої продукції: відсутність нітратів, залишків пестицидів, важких металів.

Біологізована технологія – технологія, яка заснована на широкому використанні біологічних прийомів: багаторічних трав як попередників, сидерації, біопрепаратів в якості добрив і для боротьби з шкідниками і хворобами.

Ресурсозберігаюча технологія – це технологія дозволяє отримувати високу врожайність при мінімальних витратах. Вона спрямована на економію витрат, наприклад за рахунок оптимізації норми висіву культури, дрібного застосування добрив, зменшення норм поливів і т. д.

Сталий розвиток рослинництва і тваринництва, необхідність виробництва конкурентоспроможної продукції сільського господарства вимагають застосування технологій, які забезпечують високий рівень продуктивності культур з низькою собівартістю продукції. Тому в розвинених країнах світу основним шляхом розвитку сільськогосподарського виробництва є інтенсивний розвиток всіх галузей, що забезпечує виживання фермерських господарств в умовах жорсткої конкуренції.

Інтенсифікація галузей сільського господарства – рослинництва, тваринництва, кормовиробництва і ін., реалізується в виробничих умовах шляхом впровадження та застосування інтенсивних технологій вирощування польових культур на основі впровадження та комплексного застосування досягнень науки, техніки, добрив, ефективних засобів боротьби з бур'янами, шкідниками і хворобами рослин. Такий підхід при програмуванні врожайності вимагає додаткових матеріальних витрат, які при правильному науковому підході у господарстві повинні окупатися додатково одержуваною продукцією і зниженням її собівартості.

Розробка і впровадження прогресивних технологій інтенсивного типу в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах має в сучасних умовах першочергове значення. За розрахунками вчених, в даний час до 70,0 % недобору врожайності

сільськогосподарських культур пов'язано з порушенням технологій, тому оволодіння сучасними технологіями вирощування і збирання культур, заготівлі та зберігання кормів людьми, в чітких руках зосереджені можливості реалізації цих технологій (керівники, фахівці, механізатори, фермери і ін.), має величезне практичне і економічне значення.

Прогресивні технології вирощування сільськогосподарських культур повинні ґрунтуватися на постійному підвищенні родючості ґрунту, на обліку біологічних особливостей і потенційних можливостей сортів і гібридів інтенсивного типу, на комплексному використанні біологічних, агротехнічних і агрохімічних засобів управління врожайністю і інтегрованого захисту рослин від хвороб, шкідників, бур'янів, забезпеченні високопродуктивними машинами, знаряддями, комплексами для обробки ґрунту, посіву, догляду за ними, прибирання посівів, первинної обробки продукції, з обов'язковим ефективним використанням машин, високої кваліфікації кадрів і бездоганному дотриманні агротехнологічної дисципліни.

«Технологія» стосовно до вирощування сільськогосподарських культур з точки зору програмування врожайності представляє сукупність послідовних робіт по конструюванню агроценозів сортів і гібридів, вирощуванню рослин агроценозів, збирання, післязбиральної доробки, прийомів консервування та зберігання отриманої продукції рослинництва, а також перелік матеріально-технічних засобів і техніко-економічних показників.

Саме слово «інтенсивна» позначає напругу – комплексне зосередження (концентрацію) матеріально-технічних ресурсів для вирощування культур, а всі роботи повинні бути приурочені до фаз вегетації рослин, тобто передбачається виконувати всі агрооперації «вчасно, якісно і обґрунтовано». Впровадження агроприймів повинно починатися з розробки докладних технологічних карт для кожної культури, сорту і гібриду, для кожного конкретного поля господарства.

Розробка технології вирощування вимагає індивідуального підходу до кожного поля. Проте є прийоми, які є загальними для багатьох культур:

проведення всіх агрооперацій з високою якістю, зниження витрат праці на всіх технологічних операціях, застосування сучасних машин і знарядь з ретельно відрегульованими робочими органами.

Застосування прогресивних технологій інтенсивного типу переслідує виконання всіх операцій, передбачених технологічною картою, однак в залежності від складних умов може коригуватися шляхом виключення одних або включення інших агроприйомів, не внесених в технологічну карту операцій. Наприклад, при масовій появі бур'янів, шкідників і хвороб в непрогнозованих в момент складання технологічної карти.

Технологія інтенсивного типу передбачає управління ростом і розвитком рослин на основі глибокого знання біології культури, особливостей сорту і гібриду, застосування основних принципів програмування врожайності (розрахунок рівня врожайності по вологозабезпеченості, формування оптимальної густоти стеблостою (травостою), внесення доз добрив під заплановану врожайність, проведення вегетаційного підживлення, заходи по боротьбі зі шкідниками і хворобами.

Поняття «інтенсивна технологія» стало широко застосовуватися в 70-80-ті роки минулого століття як аналог «прогресивної технології» і на противагу технології екстенсивної, хоча в розвинених господарствах технологій екстенсивного типу не повинно бути.

Кожна технологія, яку можна назвати інтенсивної, виходячи з сучасних уявлень, повинна включати в себе наступні основні елементи:

- розміщення кожної культури по кращим для неї попередникам в системі сівозмін інтенсивного типу;
- в умовах природного вологозабезпечення розраховується можливий рівень врожайності по вологозабезпеченості, а при зрошенні рослини забезпечуються вологою в оптимальних розмірах;
- застосування науково обґрунтованої зональної системи обробітку ґрунту і підготовки ґрунту до посіву;

- забезпечення рослин елементами мінерального живлення в розрахункових нормах під можливий рівень врожайності, розрахованого по вологозабезпеченості, з урахуванням вмісту елементів живлення в ґрунті і потреби рослин в поживних речовинах, з дробовим внесенням азотних добрив в період вегетації рослин;

- використання науково обґрунтованих норм висіву насіння для формування оптимальної густоти стояння рослин з фотосинтетичним потенціалом агроценозів, що забезпечує отримання максимально можливого рівня врожайності;

- вирощування високоврожайних сортів і гібридів інтенсивного типу, з підвищеною посухостійкістю, які добре відгукуються на зволоження, рівень агротехніки і внесення добрив;

- використання інтегрованої системи захисту рослин від бур'янів, шкідників і хвороб, в необхідних випадках регулювання росту рослин ретардантами, десикантами.

- орієнтація всіх технологій вирощування на захист ґрунтів від ерозії і підвищення рік від року його родючості, накопичення, збереження і раціональне використання вологи, створення оптимальних умов для росту рослин і формування максимально можливого в цих умовах рівня врожайності;

- розробка для кожного поля технологічних карт по вирощуванню сортів і гібридів, які враховують всі вихідні умови поля – родючість, наявність бур'янів, тип засміченості поля, запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, попередні культури, їх врожайність, прийоми основного обробітку ґрунту, внесення добрив, застосування машин, знарядь, комплексів з урахуванням максимальної механізації всіх процесів, починаючи з підготовки насіння, ґрунту і закінчуючи збиранням врожаю і для кормових культур консервуванням кормів;

- проведення всіх агрооперацій своєчасно і якісно відповідно до вимог технологічної карти, вносячи в залежності від складних метеорологічних та

інших умов зміни в операційну технологію, передбачену технологічними картами, знімаючи, додаючи або замінюючи окремі операції.

Зіставлення елементів інтенсивних технологій з основними принципами програмування врожайності дозволяє відзначити аналогічність багатьох елементів, оскільки всі прикладні питання управління формуванням урожайності тісно пов'язані з програмуванням.

Ефективність програмування обумовлюється оптимізацією і обґрунтованістю правильно підібраних і застосовуваних агротехнічних заходів.

Система основного обробітку ґрунту визначається умовами погодними вегетації ґрунтово-кліматичної зони, попередником, строками збирання попередника, типом засміченості, біологічними особливостями програмованої врожайності культури, строками сівби.

Формування високого рівня врожайності можливо при організації макро- і мікрорайонування сортів і гібридів з урахуванням їх біологічних особливостей та адаптивного потенціалу.

В процесі виконання районування враховують погодні умови в кожній фазі розвитку рослин.

Встановлено, що навіть маючи великий досвід спостережень погодних умов, прогнозувати прояву погодних факторів в вегетаційний період сільськогосподарських культур практично неможливо. Тому завжди зростають екологічні ризики ураження агроценозів, що в значній мірі знижує точність прогнозування і зменшує рівень стабільності валових зборів культур.

Кожна зона вирощування характеризується своїми власними лімітуючими факторами врожайності.

У степовій зоні – це недостатня кількість випадання опадів, тривалі бездощові періоди, суховії, високі температури в період цвітіння і формування зерна.

Для формування високої врожайності більш сприятливі умови складаються в Лісостепу, яка характеризується більш стабільним і м'яким

температурним режимом, великою кількістю опадів, що випадають в період вегетації рослин.

Такі погодні умови забезпечують високий рівень реалізації сортами і гібридами генетичного потенціалу продуктивності.

В Україні – один з факторів, що лімітують високої врожайності є відсутність в сівозмінах хороших попередників через зменшення кількості вирощуваних культур.

З метою правильної регламентації агроприймів рекомендується використовувати сіткові графіки, які описують послідовність подій і операцій при вирощуванні будь-якої сільськогосподарської культури. Такий підхід в програмуванні врожайності дозволяє правильно вибрати тип знаряддя, орієнтовно визначити строки готовності техніки до виконання запланованих робіт. При програмуванні вкрай необхідно розробляти та застосовувати систему обліку та контролю за виконанням агрозаходів у технологічній карті по кожному полю сівозміни з фіксуванням у журналі відхилень за строками, прийомами і технічним забезпеченням технології вирощування.

Для отримання запрограмованої врожайності за рахунок планування агроприймів технологій вирощування розробляють агротехнологічну карту.

Агротехнологічна карта вирощування запрограмованих урожаїв сільськогосподарських культур

Рік _____ Культура _____
 Сорт, гібрид _____
 Запрограмована врожайність на _____ рік _____ ц/га
 Фактично отримана врожайність у _____ році _____ ц/га

I. Поле і його характеристика

Сівозміна _____, поле № _____, урочище _____,
 площа _____, га
 Назва ґрунту:

(тип, різновидність, механічний склад) рН

Агрохімічна характеристика ґрунту:

Вміст P₂O₅, мг/100 г ґрунту _____, кг/га

Вміст K_2O , мг/100 г ґрунту _____, т/га

Вміст гумусу, % _____, т/га

загального азоту (за гумусом) _____, кг/га

Поправочний коефіцієнт на агрохімічні властивості _____

Бал ріллі _____ Ціна 1 бала _____, ц

Можливий урожай за рахунок родючості ґрунту _____, ц/га

Запланований приріст за рахунок добрив _____, ц/га

II. Потреба в елементах живлення та унесенні добрив

Виніс поживних речовин на 1 ц основної продукції, кг

N: _____; P_2O_5 : _____; K_2O : _____.

Загальна потреба на запланований урожай, кг/га

N: _____; P: _____; K: _____.

Потреба у внесенні добрив під запрограмований врожай

а) органічних, вид _____, норма _____ т/га

б) вапнякових, вид _____, норма _____ т/га

в) мінеральних, норма _____ кг/га д. р. NPK

у тому числі: N _____ P _____ K _____

Схема внесення мінеральних добрив:

Види добрив	Добрива								Підживлення			
	основні				припосівні				форма добрив	норма, ц/га	спосіб внесення	глибина загорання, см
	форма добрив	норма, ц/га	спосіб внесення	глибина загорання, см	форма добрив	норма, ц/га	спосіб внесення	глибина загорання, см				
Азотні												
Фосфорні												
Калійні												
Комплексні												

Очікувана окупність 1 ц діючої речовини добрив урожаєм основної продукції:

III. Обробіток ґрунту

Основний

Передпосівний

IV. Підготовка насіння і сівба

Показники якості насіння: категорія _____, репродукція _____, клас.
 Маса 1000 насінин _____, середня маса посівного матеріалу картоплі _____
 Протруєння насіння: строк _____, вид протруювача _____, норма _____.
 Норма висіву _____ шт. насінин на 1,0 га (зі 100 %-ю господарською придатністю)
 Строк сівби _____
 Спосіб сівби (вузькорядний, перехресний і т.д.) _____
 Глибина загортання насіння _____
 Оцінка якості посіву у фазі сходів (рівномірність, прямолінійність, наявність огріхів і т.д.)

V. Догляд за посівами з оцінкою якості робіт по кожній позиції

Боронування: строк _____; глибина _____
 Розпушення міжрядь: строк _____; глибина _____
 Підгортання посівів: строк _____; глибина _____
 Вид гербіцидів _____ Норма _____
 Боротьба зі шкідниками:
 Строк (фаза розвитку рослин) _____
 Вид пестицидів _____ Норма _____
 Видове і сортове прополювання _____

VI. Стан посівів

Кількість рослин на 1 м² _____ шт.
 Кількість продуктивних стебел на 1 м² у фазі молочного стану _____, шт.
 Кількість зерен в 1 колосі _____ шт.
 Середня маса 1000 насінин, бульб з 1 куща картоплі, 1 коренеплоду буряків і т.д. _____ г
 Біологічно можлива врожайність _____ ц/га

VII. Збирання урожаю

Строки і способи збирання _____

Завдання 1.

Користуючись даними раніше викладених занять по програмуванню врожайності розробити агротехнологічну карту вирощування сортів і гібридів,

запланувати оперативне застосування агроприйомів і спостереження за ходом виконання агроприйомів та формуванням урожайності. Запланувати можливості внесення необхідних уточнень в систему запланованих агротехнічних заходів. Намітити пропозиції по дальшому підвищенню продуктивності сільськогосподарських культур.

Завдання 2.

На основі проведених розрахунків зробити висновки щодо рівня програмованої врожайності в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах з урахуванням лімітуючи факторів росту й розвитку рослин та величини прогнозованої врожайності на наступні 5 років.

Контрольні питання до лабораторної роботи

1. Надати визначення поняття «технологія вирощування сільськогосподарської культури».
2. Надати класифікацію технологій вирощування.
3. В чому заключається значення розробки та впровадження технологій вирощування у виробництво як елемента програмування врожайності сортів і гібридів.
4. Надати характеристику інтенсивної та прогресивної технологій вирощування сільськогосподарських культур.
5. Назвати особливості сортової технології.
6. Значення інтенсивних технологій в збільшенні виробництва рослинницької продукції і зниженні її собівартості.
7. Перерахувати основні елементи інтенсивної технології і надати обґрунтування застосування кожного з елементів технології.
8. Роль і місце програмування врожайності сільськогосподарських культур в розробці і застосуванні технологій різних типів.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Васина, Н. В. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: методические указания для практических занятий / Н. В. Васина. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 42 с.
2. Каленська, С. М. Прогнозування і програмування врожаїв сільськогосподарських культур / С. М. Каленська, В. А. Мокрієнко, М. Я. Дмитришак, А. В. Юник, Є. В. Качура. – Київ: Видавничий Центр НУБіП України. – 28 с.
3. Каюмов, М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур М. К. Каюмов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.
4. Михайлов, Н. Н. Определение потребности растений в удобрениях / Н. Н. Михайлов, В. П. Книпер. – М., 1971. – 256 с.
5. Можаяев, Н. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: учебное пособие / Н. Можаяев, П. Серикпаев, Г. Стыбаев. – Астана: Фолиант, 2013. – 160 с.
6. Муха, В. Д. Програмування врожаїв / В. Д Муха, В. А. Пилипець. – К.: Вища школа, 1988. – 222 с.
7. Харченко, О. В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур / О. В. Харченко. – Суми: Університетська книга, 2003. – 295 с.
8. Шатилов, И. С. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая / И. С. Шатилов, А. Ф. Чудновский. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 310 с.
9. Шеуджен, А. Х. Методы расчёта доз удобрений: учебное пособие / А. Х. Шеуджен, Л. И. Громова, Л. М. Онищенко. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2010. – 61 с.
10. Ягодин, Б. А. Агрохимия / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. – М.: Издательство «Лань», 2002. – 584 с.

Додаткова

1. Жатов, О. Г. Рослинництво з основами програмування врожаю / О. Г. Жатов, Л. Т. Глущенко, Г. О. Жатова та ін.; за ред. О. Г. Жатова. – К.: Урожай, 1995. – 256 с.
2. Жатов, А. И., Особенности возделывания технических культур: Учебное пособие / А. И. Жатов, М. А. Бобро, А. К. Мишньов. – Харьков, 1990. – 88 с.
3. Зиганшин, А. А. Факторы запрограммированных урожаев / А. А. Зиганшин, Л. Р. Шарифуллин. – Казань: Таткнигоиздат, 1974. – 176 с.
4. Павловський, В. В. Агрометеорологія / В. В. Павловський, І. Д. Василенко, В. Ф. Урсулов. – К.: Вища школа, 1994. – 272 с.
5. Філіп'єв, І. Д. Як програмувати врожай / І. Д. Філіп'єв, Є. К. Міхеєв. – К.: Урожай, 1990. – 94 с.
6. Шишов, Л. Л. Критерии и модели плодородия почв / Л. Л. Шишов, И. И. Карманов, Д. М. Дурманов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 184 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

**«ОСНОВИ ПРОГРАМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

ЗА ЕЛЕМЕНТАМИ ТСТРУКТУРИ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИН»

***Мета заняття.** Оволодіти методами розрахунків параметрів агроценозів сортів і гібридів з заданою структурою продуктивності, що дозволить отримувати запрограмований рівень врожайності. Навчитися визначати біологічну врожайність агроценозів по продуктивності рослин. Вміти складати моделі агроценозів за елементами продуктивності рослин.*

Для програмування величини врожаю необхідно визначити оптимальні співвідношення основних елементів структури продуктивності рослин

агроценозів. Формування елементів продуктивності рослин забезпечується комплексом агротехнічних заходів, які застосовуються у розробленій і впроваджуємої технології вирощуванні в господарстві.

Знання параметрів структури продуктивності по етапах розвитку дозволяє своєчасно вносити корективи в технологію вирощування.

В різні роки, і навіть в один рік на різних полях і ділянках навіть одного поля параметри продуктивності, які визначають програмовану врожайність, можуть значно змінюватися.

Одним із поширених способів програмування врожайності по елементам продуктивності є розробка моделі агроценозів сорту і гібриду та в програмуванні врожайності за цим напрямом створення моделі агроценозу для вибору оптимальної стратегії проведення сільськогосподарських заходів застосовують в технології вирощуванні різні прийоми: зрошення, системи основного та передпосівного обробітку ґрунту, внесення добрив, вибір сортів і гібридів, вибір строків сівби та норм висіву насіння та інше.

Шляхи управління продукційним процесом агроценозів може бути заданий при програмуванні повністю на весь час вегетації.

Якщо при програмуванні врожайності на основі моделювання агроценозу з обов'язковим урахуванням змін в організації застосування агроприймів, на строки проведення яких можуть чинити вплив зміна погодних умов, засміченість полів, організаційні фактори, агробіоценоз потребує оперативного управління. Для розробки моделей таких агроценозів використовуються динамічні моделі, які допускають оперативну зміну параметрів і, можливо структури продуктивності і структуру самої моделі відповідно до змін умов вирощування.

Всю систему процесів, які відбуваються в агроценозі сортів і гібридів, зазвичай представляють у вигляді блокової ієрархічної структури.

На рис. 6 наведено приклад блокової схеми взаємодії процесів які відбуваються в агроценозах сої при вирощуванні на зрошенні.

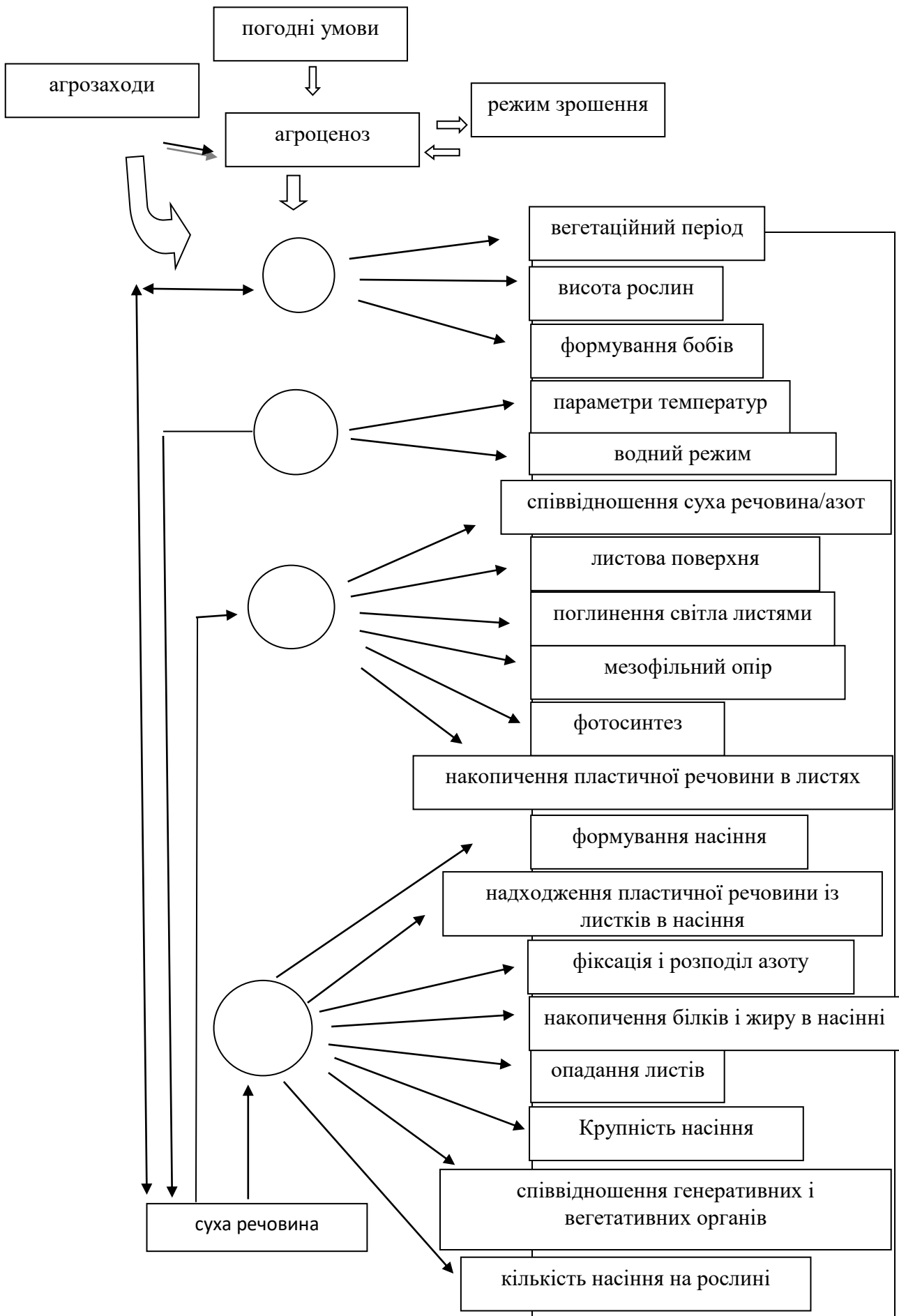


Рисунок 6. Блок схема продукційних процесів агроценозу сої при вирощуванні на зрошенні

При програмуванні врожайності відокремлюють біотичний і абіотичний блоки взаємодії процесів під час вегетаційного періоду агроценозів.

Серед біотичних процесів виділяють в окремі блоки зростання і розвитку рослин агроценозу, функціонування ґрунтової мікрофлори, розвитку ентомофауни, розвитку хвороб рослин, взаємодії рослин сорту або гібрида з бур'янами та ін.

Абіотичні блоки включають в себе моделі, які описують формування теплового, водного режиму ґрунту, концентрації і переміщення по профілю ґрунту біогенних і токсичних солей, різних залишків розпаду пестицидів, ростових речовин і метаболітів в ґрунті, концентрації вуглекислого газу в агроценозі.

Блокова структура дозволяє вивчати, змінювати і деталізувати одні блоки, не змінюючи інших.

Як правило, число параметрів всередині блоків істотно більше числа параметрів, якими блоки з'єднуються між собою.

На основі блоків синтезуються цілісні динамічні моделі, які здатні прогнозувати зміну в часі ряду характерних параметрів рослин, в першу чергу біомасу всієї рослини і окремих її органів, починаючи від сходів (іноді від моменту посіву) до завершення вегетації (дозрівання).

Методи моделювання процесів формування врожайності дозволяють ставити чисельні експерименти і досліджувати, як зміна умов вирощування впливає на взаємодію елементів системи ґрунт – клімат – агроприйоми – сорт, гібрид – агроценоз – врожайність.

Оволодіння способами розрахунків параметрів конструювання агроценозів із заданою структурою дозволяють у виробництві отримувати запрограмовану врожайність і визначати біологічну врожайність агроценозів сортів, гібридів елементам по продуктивності рослин.

Такий підхід у програмуванні врожайності може певною мірою імітувати функціонування агроценозів, визначати потенційну продуктивність рослин і в

деякій мірі моделювати агротехнічні умови вирощування з метою отримання запрограмованої врожайності.

У селекційних програмах можна проводити дослідження для виявлення оптимального поєднання ознак при проектуванні нових сортів і гібридів.

Моделі агроценозів дозволяють розглядати безліч варіантів взаємодії агроценозів і зовнішнього середовища, вивчати вплив різних поєднань факторів на врожайність культур і валовий збір продукції.

Це дає можливість будувати систему виробництва рослинницької продукції на кількісній основі, враховувати вплив на формування врожайності урожай взаємодії всіх основних факторів середовища вирощування, диференціювати агротехнічні прийоми до відповідності конкретних умов технологічного процесу, більш ефективно використовувати наявні ресурси господарства.

В кінцевому підсумку такий підхід дозволяє програмувати і отримувати заплановані рівні врожайності із заданою вірогідністю, підвищувати родючість ґрунту з урахуванням вимог охорони навколишнього середовища, покращувати організацію праці, підвищувати технологічну дисципліну, більш жорстко контролювати виконання основних етапів технологічного процесу.

Оптимальне керування виробництвом рослинницької продукції на основі методів системного підходу уявляє собою складний процес, що включає ряд етапів побудови і використання моделей структури продуктивності сільськогосподарських культур.

При виборі моделі конструювання агроценозів сортів і гібридів в програмуванні необхідно враховувати умови:

- основні положення концепції лімітуючих факторів врожайності;
- можливість включення в модель найважливіших факторів впливу на формування продуктивності рослин і врожайності агроценозу при широкому діапазоні їх значень;
- відкритість і доступність моделі для введення нових факторів у конструювання агроценозу.

Прилад розробки моделей агроценозів озимої пшениці наведено в таблиці 8.

Таблиця 8.

Моделі агроценозів пшениці озимої при її вирощуванні за різними ґрунтово-кліматичними умовами

Якісні параметри агроценозу	Кількісні показники агроценозу		
	1 модель 40,0 ц/га	2 модель 46,0 ц/га	3 модель 60,0 ц/га
	темно-каштанові ґрунти	чорноземи	темно-каштанові ґрунти, зрошення
1	2	3	4
Норма висіву насіння, млн. шт./га	4,0	4,25	5,0
фаза розвитку - сходи			
Кількість сходів, млн. шт./га	3,30	3,80	4,40
Польова схожість насіння, %	82,0	85,0	88,0
фаза розвитку – осіннє куціння рослин			
Кількість рослин, млн. шт./га	3,12	3,32	4,20
Площа листків, тис. м ² /га	9,0	10,0	19,0
Суша надземна біомаса, ц/га	6,0	7,0	9,0
фаза розвитку – трубкування			
Кількість рослин, млн. шт./га	2,78	3,06	3,85
Процент перезимівлі рослин, %	89,0	92,0	92,0
Площа листків, тис. м ² /га	18,0	20,0	30,0
Суша надземна біомаса, ц/га	28,0	31,0	45,0
Вологість шару ґрунту 0-100 см, % НВ	90,0	92,0	92,0
фаза розвитку – колосіння			
Кількість рослин, млн. шт./га	2,77	3,05	3,81
Кількість продуктивних стебел, млн. шт./га	4,90	5,50	7,00
Площа листків, тис. м ² /га	45,0	48,0	55,0
Суша надземна біомаса, ц/га	50,0	56,0	75,0
Вміст N-NO ₃ , мг/100 г ґрунту	1,5	1,8	4,0
Вологість шару ґрунту 0-100 см, % НВ	68,0	70,0	80,0
фаза розвитку – наливання зерна			
Кількість рослин, млн. шт./га	2,70	3,05	3,81
Кількість продуктивних стебел, млн. шт./га	4,85	5,35	6,90
Висота рослин, см	85,0	90,0	96,0
Суша надземна біомаса, ц/га	75,0	82,0	115,0
Кількість зерен в колосі, шт.	24,0	26,0	26,0
фаза розвитку – повна стиглість зерна			
Вегетаційний період, діб	304	308	314
Суша надземна біомаса, ц/га	103	115	160
Фотосинтетичний потенціал, тис. м ² × доба/га	2100	2350	3000
Чиста продуктивність фотосинтеза, г/ м ² × доба	5,2	5,0	5,3
Передзбиральна густина стояння рослин, млн. шт./га	2,75	3,05	3,80

Продовження таблиці 8

1	2	3	4
Кількість продуктивних стебел, млн. шт./га	4,80	5,25	6,80
Коефіцієнт продуктивної кущистості	1,70	1,75	1,80
Маса зерна з одного колосу, г	0,85	0,89	0,89
Натура зерна, г/л	750	780	780
Вміст клейковини,	30,0	28,0	26,0
Вміст білку,%	15,0	14,4	13,8

При програмуванні до моделі агроценозу сортів пшениці можливо додавати показники маси 1000 насінин, скловидність зерна.

При розробці моделей агроценозів пшениці особливу увагу приділяють якісним, біохімічним показникам зерна, які визначають розподіл отриманої продукції за класами.

Розподіл м'якої пшениці на класи проводиться за силою борошна (сильна, середня і слабка), при цьому враховується вміст в зерні білка і клейковини (кількість і якість).

В клас сильної пшениці включаються сорти, в яких вміст білка в зерні вище 14,0 % і клейковини першої групи за якістю більш 28,0 %. З такого зерна виходить хліб високої якості (великого обсягу і пористий) не тільки в чистому вигляді, але і при додаванні до борошна сортів слабкої пшениці. Так як сильна пшениця може покращувати слабку, то вона вважається покращувачем.

До класу середньої пшениці відносяться сорти з вмістом білка в зерні 11,0-13,9 % і клейковини 25,0-27,0 % (друга група за якістю). Борошно з такого зерна має хороші хлібопекарські властивості, але не здатна покращувати слабку пшеницю.

Клас слабких пшениць складається з сортів, в яких міститься менше 11,0 % білка і 25,0 % клейковини (третья група за якістю). З такого борошна виходить хліб низької якості з невеликим обсягом і поганий пористістю. Тому якщо таке зерно доводиться використовувати в хлібопекарській промисловості, то його рекомендується змішувати з сильною пшеницею.

До цінної пшениці відносяться такі сорти, які за якістю зерна та технологічними властивостями близькі до сильної, але деякі показники не відповідають цим вимогам.

У той же час модель агроценозу повинна бути порівняно простою за структурою при проведенні фахівцями достатньо точних розрахунків.

Для вирішення конкретних завдань у програмуванні врожайності агроценозів сортів і гібридів встановлення кількісних зв'язків між елементами продуктивності, біологічними особливостями рослин, врожайністю з агрокліматичними, ґрунтовими, агротехнічними факторами розробляють комплексна емпіричні модель «погода – ґрунт – врожайність».

Детальні дослідження продукційного процесу польових культур дозволяють розробити конкретні параметри моделей розвитку агроценозів і елементів продуктивності рослин залежно від погодних умов, ґрунтів і прийомів агротехніки в умовах вирощування.

У практичному відношенні сконструювані моделі під час програмування врожайності можна використовувати для контролю проходження агроценозом продукційного процесу протягом вегетаційного періоду, тобто для проведення ґрунтового, погодного, технологічного моніторингу.

Моделі агроценозів також можна використовувати для прогнозування рівня врожайності, а при зрошенні, як основу програмованого вирощування сільськогосподарських культур.

Розроблена модель агроценозу за багаторічними даними та урахування параметрів агроценозу на різних фазах розвитку рослин дозволяють встановити біологічну врожайність сортів і гібридів.

Біологічна врожайність – це кількість основної рослинної продукції перед проведенням збирання, яка вирощена на одиниці площі і збирається без допущення втрат врожаю.

Господарська врожайність завжди менше біологічної врожайності на величину втрат при проведенні збирання.

Врожайність залежить від передзбиральної густоти стояння рослин (кількості рослин на одиниці площі посіву) і продуктивності однієї рослини.

Продуктивність рослин – маса основної продукції, яка отримується з однієї рослини.

Структура продуктивності – це показники компонентів, від яких залежить величина врожайності.

Для програмування величини врожайності необхідно визначити оптимальні співвідношення основних елементів структури продуктивності рослини, формування яких забезпечується комплексом агротехнічних заходів, умовами зовнішнього середовища, біологічними особливостями сортів і гібридів, пристосованості сортів і гібридів до умов вирощування.

Знання параметрів структури продуктивності по фазах розвитку дозволяє своєчасно вносити корективи в технологію вирощування.

У різні роки, і навіть в один рік на різних полях та навіть ділянках одного поля параметри продуктивності рослин агроценозів можуть значно змінюватися.

Кожна сільськогосподарська культура має власні для неї елементи структури продуктивності.

Наприклад, врожайність зернових культур (пшениця, жито, ячмінь, овес) визначаються наступними елементами:

- кількість рослин перед збиранням;
- продуктивна куцистість;
- кількість колосків і зерен в колосі;
- маса 1000 зерен.

Врожайність агроценозів кукурудзи визначається такими елементами структури продуктивності:

- передзбиральна густота стояння рослин;
- кількість качанів на рослині;
- довжина качана;
- кількість рядків зерен на качану;

- маса зерна з одного качана;
- маса 1000 зерен.

Врожайність агроценозів зернобобових культур з урахуванням передзбиральної густоти стояння рослин визначається наступними елементами продуктивності:

- кількість бобів на рослині;
- кількість зерен у бобі;
- маса зерна однієї рослини;
- маса 1000 насінин.

Кожен вид сільськогосподарських культур має свої специфічні для виду елементи структури продуктивності, які визначають рівень врожайності.

Змінення кожного елемента структури продуктивності в залежності від передзбиральної густоти стояння рослин обумовлює формування неоднакового рівня врожайності.

Тому при розробці моделей агроценозів, визначення їх біологічної врожайності необхідно знати, які агротехнічні прийоми, які зміни погодних умов в якому ступені, в який час впливають на формування структури продуктивності, а в кінцевому рахунку на формування врожайності..

Біологічної основою моделювання продуктивності агроценозів зернових культур є формула моделі врожайності М. С. Савицького.

Величина можливої біологічної врожайності зернових колосових культур, згідно з цією формулою, залежить від кількості рослин на одиниці площі при збиранні культури в полі, врожаю, продуктивної кущистості, кількості в суцвітті (колосі, волоті, качанах), маси 1000 зерен (насінин) при стандартній вологості і визначається за формулою:

$$Y_{\text{biol}} = \frac{N_p \times B_{\text{pr}} \times N_g \times m}{10000},$$

де Y_{biol} – біологічна врожайність зернової культури, ц/га.

N_p – кількість продуктивних рослин сільськогосподарської культури при збиранні, шт./м²;

V_{pr} – продуктивна кущистість;

N_g – кількість зерен в колосі або волоті, шт.;

m – маса 1000 зерен. при стандартній вологості, г.

Для розрахунку продуктивної кущистості (V_{pr}) використовують формулу:

$$V_{pr} = \frac{N_{sp}}{N_p},$$

де V_{pr} – продуктивна кущистість;

N_{sp} – кількість продуктивних стебел при збиранні, шт./м²;

N_p – кількість продуктивних рослин сільськогосподарської культури при збиранні, шт./м²;

Середня маса зерна одного суцвіття (продуктивність – P) розраховують шляхом ділення маси зерна, насіння з одиниці площі на кількість обмолочених суцвіть з цієї ж самої площі. Середня маса зерна одного суцвіття виражається в грамах.

Масу 1000 зерен (m) визначають за формулою:

$$m = \frac{P \times 1000}{N_g},$$

де m – маса 1000 зерен, насіння при стандартній вологості, г;

P – середня маса зерна одного суцвіття, г;

N_g – кількість зерен, насіння в суцвітті, шт.

У конкретних польових культур в моделі агроценозу при розрахуванні біологічної врожайності можуть бути відсутні окремі показники. Наприклад, у культур, що не кушаться (соняшник, горох, нут, люцерна та ін.) у формулі відсутні показники продуктивної кущистості (V_{pr}). У коренеплодів і кормових

культур замість показників кількості зерен в колосі та маси 1000 зерен береться один показник – маса одного коренеплоду або надземна маса однієї рослини. Пропорційно береться число 0 (нуль) в знаменнику.

В процесі програмування та господарської діяльності використовують терміни бункерна врожайність та амбарна врожайність сільськогосподарських культур.

Бункерна врожайність – це фактична врожайність, яка отримана після зважування зібраного врожаю сільськогосподарської культури без урахування вологості зерна.

Амбарна врожайність – врожайність, яку розраховують на основі отриманої бункерної врожайності, але вже з урахуванням стандартної вологості зерна, насіння.

Перерахунок бункерної врожайності до амбарної врожайності здійснюють за формулою:

$$Y = \frac{Y_h \times (100 - W)}{100 - W_1},$$

де Y – врожайність при стандартній вологості, ц/га;

Y_h – бункерна врожайність, ц/га;

W – фактична вологість зерна, насіння при збиранні, %;

W_1 – стандартна вологість зерна, насіння або та, до якої призводять.

За необхідністю розраховують коефіцієнт господарської ефективності за наступною формулою:

$$C_{ee} = \frac{M_g}{M_p},$$

де C_{ee} – коефіцієнт господарської ефективності;

M_g – маса зерна, насіння, г/м²;

M_p – маса рослин, г/м².

Біологічну врожайність зернобобових культур розраховують з введенням показників стосовно кількості бобів на рослині ті кількості насіння в одному бобі.

Кількість бобів на рослині розраховують шляхом ділення всіх бобів відібраних продуктивних рослин на кількість відібраних продуктивних рослин.

Продуктивність однієї зернобобової культури (P) вчислюють шляхом ділення маси насіння відібраних продуктивних рослин на кількість продуктивних рослин. Цей показник виражається в грамах.

Масу 1000 насінин (m) визначають за формулою:

$$m = \frac{P \times 1000}{N_B \times N_g},$$

де m – маса 1000 насінин при стандартній вологості, г;

P – середня маса зерна однієї рослини, г;

N_B – кількість бобів на рослині, шт;

N_g – кількість насіння в бобі, шт.

Біологічну врожайність насіння зернобобових культур розраховують за формулою:

$$Y_{\text{biol}} = \frac{N_p \times (N_B \times N_g \times m)}{10000},$$

де Y_{biol} – біологічна врожайність культури, ц/га.

N_p – кількість продуктивних рослин зернобобової культури при збиранні, шт./м²;

N_B – кількість бобів на рослині, шт.;

N_g – кількість насіння в бобі, шт.;

m – маса 1000 насінин при стандартній вологості, г.

Для визначення біологічної врожайності картоплі формула М. С. Савицького за урахуванням продуктивності рослин з 1,0 м² матиме такий вигляд:

$$Y_{\text{biol}} = \frac{N_{\text{sh}} \times N_{\text{tu}} \times M}{100},$$

де Y_{biol} – біологічна врожайність картоплі, т/га.

N_{sh} – кількість кущів при збиранні на одиниці площі, шт./м²;

N_{tu} – кількість бульб на одній рослині, шт.;

M – середня маса однієї бульби, г.

З урахуванням передзбиральної густоти стояння рослин на 1,0 га визначення біологічної продуктивності картоплі здійснюють за наступною формулою:

$$Y_{\text{biol}} = \frac{N_{\text{sh}} \times N_{\text{tu}} \times M}{1000},$$

$$Y_{\text{biol}} = \frac{N_{\text{sh}} \times M_{\text{tu}}}{1000},$$

де Y_{biol} – біологічна врожайність картоплі, т/га.

N_{sh} – кількість кущів при збиранні на одному гектарі, тис. шт./га;

M_{tu} – середня маса бульб з одного куща, г.

Формула по визначенню біологічної врожайності коренеплодів буде наступною:

$$Y_{\text{biol}} = (N_{\text{pl}} \times M_{\text{rv}}) / 1000,$$

де Y_{biol} – біологічна врожайність коренеплодів, т/га.

N_{sh} – кількість рослин при збиранні на одному гектарі, тис. шт./га;

M_{tu} – середня маса коренеплоду, г.

Для визначення врожайності кукурудзи застосовують наступну формулу:

$$Y_{biol} = \frac{N_p \times N_{CE} \times N_g \times m}{10000},$$

де Y_{biol} – біологічна врожайність кукурудзи, ц/га.

N_p – кількість рослин кукурудзи при збиранні на одиниці площі, шт./м²;

N_{CE} – середня кількість качанів на одній рослині на рослині, шт.;

N_g – середня кількість насіння в качані, шт.;

m – маса 1000 насінин при стандартній вологості, г.

При розрахунках біологічної врожайності з використанням показників продуктивності, які виражаються в грамах, в наведених формулах вже застосовані коефіцієнти, що передбачають перевід біологічної врожайності із грамів до тон і центнерів.

Ураховуємо, що 1,0 тонна дорівнюється 1000000 грамів. Отже, щоб перевести грами в тони, треба кількість грамів поділити на 1000000.

Щоб перевести грами в центнери, треба кількість грамів розділити на 100000.

При програмуванні врожайності та визначення рівня біологічної врожайності ураховують умови, що впливають на формування передзбиральної густоти стояння рослин (щільність агроценозів).

Накопичення рослинами органічної речовини відбувається в процесі фотосинтезу і залежить від площі листя і ФП, тому на ці показники і рівень врожайності агроценозів впливає кількість рослин на одиниці площі, збережених до проведення строків збирання.

Густота стояння рослин агроценозів формується під впливом факторів зовнішнього середовища і рівня агротехніки, який застосовується у

господарстві. Фактори впливу на формування щільності агроценозів поділяють на дві групи.

Перша група факторів впливає на отримання кількості рослин до фази повних сходів: посівні якості насіння, крупність насіння, біологічні особливості культури, норма висіву та глибина заробки насіння, строки сівби, зволоження та температурний режим посівного шару ґрунту, погодні умови під час проведення передпосівного обробітку ґрунту та сівби, дотримання вимог до проведення агроприйомів, якість налаштування сільськогосподарських машин.

Друга група факторів визначає збереження рослин агроценозів за період від появи повних сходів до часу збирання. Стосовно вирощування багаторічних трав і озимих культур ця група факторів у процесі перезимівлі рослин пов'язана з метеорологічними умовами за осінньо-зимовий-ранньовесняний період, проведенням догляду за посівами, підбором стійких сортів та гібридів до несприятливих погодних взимку.

Фактори польової схожості насіння, виживання і збереження рослин агроценозів слід прогнозувати і враховувати при розрахунку норм висіву насіння при сівбі.

Польова схожість – це відношення кількості рослин в фазу повних сходів до кількості висіяного схожого насіння на одиниці площі, яка виражена у відсотках.

Розрахункова формула польової схожості насіння (F_{GS}):

$$F_{GS} = \frac{N_{SP}}{N_{GS}} \times 100,$$

де F_{GS} – польова схожість насіння, %;

N_{SP} – кількість рослин у фазу повних сходів, шт./м²;

N_{GS} – кількість схожого насіння, що було висіяно, шт./м².

Збереження рослин – показник, що характеризує відношення рослин, які збереглися до збирання до кількості рослин, отриманих в фазу повних сходів. Показник збереження рослин виражається відсотках.

Розрахункова формула збереження рослин (S_p):

$$P_p = \frac{N_{yp}}{N_{sp}} \times 100, \quad ,$$

де P_p – збереження рослин, %;

N_{yp} – кількість рослин перед збиранням, шт./м²;

N_{sp} – кількість рослин в фазу повних сходів, шт./м².

Зміна величини показника збереження рослин за період від повних сходів до збирання пов'язане із загибеллю рослин і залежить від багатьох факторів:

- низької вологозабезпеченості агроценозів (проява явищ посухи в вегетаційний період);
- пошкодження рослин шкідниками і хворобами;
- знищення (вирізання) рослин при порушенні технології догляду за посівами (боронування по сходам, міжрядний обробіток, нерозумне застосування гербіцидів і ін.).

Вживання рослин – показник, що характеризує відношення кількості рослин, що збереглися до збирання до кількості висіяних насіння схожості. Показник вживання рослин виражається відсотках і характеризує кількість рослин перед збиранням, що були отримані від кожної насінини із 100 штук висіяного схожого насіння.

Показник вживання рослин (S_p) можна розраховувати наступними способами:

- а) через кількість висіяного схожого насіння:

$$S_P = \frac{N_{YP}}{N_{GS}} \times 100,$$

де S_P – виживаємість рослин, %;

N_{YP} – кількість рослин до збирання, шт./м² або шт./га;

N_{GS} – кількість висіяного схожого насіння, шт./м² або шт./га.

б) через показники польової схожості насіння і збереження рослин:

$$S_P = \frac{F_{GS} \times P_P}{100},$$

де S_P – виживаємість рослин, %;

F_{GS} – польова схожість насіння, %;

P_P – збереження рослин, %.

Показники польової схожості насіння та виживання рослин можна брати з довідкової літератури з відповідними обґрунтованими поправками на рівень проектованої технології вирощування сільськогосподарської культури;

в) через польову схожість і збереження рослин з урахуванням посівної придатності висіяного насіння:

$$S_P = \frac{S_{SS} \times F_{GS} \times P_P}{10000},$$

де S_P – виживаємість рослин, %;

S_{SS} – посівна придатність насіння, %;

F_{GS} – польова схожість насіння, %;

P_P – збереження рослин, %.

Посівна придатність насіння (ПГ) являє собою результат множення показника чистоти насіння на показник лабораторної схожості.

Таким чином, при розрахунку норм висіву під плановану густоту стояння рослин слід заздалегідь спрогнозувати величини показників:

- польової схожості насіння;
- збереження рослин;
- виживання;
- збереження рослин.

Слід урахувати, що ці показники залежать від погодних умов і рівня агротехніки. Прогнозувати ці показники і також коефіцієнт продуктивної кущистості дуже важко, оскільки невідомо, як складуться метеорологічні умови в період вегетації, тому при програмуванні рекомендується користуватися середніми даними, які отримані в дослідках і виробничих умовах.

За узагальненими даними, продуктивна кущистість становить в середньому:

- озимого жита – 1,47;
- озимої пшениці – 1,60;
- ярих зернових хлібів – в межах 1,00-1,30.

Показники польової схожості насіння і збереження рослин залежать, в першу чергу:

- від рівня обробітку ґрунту;
- посівних якостей насіння;
- підготовки насіння до посіву;
- вибору оптимальних для складних умов строків сівби, глибини

загортання насіння, прийомів догляду за посівами.

При оптимізації елементів агротехнології ці показники можуть досягати максимальних значень, а при порушенні технології можуть значно знижуватися.

Знання цих питань і вміння застосувати знання з програмування врожайності на практиці дозволяє агроному максимально наблизити польову схожість насіння до лабораторної, а збереження рослин до 100,0 %. Агроному необхідно прагнути до того, щоб кожне висіяне насіння дало повноцінні сходи, а кожна отримана рослина досягла збиральної (укісної) стиглості. Це дозволить в технологіях вирощування зменшити витрату насіння, які в структурі собівартості виробленої продукції рослинництва займають значне місце.

Основним елементом програмування у визначенні показників передзбиральної густоти стояння рослин, збереження, виживання рослин є норма висіву схожого насіння.

Розрахунки норм висіву насіння у програмуванні дозволяють встановити необхідну кількість посівного матеріалу, отримувати оптимальну густоту стояння рослин з мінімальними витратами та втратами насіння.

Норми висіву сільськогосподарських культур в різних ґрунтово-кліматичних зонах вирощування сільськогосподарських культур неоднакові і залежать не тільки від погодних умов вегетаційного періоду, а й від мети вирощування культури, способів сівби, посівних якостей насіння.

Норми висіву насіння встановлюються за вагою і за кількістю насіння, яке висівається на одиницю площі.

Для кожного господарства норми висіву визначають з розрахунку посівної придатності насіння. Для розрахунку вагової норми висіву треба знати значення маси 1000 насінин і кількість насіння, яке висівається на 1,0 га в даній ґрунтово-кліматичній зоні вирощування культури.

Знаючи необхідну кількість рослин перед збиранням для отримання запрограмованого врожаю розраховують вагову норму висіву насіння.

Розрахунки вагової норми висіву виконують поетапно.

Першим етапом розрахунків є встановлення посівної придатності насіння.

Це пов'язано с тим, що у виробничих умовах насіннєвий матеріал, як правило, має посівну придатність нижче 100,0%. Тому необхідно внести поправку в норму висіву з урахуванням фактичної посівної придатності.

Для кондиційного насіння обчислюють посівну придатність за формулою:

$$S_{SS} = \frac{P_{SS} \times L_{GS}}{100},$$

де S_{SS} – посівна придатність насіння, %;

P_{SS} – чистота насіння, %;

L_{GS} – лабораторна схожість насіння, %;

Наприклад, при чистоті насіння озимої пшениці 99,4 % і лабораторної схожості насіння 97,5 % посівна придатність насіння буде рівнятися:

$$S_{SS} = \frac{P_{SS} \times L_{GS}}{100} = \frac{99,4 \times 97,5}{100} = 96,9 \text{ \%}.$$

Посівна придатність насіння служить для внесення поправки в вагову норму висіву відповідно до конкретного насіннєвого матеріалу.

Другим етапом розрахунків є встановлення вагової норми висіву насіння на 1,0 га з урахуванням маси 1000 насінин, кількості насіння, яке необхідно, відповідно до технології вирощування, висіяти:

$$N_S = \frac{D_{PL} \times m}{10^6} \times k$$

де N_S – вагова норма висіву насіння при 100,0 % посівної придатності, кг/га

D_{PL} – передзбиральна густина стояння рослин, рослин/га;

m – маса 1000 насінин, г;

k – коефіцієнт поправки до норми висіву насіння з урахуванням пошкодження рослин в період вегетації від хвороб, шкідників, при проведенні механічних агроприйомів по догляду за рослинами (становить від 1,1 до 1,3).

Наприклад, передзбиральна густина стояння рослин озимої пшениці становить 3,0 млн. рослин/га, маса 1000 насінин – 39,8 г, коефіцієнт поправки до норми висіву насіння $k = 1,10$. За цими даними розраховуємо вагову норму висіву насіння озимої пшениці:

$$N_S = \frac{D_{PL} \times m}{10^6} \times k = \frac{3000000 \times 39,8}{10^6} \times 1,10 = 119,4 \text{ кг/га} \approx 120,0 \text{ кг/га.}$$

Третім етапом розрахунків є встановлення норми висіву схожого насіння з поправкою фактичну посівну придатність.

Норма висіву схожого розраховується за формулою:

$$N_{SS} = \frac{N_S}{S_{SS}} \times 100,$$

де N_{SS} – вагова норма висіву схожого насіння, кг/га;

N_S – вагова норма висіву насіння при 100,0 % посівної придатності, кг/га

S_{SS} – посівна придатність насіння, %.

На основі отриманих даних першого та другого етапів розрахунків встановлюємо вагову норму висіву схожого насіння озимої пшениці:

$$N_{SS} = \frac{N_S}{S_{SS}} \times 100 = \frac{120}{96,9} \times 100 = 123,8 \text{ кг/га} \approx 124,0 \text{ кг/га.}$$

Таким чином, при запланованій передзбиральній густоті стояння рослин 3,0 млн./га відповідно до посівних властивостей насіння і мінімальному коефіцієнту поправки до норми висіву насіння з урахуванням пошкодження

рослин в період вегетації 1,10 вагова норма висіву схожого насіння озимої пшениці складає 124,0 кг/га.

При проведенні сівби агроном повинен контролювати встановлену вагову норму висіву схожого насіння. Контроль за нормою висіву схожого насіння виконується шляхом підрахунку висіяного насіння на 1,0 погонний метр відповідно до вагової норми висіву і кількості насіння яке повинно буди висіяно на 1,0 га.

Підрахунки виконуються наступним способом.

Встановлюється загальна кількість насіння, яке повинно бути висіяно у відповідності до вагової норми схожого насіння:

$$Q_{SS} = \frac{1000 \times N_{SS}}{m} \times K,$$

де Q_{SS} – кількість насіння, що висівається під час сівби сівалками на одиницю площі, шт./га;

N_{SS} – вагова норма висіву схожого насіння, кг/га;

m – маса 1000 насінин, г;

K – коефіцієнт переводу із грамів в кілограми, $K = 1000$.

При встановленій ваговій норми висіву схожого насіння 124,0 кг/га на 1,0 га повинно бути висіяно насіння озимої пшениці:

$$Q_{SS} = \frac{1000 \times N_{SS}}{m} \times K = \frac{1000 \times 124}{39,8} \times 1000 = 3115577 \text{ шт./га.}$$

Далі розраховуємо скільки повинно бути висіяно насіння сівалками на 1,0 погонний метр:

$$Q_{1M} = \frac{Q_{SS}}{R_M},$$

де Q_{1M} – кількість насіння, що висівається сівалками на 1,0 погонний метр, шт./1 п. м;

Q_{SS} – кількість насіння, що висівається під час сівби сівалками на одиницю площі, шт./га;

R_M – кількість погонних метрів на 1,0 га, п. м/га.

Кількість погонних метрів на 1,0 га визначається шириною міжряддя посіву. Вона розраховується шляхом ділення квадратної площі 1,0 га, яка становить 10000 м^2 , на ширину міжряддя посіву, яка виражається в метрах.

Наприклад.

При ширині міжряддя 15 см кількість погонних метрів на 1,0 га становить: $10000 / 0,15 = 66666$ п. м.

При ширині міжряддя 45 см кількість погонних метрів на 1,0 га становить: $10000 / 0,45 = 22222$ п. м.

При ширині міжряддя 70 см кількість погонних метрів на 1,0 га становить: $10000 / 0,70 = 14285$ п. м.

При сівбі озимої пшениці з шириною міжряддя 15,0 см з висівом на 1,0 га кількості схожого насіння 3115577 насінин, на 1,0 погонний метр повинно бути висіяно:

$$Q_{1M} = \frac{Q_{SS}}{R_M} = \frac{3115577}{66666} = 46,7 \text{ насінин} \approx 47 \text{ насінин.}$$

Таким чином, агроном встановлює, що при заданих посівних властивостях насіння при ваговій нормі висіву схожого насіння 124,0 кг/га при сівбі на 1,0 погонний метр повинно бути висіяно 48 насінин озимої пшениці.

Завдання 1.

За наведеними даними елементів структури продуктивності таблиці 9 розрахувати біологічну врожайність сільськогосподарських культур.

Таблиця 9.

Біологічна врожайність сільськогосподарських культур по елементах продуктивності рослин

Культури	Кількість рослин на 1,0 га перед збиранням	Продуктивна куцистість*	Кількість продуктивних стебел на 1,0 га перед збиранням, млн. шт.	Кількість насінин у суцвітті, шт.	Маса 1000 насінин, г	Біологічна врожайність, ц/га
Пшениця озима	3,6 млн.	1,60		26,0	41,4	
Пшениця озима	4,0 млн.	1,66		24,0	39,9	
Жито озиме	3,4 млн.	1,47		36,0	42,0	
Тритикале озиме	3,1 млн.	2,03		39,0	44,3	
Ячмінь озимий	2,9 млн.	2,8		29,0	49,0	
Ячмінь ярий	3,0 млн.	2,2		25,0	45,0	
Овес	3,1 млн.	1,3		36,0	29,1	
Кукурудза	55 тис.	1,2 качанів на рослині		576	260	
Кукурудза	50 тис.	1,3 качанів на рослині		640	240	
Соняшник	50			1490	60,4	

*Продуктивна куцистість – кількість продуктивних стебел на одній рослині.

Завдання 2.

За даними передзбиральної густоти продуктивного стеблестою та маси зерна однієї рослини, що наведено в таблиці 10, розрахувати біологічну врожайність озимої пшениці. Отримані дані занести в таблицю 10.

Таблиця 10.

Біологічна врожайність озимої пшениці

Кількість продуктивних стебел, млн./га	Маса зерна 1 колосу, г					
	0,55	0,77	0,99	1,09	1,15	1,20
3,4						
3,9						
4,5						
5,2						
5,7						
6,2						
6,5						
6,8						

Завдання 3.

Розрахувати вагову норму висіву ярої твердої пшениці за таких умов:

передзбиральна густина стояння рослин – 3,2 млн. га;

продуктивна куцистість – 1,3;

маса 1000 насінин – 43,0 г;

коефіцієнт поправки до норми висіву насіння з урахуванням пошкодження рослин в період вегетації – 1,3;

чистота насіння 97,9 %;

лабораторна схожість насіння 96,4 %;

Завдання 4.

Розрахувати вагову норму висіву озимого ріпаку за таких умов:

передзбиральна густина стояння рослин – 0,75 млн. га;

маса 1000 насінин – 3,5 г;

коефіцієнт поправки до норми висіву насіння з урахуванням пошкодження рослин в період вегетації – 1,3;

чистота насіння 96,7 %;

лабораторна схожість насіння 95,2 %;

Завдання 5.

При сівбі кормового буряку на 1,0 погонний метр рядку висівається 16 клубочків. Маса 1000 насінин становить 22,0 г. Посів здійснюється на ширину міжряддя 70 см. Встановити кількісну та вагову норми висіву. Визначити передзбиральну густоту стояння рослин. Розрахувати на основі даних передзбиральної густоти та за середніми багаторічними даними продуктивності рослин біологічну врожайність.

Завдання 6.

При сівбі сої на 1,0 погонний метр рядку висівається 20 насінин. Маса 1000 насінин становить 177,4 г. Посів здійснюється на ширину міжряддя 45 см. Встановити кількісну та вагову норми висіву. Визначити передзбиральну густоту стояння рослин. Розрахувати на основі даних передзбиральної густоти та за середніми багаторічними даними продуктивності рослин біологічну врожайність.

Завдання 7.

При сівбі соняшнику на 1,0 погонний метр рядку висівається 4,4 насінин. Маса 1000 насінин становить 57,9 г. Посів здійснюється на ширину міжряддя 70 см. Встановити кількісну та вагову норми висіву. Визначити передзбиральну густоту стояння рослин. Розрахувати на основі даних передзбиральної густоти та за середніми багаторічними даними продуктивності рослин біологічну врожайність.

Завдання 8.

При сівбі озимої пшениці на 1,0 погонний метр рядку висівається 67 насінин. Маса 1000 насінин становить 41,9 г. Посів здійснюється на ширину міжряддя 15 см. Встановити кількісну та вагову норми висіву. Визначити передзбиральну густоту стояння рослин, якщо продуктивна куцистість складає 1,64. Розрахувати на основі даних передзбиральної густоти та за середніми

багаторічними даними продуктивності рослин біологічну врожайність.

Контрольні питання до лабораторної роботи

1. Дати визначення поняттю врожай і врожайність.
2. Назвати види врожайності.
3. Назвати складові елементи структури врожайності сільськогосподарських культур.
4. Які основні відмінності між польовою і лабораторною схожістю насіння?
5. Що таке «збереження» і «виживання» рослин. Як за формулами визначити «збереження» ті «виживання» рослин?
6. Які агротехнічні прийоми забезпечують підвищення показників «збереження» ті «виживання» рослин в агроценозах?
7. Що таке продуктивна кущистість?
8. Як визначити кількість продуктивних стебел на 1,0 га?
9. Як Ви розумієте поняття про оптимальну густоту стояння рослин?
10. В чому полягає залежність показників передзбиральної густоти стояння рослин від факторів зовнішнього середовища і технологій вирощування?
11. Назвати основні параметри блок схем продукційного процесу сільськогосподарських культур?
12. Надати характеристику моделі агроценозів сортів і гібридів. Назвати основні параметри моделей агроценозів.
13. В чому заключається взаємозв'язок між блок схемами продукційного процесу та моделями агроценозів сортів і гібридів?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Васина, Н. В. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: методические указания для практических занятий / Н. В. Васина. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 42 с.
2. Каленська, С. М. Прогнозування і програмування врожаїв сільськогосподарських культур / С. М. Каленська, В. А. Мокрієнко, М. Я. Дмитришак, А. В. Юник, Є. В. Качура. – Київ: Видавничий Центр НУБіП України. – 28 с.
3. Каюмов, М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур М. К. Каюмов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.
4. Михайлов, Н. Н. Определение потребности растений в удобрениях / Н. Н. Михайлов, В. П. Книпер. – М., 1971. – 256 с.
5. Можаяев, Н. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: учебное пособие / Н. Можаяев, П. Серикпаев, Г. Стыбаев. – Астана: Фолиант, 2013. – 160 с.
6. Муха, В. Д. Програмування врожаїв / В. Д Муха, В. А. Пилипець. – К.: Вища школа, 1988. – 222 с.
7. Харченко, О. В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур / О. В. Харченко. – Суми: Університетська книга, 2003. – 295 с.
8. Шатилов, И. С. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая / И. С. Шатилов, А. Ф. Чудновский. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 310 с.
9. Шеуджен, А. Х. Методы расчёта доз удобрений: учебное пособие / А. Х. Шеуджен, Л. И. Громова, Л. М. Онищенко. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2010. – 61 с.
10. Ягодин, Б. А. Агрохимия / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. – М.: Издательство «Лань», 2002. – 584 с.

Додаткова

1. Жатов, О. Г. Рослинництво з основами програмування врожаю / О. Г. Жатов, Л. Т. Глущенко, Г. О. Жатова та ін.; за ред. О. Г. Жатова. – К.: Урожай, 1995. – 256 с.
2. Жатов, А. И., Особенности возделывания технических культур: Учебное пособие / А. И. Жатов, М. А. Бобро, А. К. Мишньов. – Харьков, 1990. – 88 с.
3. Зиганшин, А. А. Факторы запрограммированных урожаев / А. А. Зиганшин, Л. Р. Шарифуллин. – Казань: Таткнигоиздат, 1974. – 176 с.
4. Павловський, В. В. Агрометеорологія / В. В. Павловський, І. Д. Василенко, В. Ф. Урсулов. – К.: Вища школа, 1994. – 272 с.
5. Філіп'єв, І. Д. Як програмувати врожай / І. Д. Філіп'єв, Є. К. Міхеєв. – К.: Урожай, 1990. – 94 с.
6. Шишов, Л. Л. Критерии и модели плодородия почв / Л. Л. Шишов, И. И. Карманов, Д. М. Дурманов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 184 с.

ДОДАТКИ

Додаток 1.

**Калорійність сільськогосподарських культур,
співвідношення основної та побічної продукції рослин**

Культура	Вологість основної продукції, %	Співвідношення основної й побічної продукції рослини	Сума частин основної ті побічної продукції рослини	Калорійність абсолютно сухої речовини біомаси рослин, кДж/кг
Пшениця озима: високорослі сорти	14,0	1:1,4	2,4	18646
середньорослі	14,0	1:1,3	2,3	18646
напівкарликові	14,0	1:1,1	2,1	18646
Пшениця яра м'яка	14,0	1:1,3	2,3	18841
Пшениця яра тверда	14,0	1:1,2	2,2	19050
Жито озиме	14,0	1:1,7	2,7	18436
Ячмінь озимий	14,0	1:1,3	2,3	18520
Ячмінь ярий	14,0	1:1,1	2,1	18520
Тритікале озиме	14,0	1:1,6	2,6	18520
Овес	14,0	1:1,3	2,3	18436
Просо	14,0	1:1,2	2,2	19274
Рис	14,0	1:1,2	2,2	18129
Кукурудза зерно	14,0	1:1,4	2,4	17179
Кукурудза силос	70,0	1,0	1,0	16302
Сорго	14,0	1:1,3	2,3	18017
Гречка	14,0	1:2,5	3,5	19023
Горох	12,0	1:1,2	2,2	19735
Соя	12,0	1:1,5	2,5	19946
Картопля	80,0	1:0,7	1,7	18003
Цукровий буряк	80,0	1:0,6	1,6	17710
Кормовий буряк	80,0	1:0,5	1,5	16120
Соняшник	9,0	1:1,6	2,6	18646
Ріпак	9,0	1:2,5	3,5	19678
Льон олійний	9,0	1:1,25	2,25	19274

Середньомісячні і річні значення ФАР, кДж/см²

Зона, область	Місяці												За рік	За період з температурою	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		10 °С	5 °С
Степ	6,28	9,63	17,59	23,88	32,68	34,35	35,61	30,58	22,62	14,24	6,28	4,60	237,57	167,60	192,75
Луганська	5,86	9,63	17,59	22,62	30,58	34,35	34,35	29,74	21,36	12,57	5,86	4,19	228,77	153,03	175,98
Дніпропетровська	5,86	9,21	16,76	23,04	31,84	33,93	34,77	30,16	21,78	13,40	5,86	4,19	230,86	159,22	188,55
Донецька	5,86	9,21	17,17	23,46	31,84	33,52	35,19	30,16	21,36	13,40	5,86	4,19	234,28	159,22	184,56
Запорізька	5,86	9,21	17,59	23,88	32,26	34,35	36,03	30,58	22,62	14,24	6,28	4,19	237,15	167,60	192,74
Кіровоградська	5,86	9,21	16,76	22,62	31,42	33,10	33,93	28,49	21,36	12,98	5,02	4,19	225,00	159,22	180,17
Миколаївська	5,86	9,21	17,17	23,46	32,26	33,52	36,45	30,16	22,66	14,24	5,86	4,60	235,47	167,60	192,74
Одеська	6,28	9,63	18,01	24,30	33,52	34,35	35,61	31,00	23,46	14,66	6,28	5,44	246,37	171,79	196,93
Херсонська	6,28	9,63	18,01	24,30	33,93	35,19	39,45	31,84	24,30	15,08	6,28	5,02	246,37	175,98	205,31
АРК	7,54	10,05	18,43	25,97	34,35	36,45	37,29	32,68	24,72	16,34	7,54	5,86	258,10	188,55	217,88
Лісостеп	5,44	9,21	16,76	22,20	30,16	32,26	32,68	28,91	20,11	11,73	5,02	3,77	217,88	146,65	171,70
Вінницька	5,85	9,21	17,17	22,62	31,00	33,10	33,52	36,87	20,53	12,57	5,02	4,19	223,32	150,84	173,98
Київська	5,02	8,79	15,92	22,20	30,16	32,26	32,26	27,23	19,27	11,31	4,60	3,35	212,43	146,65	171,79
Полтавська	5,44	9,21	15,92	22,20	30,58	31,84	33,52	28,07	20,11	11,31	5,02	3,77	216,62	150,84	171,79
Сумська	4,60	8,38	16,34	21,36	29,33	30,58	31,42	26,81	18,85	10,47	4,19	3,35	205,72	138,27	159,22
Тернопільська	5,85	9,63	16,76	22,20	29,33	31,84	32,26	27,93	20,11	12,15	4,40	4,19	216,20	146,65	171,79
Харківська	5,44	9,21	16,76	22,20	31,00	33,10	33,52	28,91	20,53	11,75	5,44	3,77	227,09	150,84	171,79
Хмельницька	5,85	9,21	16,76	22,20	30,16	32,26	32,68	27,23	20,11	15,15	4,60	3,77	217,04	146,25	167,60
Черкаська	5,44	9,21	16,76	22,62	31,42	33,00	33,52	28,91	20,95	12,15	5,02	4,19	223,32	150,84	175,98
Черновецька	6,70	10,05	18,43	21,36	28,49	30,58	31,84	27,23	20,11	12,57	5,86	5,02	218,29	146,65	167,60
Полісся	5,44	8,79	16,76	21,36	28,91	31,00	31,42	26,81	18,85	11,73	4,60	3,77	209,5	142,46	167,60
Волинська	4,60	8,79	16,76	21,36	28,91	31,84	30,16	25,97	18,43	10,89	3,77	3,35	204,89	142,46	167,60
Житомирська	5,09	8,38	15,92	20,95	29,33	31,80	31,42	26,81	18,43	10,89	4,19	3,35	206,58	142,46	163,41
Закарпатська	5,85	8,38	18,85	20,95	29,33	31,00	32,28	28,07	20,11	12,98	5,86	4,19	218,71	159,22	180,17
Івано-Франківська	5,85	9,63	17,17	20,95	28,07	28,91	30,58	26,39	18,85	12,98	6,28	4,60	210,33	134,08	159,20
Львівська	5,85	9,63	16,76	21,78	28,91	31,42	31,42	27,23	19,27	12,15	4,60	4,12	213,27	142,46	163,41
Рівненська	5,32	8,19	16,36	21,36	29,33	31,84	31,42	26,39	18,43	11,31	4,19	3,35	208,24	142,46	167,60
Чернігівська	4,60	8,38	16,34	21,36	24,33	31,00	31,42	26,87	18,43	10,05	4,10	3,35	205,31	138,22	163,41

Характеристика водно-фізичних властивостей основних видів і різновидностей ґрунтів

Вид, різновидність ґрунту	Механічний склад ґрунту	Найменша вологоємність ґрунту (НВ), мм	Недоступна волога в ґрунті, мм	Максимально можливі запаси доступної вологи в ґрунті весною, мм
Світло-сірі опідзолені	Супіщано-легкосуглинковий	270	70	200
Сірі опідзолені	Легкосуглинковий	290	110	190
Темно-сірі опідзолені	Середньо-суглинковий	300	120	180
Чорноземи опідзолені	Легкосуглинковий	310	120	190
Чорноземи типові глибокі	Середньо-суглинковий	310	140	180
Чорноземи карбонатні лучні	Легкосуглинковий	300	110	190
Чорноземи лучні солончкові	Суглинковий	300	145	160
Чорноземи звичайні	Легкосуглинковий	305	130	175
Чорноземи звичайні	Середньо-суглинковий	330	170	160
Чорноземи звичайні	Важкосуглинковий	350	195	155
Чорноземи південні малогумусні	Середньо-суглинковий	320	170	150
Чорноземи південні солонцюваті	Важкосуглинковий	330	190	140
Темно-каштанові солонцюваті	Супіщано-легкосуглинковий	245	115	130
Темно-каштанові солонцюваті	Важкосуглинковий	340	200	140
Темно-каштанові солонцюваті	Середньо-суглинковий	315	165	150
Чорноземні ґрунти на пісках	Легкопіщано-пилуваті	200	80	120

Середньомісячна та середньорічна кількість опадів на території України, мм

Агрокліматична зона, область	Місяць												Сума за рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Степ													
Дніпропетровська	35	35	38	40,	47	74	46	46	44	36	42	38	521
Донецька	46	42	41	41	46	76	53	41	49	39	46	50	570
Запорізька	39	35	40	39	40	67	48	41	41	33	44	45	512
Кропивницька	31	28	33	37	48	77	61	54	52	39	40	35	535
Луганська	43	38	33	35	46	72	62	41	52	41	46	47	556
Миколаївська	28	28	28	31	43	59	51	45	49	33	38	35	468
Одеська	28	27	30	32	43	62	57	51	52	36	39	34	491
Херсонська	28	29	29	35	41	55	42	39	44	28	37	36	443
Крим	31	29	33	34	35	53	33	50	42	33	41	41	455
Лісостеп													
Вінницька	31	29	30	47	53	86	87	77	60	34	41	36	611
Київська	29	30	34	44	54	84	73	69	59	40	42	37	595
Полтавська	38	34	40	44	51	68	63	49	58	49	44	33	577
Сумська	37	34	38	45	51	67	75	55	58	50	42	36	588
Тернопільська	29	35	35	43	63	83	90	72	66	37	38	39	630
Харківська	40	37	40	40	54	76	62	44	55	45	47	42	582
Хмельницька	32	33	30	46	54	91	99	69	64	35	41	38	632
Черкаська	31	31	35	43	52	79	67	60	56	43	44	37	578
Чернівецька	26	27	25	46	60	85	102	72	57	34	38	34	606
Полісся													
Волинська	31	34	34	44	55	80	90	59	63	39	42	38	609
Житомирська	33	33	37	40	52	84	90	72	60	40	44	39	624
Закарпатська	61	59	52	58	75	76	88	74	79	65	63	77	828
Івано-Франківська	26	31	37	52	82	107	104	87	76	45	41	39	727
Львівська	31	37	37	48	80	88	94	78	74	48	44	39	689
Рівненська	29	31	32	39	56	83	106	56	63	39	42	37	613
Чернігівська	38	38	37	46	58	78	72	64	64	47	48	42	632

Середньомісячна температура на території України, °С

Агрокліматична зона, область	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Степ												
Дніпропетровська	-3.4	-2.4	2.7	10.3	16.9	21.0	23.3	23.0	16.8	9.7	3.7	-0.6
Донецька	-3.7	-2.8	2.2	9.6	16.2	20.5	23.0	22.8	16.4	9.2	2.9	-1.3
Запорізька	-2.6	-1.6	3.4	10.5	17.1	21.3	23.8	23.7	17.4	10.3	4.3	0.1
Кропивницька	-3.4	-2.1	2.7	10.0	16.6	20.5	22.6	22.2	16.3	9.4	3.6	-0.7
Луганська	-3.9	-3.1	2.2	10.0	16.6	21.1	23.6	23.1	16.6	9.3	2.8	-1.4
Миколаївська	-1.7	-0.3	4.2	10.9	17.4	21.7	24.3	24.1	18.0	11.1	5.5	1.0
Одеська	-0.9	0.5	4.8	10.8	17.4	21.9	24.5	24.2	18.3	11.7	6.5	1.6
Херсонська	-0.9	0.4	4.7	11.2	17.7	22.1	24.9	24.7	18.5	11.5	6.0	1.7
Крим ^{ПР}	1,8	2,4	4,9	9,9	15,1	19,5	22,3	22	17,9	13,3	6,8	4,2
Лісостеп												
Вінницька	-3.5	-2.2	2.4	9.5	15.3	18.9	20.9	20.2	14.9	8.6	3.5	-1.3
Київська	-3.5	-2.5	2.3	9.7	15.7	19.4	21.4	20.5	15.1	8.7	3.4	-1.2
Полтавська	-4.1	-3.2	1.8	9.8	16.3	20.2	22.4	21.9	15.8	8.8	2.9	-1.4
Сумська	-5.3	-4.6	0.5	9.0	15.4	19.0	21.4	20.6	14.7	7.9	1.9	-2.4
Тернопільська	-3.6	-2.3	2.1	8.9	14.4	17.9	19.8	19.3	14.3	8.4	3.5	-1.3
Харківська	-4.9	-4.0	1.1	9.3	16.0	19.9	22.2	21.5	15.3	8.3	2.2	-2.1
Хмельницька	-3.6	-2.4	2.0	9.0	14.8	18.3	20.1	19.5	14.5	8.4	3.4	-1.4
Черкаська	-3.2	-2.3	2.3	10.0	16.8	20.6	22.7	22.0	16.2	9.5	3.9	-0.6
Чернівецька	-3.2	-1.6	3.1	9.9	15.5	19.0	20.8	20.4	15.4	9.2	4.0	-1.0
Полісся												
Волинська	-3.1	-1.9	2.4	9.3	14.7	18.1	20.0	19.5	14.5	8.8	4.1	-0.6
Житомирська	-3.7	-2.8	1.9	9.2	15.0	18.7	20.6	19.7	14.5	8.4	3.3	-1.4
Закарпатська	-2.0	-0.4	4.3	10.6	15.5	19.2	21	20.8	15.7	10.1	5.1	-0.1
Івано – Франківськ	-3.2	-1.8	2.5	9.1	14.3	17.7	19.5	19.1	14.3	8.7	3.8	-0.9
Львівська	-3.0	-1.7	2.7	9.3	14.3	17.7	19.6	19.1	14.3	9.0	4.2	-0.6
Рівненська	-3.3	-2.3	2.2	9.1	14.7	18.2	20.1	19.4	14.4	8.6	3.8	-0.9
Чернігівська	-4.7	-4.0	1.0	9.1	15.4	19.1	21.1	20.1	14.5	8.0	2.5	-1.9

Наведено за даними порталу CLIMATE-MODEL BY CLIMATE-DATA.ORG

^{ПР}. Дані за порталом погода та клімат (1981-2010 рр).

**Коефіцієнт сумарного водоспоживання
основних сільськогосподарських культур (при стандартній вологості), м³/т**

Культура	Середнє значення
Пшениця озима	650
Ячмінь озимий	610
Жито озиме	690
Пшениця яра	715
Ячмінь ярий	780
Овес	850
Кукурудза (зерно)	680
Кукурудза (зелена маса з качанами)	44
Просо	945
Гречка	1105
Рис	2500
Сорго зернове	860
Сорго цукрове (зелена маса)	57,1
Горох	1150
Соя	1800
Соняшник	2000
Ріпак озимий	2100
Ріпак ярий	2250
Кормовий буряк (коренеплоди)	60
Цукровий буряк (коренеплоди)	70
Картопля (бульби)	75
Багаторічні трави (сіно)	490

**Транспіраційні коефіцієнти
основних сільськогосподарських культур**
(витрати вологи в грамах на формування рослинами одного граму сухої маси)

Культура	Середнє значення
Пшениця озима	400
Ячмінь озимий	410
Жито озиме	410
Пшениця яра (тверда)	415
Пшениця яра (м'яка)	405
Ячмінь озимий	380
Ячмінь ярий	420
Тритикале	510
Овес	405
Кукурудза (зерно)	265
Просо	250
Гречка	495
Рис	500
Сорго зернове	225
Горох	700
Соя	700
Соняшник	510
Ріпак озимий	550
Ріпак ярий	580
Цукровий буряк (коренеплоди)	360
Картопля (бульби)	400

Додаток 7

**Коефіцієнт продуктивності (Кп) зернових культур
за різним ступенем зволоження**

Культура	Сума $t > +10^{\circ}\text{C}$	Показник зволоження (Кзв)						
		<i>0,15</i>	<i>0,25</i>	<i>0,35</i>	<i>0,45</i>	<i>0,55</i>	<i>0,65</i>	<i>0,75</i>
Кукурудза	2700	0,52	1,00	1,28	1,45	1,54	1,60	1,40
Пшениця озима	2100	0,48	0,86	1,06	1,19	1,25	1,25	1,20
Жито озиме	2000	0,47	0,86	1,07	1,20	1,27	1,29	1,28
Овес	1500	0,58	1,10	1,87	1,52	1,59	1,60	1,56
Ячмінь	1400	0,59	1,11	1,39	1,54	1,62	1,64	1,59
Пшениця яра	1600	0,47	0,81	1,00	1,08	1,11	1,04	1,02
Середнє		0,51	0,95	1,19	1,33	1,39	1,40	1,38

Додаток 8

**Коефіцієнт біологічної продуктивності (Кр)
за різним ступенем зволоження**

Кзв	Кр	Кзв	Кр	Кзв	Кр	Кзв	Кр	Кзв	Кр	Кзв	Кр
0,60	1,20	0,50	1,0	0,40	0,92	0,30	0,79	0,20	0,57	0,10	0,19
0,59	1,18	0,49	0,99	0,39	0,91	0,29	0,77	0,19	0,53	0,09	0,17
0,58	1,16	0,48	0,98	0,38	0,89	0,28	0,75	0,18	0,49	0,08	0,15
0,57	1,14	0,47	0,97	0,37	0,88	0,27	0,72	0,17	0,46	0,07	0,13
0,56	1,12	0,46	0,97	0,36	0,87	0,26	0,70	0,16	0,42	0,06	0,11
0,55	1,10	0,45	0,69	0,35	0,86	0,25	0,68	0,15	0,38	0,05	0,09
0,54	1,08	0,44	0,95	0,34	0,84	0,24	0,66	0,14	0,34	0,04	0,07
0,53	1,06	0,43	0,94	0,33	0,83	0,23	0,64	0,13	0,30	0,03	0,06
0,52	1,04	0,42	0,94	0,32	0,82	0,22	0,61	0,12	0,27	0,02	0,04
0,51	1,02	0,41	0,93	0,31	0,80	0,21	0,59	0,11	0,23	0,01	0,02

Додаток 9

**Потреба сільськогосподарських культур в ресурсах тепла за період
вегетації рослин**

Культура	Група стиглості сортів і гібридів	Сума активних температур ($\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$), $^{\circ}\text{C}$
Пшениця озима	ранньостигла	1900-2100
	середньостигла	2100-2200
	пізньостигла	2200-2400
Ячмінь ярий	ранньостигла	1700-1800
	середньостигла	1800-1900
	пізньостигла	1900-2100
Жито озиме	ранньостигла	1700-1800
	середньостигла	1800-1900
	пізньостигла	1900-2100
Тритікале озиме	ранньостигла	1800-1900
	середньостигла	1900-2100
	пізньостигла	2100-2300
Пшениця яра (тверда)	ранньостигла	1400-1500
	середньостигла	1500-1600
	пізньостигла	1600-1700
Пшениця яра (м'яка)	ранньостигла	1200-1400
	середньостигла	1300-1500
	пізньостигла	1450-1700
Ячмень ярий	ранньостигла	950-1250
	середньостигла	1200-1350
	пізньостигла	1300-1450
Овес	ранньостигла	1000-1250
	середньостигла	1250-1450
	пізньостигла	1400-1550
Просо	ранньостигла	1400-1570
	середньостигла	1600-1675
	пізньостигла	1700-1875
Гречка	ранньостигла	1200
	середньостигла	1300
	пізньостигла	1400
Кукурудза	ранньостигла	2200
	середньостигла	2600
	пізньостигла	2900-3000
Сорго	ранньостигла	2000-2200
	середньостигла	2500
	пізньостигла	3000
Горох	залежно від групи стиглості	1300-1700
Соя	ранньостигла	1700-1900
	середньостигла	2500-2800
	пізньостигла	3000-3200
Соняшник	ранньостигла	1850
	середньостигла	2000
	пізньостигла	2300
Ріпак озимий	ранньостигла	1800-1900
	середньостигла	1900-2000
	пізньостигла	2000-2100
Ріпак ярий	ранньостигла	1450-1500
	середньостигла	1550-1600
	пізньостигла	1600-1650

**Нормативна окупність органічних добрив
і повного мінерального добрива, ц**

Культура	Степ	Лісостеп	Полісся
Пшениця озима, жито	0,30 / 5,2	0,29 / 5,5	0,28 / 4,9
Ячмінь, овес	- / 4,3	- / 4,9	- / 4,7
Кукурудза на зерно	0,30 / 5,4	0,30 / 5,4	0,30 / 5,4
Зернобобові, гречка	- / 3,8	- / 4,0	- / 4,2
Картопля	1,0 / 15	1,3 / 25	1,2 / 25
Кукурудза на зелену масу	1,5 / 20	2,7 / 40	2,5 / 35
Коноплі	-	0,3 / 1,0	0,3 / 1,0
Льон-довгунець (волокно)	-	- / 1,0	- / 1,0
Кормовий буряк	-	3,5 / 60	3,0 / 60
Цукрові буряки	-	1,5 / 35	-
Соняшник	0,15 / 20	0,15 / 2,0	-
Вико-овес (зелена маса)	1,1 / 25	1,1 / 25	1,0 / 20

Перша цифра – окупність 1 т органічних добрив, ц;

Друга цифра – окупність 1 ц мінеральних добрив д. р., ц.

Додаток 11

**Бонітет ґрунтів за основними сільськогосподарськими культурами
по областях і зонах України**

Агрокліматична зона, область	Культура							
	Технічні та кормові культури	Зернові (без кукурудзи)	Озима пшениця	Кукурудза	Цукрові буряки	Картопля	Соняшник	Льон
<i>Степ</i>								
Дніпропетровська	61	64	61	52	58	-	78	-
Донецька	59	63	58	51	-	-	79	-
Запорізька	58	62	59	55	-	-	64	-
Кіровоградська	72	74	70	67	64	2	78	-
Луганська	48	51	54	44	-	-	66	-
Миколаївська	58	63	62	51	54	-	65	-
Одеська	60	66	65	56	55	-	79	-
Херсонська	59	66	66	54	-	-	57	-
Крим	57	66	61	75	-	-	69	-
<i>Лісостеп</i>								
Вінницька	72	70	66	72	70	-	57	-
Київська	61	63	63	77	72	62	-	45
Полтавська	65	66	67	64	65	-	73	-
Сумська	56	59	61	58	55	64	57	45
Тернопільська	75	67	67	-	79	68	-	-
Харківська	59	61	64	47	55	-	74	-
Хмельницька	65	65	66	-	65	-	-	-
Черкаська	80	80	78	76	73	-	-	-
Чернівецька	76	71	69	73	79	74	-	38
<i>Полісся</i>								
Волинська	47	47	48	-	63	67	-	54
Житомирська	40	42	45	-	55	58	-	39
Закарпатська	47	61	55	51	-	40	-	-
Івано-франківська	54	46	46	57	64	44	-	40
Львівська	47	47	47	-	64	57	-	68
Рівненська	57	57	56	-	70	63	-	52
Чернігівська	48	50	53	73	59	72	-	44
Україна	60	62	61	61	62	63	70	-

Додаток 12

**Ціна бала по ґрунтово-кліматичних зонах України, яка виражена
в центнерах основної продукції врожаю
сільськогосподарської культури, ц**

Культура	Степ	Лісостеп	Полісся	У середньому по Україні
Зернові (без кукурудзи)	0,34	0,36	0,35	0,34
Пшениця озима	0,35	0,38	0,36	0,36
Кукурудза на зерно	0,50	0,40	0,36	0,42
Цукрові буряки	2,15	2,40	2,25	2,20
Картопля	-	1,50	2,00	1,80
Соняшник	0,21	0,20	-	0,21
Льон	-	0,12	0,10	0,10
Горох	0,25	0,26	0,24	0,25
Гречка	0,14	0,16	0,13	0,14
Кормові буряки	3,20	4,00	4,2	3,90
Кукурудза на силос	2,20	2,40	2,6	2,40

Додаток 13

**Бонітетна шкала ґрунтів і ціна 1 балу врожайності
основних польових культур
(В. В. Гріценко, В. Е. Долгодворов, 1987)**

Ґрунт	Оцінні бали за врожайністю, бал					
	озима пшениця	кукурудза	соняшник	цукровий буряк	кукурудза на зелений корм	соя, горох
Чорнозем звичайний	80	92	83	83	95	94
Чорнозем вилужений	89	104	105	96	98	96
Чорнозем типовий	100	100	100	100	100	100
Чорнозем звичайний	74	84	82	80	86	77
Чорнозем карбонатний	75	78	78	76	80	76
Ціна одного балу, ц/га	0,40	0,48	0,22	4,0	3,07	0,24

Додаток 14

**Питомий винос елементів мінерального живлення польовими культурами
на один центнер основної продукції
з відповідною кількістю побічної продукції, кг/ц**

Культура	Елементи живлення		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Пшениця озима	3,0-3,5	0,9-1,2	1,8-2,5
Пшениця яра	3,3-4,0	1,0-1,3	1,9-2,7
Жито озиме	2,9-3,3	1,1-1,4	2,2-3,0
Ячмінь озимий	2,7-2,9	1,0-1,2	2,3-2,5
Ячмінь ярий	2,3-2,7	0,9-1,1	1,7-2,2
Овес	2,9-3,5	1,2-1,5	2,4-2,9
Просо	3,0-3,5	0,9-1,2	2,0-2,7
Кукурудза: зерно	3,0-3,5	0,9-1,2	2,0-2,7
Кукурудза: зелена маса	0,2-0,3	0,08-0,15	0,3-0,4
Сорго	3,4-3,8	1,0-1,2	1,5-1,9
Рис	2,6-3,0	1,2-1,5	3,2-3,6
Гречка	2,9-3,5	1,3-1,6	3,6-4,2
Горох	6,0-6,8	1,3-1,6	1,9-2,2
Соя	6,5-7,5	1,3-1,7	1,8-2,2
Квасоль	3,6-3,7	1,3-1,4	1,6-1,7
Люпин	6,0-6,9	1,8-2,0	4,0-5,0
Віка: зерно	6,2-6,3	1,2-1,3	1,5-1,6
Віка: сіно	2,2-2,3	5,0-6,0	9,5-10,5
Зернобобові: зерно	5,4-5,7	1,3-1,5	1,7-1,8
Соняшник: насіння	5,0-7,0	2,5-2,8	15,5-19,5
Ріпак: насіння	4,0-4,2	1,8-1,9	2,6-2,8
Рицина	5,0-6,0	1,3-1,4	2,6-2,7
Арахис	5,4-5,5	1,0-1,3	3,0-3,2
Коріандр	4,0-4,5	1,5-1,8	3,8-4,4
Льон: насіння	7,0-8,5	3,5-4,5	6,5-7,5
Льон: соломка	1,1-1,3	0,8-0,9	1,6-1,9
Бавовник: волокно	3,8-4,2	1,0-1,4	4,7-4,8
Конопля: солома	1,8-2,2	0,5-0,7	0,9-1,2
Тютюн	5,5-6,5	1,5-2,0	4,4-5,0
Картопля	0,5-0,7	0,2-0,4	1,3-1,6
Буряки кормові: коренеплоди	0,3-0,5	0,12-0,16	0,4-0,6
Буряки цукрові коренеплоди	0,5-0,7	0,15-0,2	0,7-0,8

<i>Продовження таблиці</i>			
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Баштанні культури	0,4-0,6	0,05-0,07	0,5-0,6
Люцерна: сіно	2,5-2,7	0,6-0,7	1,4-1,6
Еспарцет: сіно	2,4-2,6	0,4-0,5	1,2-1,4
Стоколос безостий: (сено)	2,1-2,3	0,6-0,7	1,7-1,8
Тимофіївка: сіно	1,5-1,6	0,6-0,8	2,0-2,1
Бобовозлакова суміш: зелена маса	0,4-0,5	0,1-0,3	0,3-0,5
Багаторічні трави: сіно (узагальнені дані)	2,6-2,7	0,5-0,7	1,8-2,4
Злакові трави: сіно (узагальнені дані)	1,8-2,4	0,5-0,7	1,7-1,8
Соняшник: зелена маса	0,2-0,4	0,07-0,09	0,5-0,7
Овочеві культури (узагальнені дані)	0,4-0,5	0,3-0,5	0,4-0,5
Сад: плоди (узагальнені дані)	0,5-0,6	0,2-0,3	0,5-0,7
Ягідники: ягоди (узагальнені дані)	0,4-0,6	0,1-0,2	0,5-0,6
Оріхоплодні: оріхи (узагальнені дані)	0,2-0,3	0,3-0,5	0,5-0,6
Виноград (узагальнені дані)	0,6-0,8	0,3-0,4	0,8-1,0

Додаток 15

**Коефіцієнти використання рослинами
основних сільськогосподарських культур НРК із ґрунту
(узагальнені дані)**

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшениця озима	0,20-0,35	0,05-0,10	0,08-0,15
Пшениця ярова	0,20-0,30	0,05-0,08	0,06-0,12
Жито озиме	0,20-0,35	0,05-0,12	0,07-0,14
Ячмінь	0,15-0,35	0,05-0,09	0,06-0,10
Овес	0,20-0,35	0,05-0,11	0,08-0,14
Кукурудза: зерно	0,25-0,40	0,06-0,18	0,08-0,28
Кукурудза: зелена маса	0,20-0,40	0,06-0,18	0,08-0,28
Просо	0,15-0,35	0,05-0,09	0,06-0,09
Сорго	0,15-0,40	0,06-0,13	0,07-0,15
Рис	0,25-0,45	0,08-0,16	0,08-0,16
Гречка	0,15-0,35	0,05-0,09	0,06-0,09
Горох	0,30-0,55	0,09-0,16	0,06-0,17
Соя	0,30-0,45	0,09-0,14	0,06-0,12
Люпин	0,30-0,65	0,08-0,16	0,07-0,36
Віка: зерно	0,25-0,40	0,06-0,10	0,05-0,11
Віка: сіно	0,20-0,35	0,06-0,09	0,05-0,10
Соняшник	0,30-0,45	0,07-0,17	0,08-0,24
Бавовник: волокно	0,35-0,45	0,07-0,12	0,06-0,16
Льон: насіння	0,25-0,35	0,03-0,14	0,07-0,20
Льон: соломка	0,22-0,32	0,03-0,12	0,06-0,18
Картопля	0,20-0,35	0,07-0,12	0,09-0,40
Буряк цукровий	0,25-0,50	0,06-0,15	0,07-0,40
Буряк кормовий	0,20-0,45	0,05-0,12	0,06-0,25
Люцерна: сіно	0,35-0,70	0,07-0,20	0,08-0,25
Конюшина лугова: сіно	0,30-0,65	0,05-0,18	0,06-0,16
Тимофіївка: сіно	0,15-0,25	0,03-0,10	0,08-0,12
Стоколос безостий: сіно	0,30-0,45	0,06-0,16	0,07-0,18

Додаток 16

**Коефіцієнти використання рослинами
основних сільськогосподарських культур
НРК із мінеральних добрив
(узагальнені дані)**

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшениця озима	0,55-0,85	0,15-0,45	0,55-0,95
Пшениця ярова	0,45-0,75	0,15-0,35	0,55-0,85
Жито озиме	0,55-0,80	0,25-0,40	0,65-0,80
Ячмінь	0,60-0,75	0,20-0,40	0,60-0,70
Овес	0,60-0,80	0,25-0,35	0,65-0,85
Кукурудза: зерно	0,65-0,85	0,25-0,45	0,75-0,95
Кукурудза: зелена маса	0,60-0,85	0,25-0,40	0,75-0,95
Просо	0,55-0,75	0,25-0,40	0,65-0,85
Сорго	0,55-0,80	0,25-0,35	0,65-0,85
Рис	0,60-0,85	0,25-0,30	0,75-0,90
Гречка	0,50-0,70	0,30-0,45	0,70-0,90
Горох	0,50-0,80	0,30-0,45	0,70-0,80
Соя	0,50-0,75	0,25-0,40	0,65-0,85
Люпин	0,50-0,90	0,15-0,40	0,55-0,75
Віка: зерно	0,55-0,85	0,20-0,35	0,65-0,80
Віка: сіно	0,50-0,75	0,20-0,30	0,60-0,75
Соняшник	0,55-0,75	0,25-0,35	0,65-0,95
Бавовник: волокно	0,50-0,65	0,25-0,30	0,70-0,85
Льон: насіння	0,55-0,70	0,15-0,35	0,65-0,85
Льон: соломка	0,55-0,65	0,15-0,30	0,65-0,80
Картопля	0,50-0,80	0,25-0,35	0,85-0,95
Буряк цукровий	0,60-0,85	0,25-0,45	0,70-0,95
Буряк кормовий	0,65-0,90	0,30-0,45	0,80-0,95
Люцерна: сіно	0,80-0,95	0,30-0,45	0,80-0,95
Конюшина лугова: сіно	0,75-0,90	0,30-0,40	0,75-0,90
Тимофіївка: сіно	0,80-0,90	0,25-0,35	0,75-0,85
Стоколос безостий: сіно	0,75-0,95	0,30-0,45	0,80-0,85

Додаток 17

**Середні узагальнені коефіцієнти використання рослинами
поживних речовин із ґрунту та добрив,**

Культури	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Із ґрунту: зернові, просапні, однорічні та багаторічні трави	0,20	0,10-0,12	0,10-0,15
Із мінеральних добрив: зернові, однорічні та багаторічні трави;	0,30-0,50	0,10-0,20	0,30-0,50
просапні	0,50-0,70	0,20-0,25	0,60-0,70
Із гною:*			
1 рік	0,25-0,30	0,30-0,40	0,30-0,60
2 рік	0,20	0,10-0,15	0,10-0,15
3 рік	0,10	0,05	0,10
За ротацію севооборота	0,55-0,60	0,45-0,60	0,60-0,75
<i>Примітка:</i>			
вміст поживних речовин в гної	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
загальний, %	0,5	0,2	0,6
кг в 1-й т добрив	5,0	2,0	6,0

*Для розрахунку доз органічних добрив застосовують коефіцієнти використання користування елементів живлення, з цією метою відсоток використання поживних речовин з ґрунту і добрив поділено на 100 і представлено в таблиці.

Додаток 18

**Коефіцієнти використання
рослинами окремих сільськогосподарських культур
НРК із органічних добрив**

Культури	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшениця	0,20-0,30	0,03-0,50	0,50-0,70
Ячмінь	0,15-0,20	0,20-0,30	0,40-0,50
Овес	0,25-0,35	0,35-0,40	0,50-0,70
Кукурудза	0,30-0,40	0,40-0,50	0,60-0,70
Картопля	0,20-0,30	0,30-0,40	0,50-0,70
Буряк цукровий	0,15-0,40	0,20-0,50	0,60-0,70
Кормові коренеплоди	0,20-0,30	0,30-0,40	0,40-0,50

Хімічний склад органічних добрив

Назва добрива	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4
<i>Тверді, які містять більш 25,0 % сухої речовини</i>			
Підстилковий гній:			
загальний вміст, %	0,50	0,25	0,60
кг в т добрива	5,00	2,50	6,00
Підстилковий гній пташиний:			
общее, %	1,85	1,00	0,82
кг в т добрива	18,50	10,00	8,20
Компост:			
торф : гній ВРХ* (1:1)			
загальний вміст, %	0,45	0,20	0,40
кг в т добрива	4,50	2,00	4,00
торф : гній свинячий (1:1)			
загальний вміст, %	0,60	0,20	0,20
кг в т добрива	6,00	2,00	2,00
торф : гній пташиний (1:5)			
загальний вміст, %	1,00	1,00	0,35
кг в т добрива	10,00	10,00	3,50
солома : гній ВРХ (1:1)			
загальний вміст, %	0,40	0,30	0,60
кг в т добрива	4,00	3,00	6,00
солома : гній свинячий (1:1)			
загальний вміст, %	0,50	0,28	0,40
кг в т добрива	5,00	2,80	4,00
солома : гній пташиний (1:1)			
загальний вміст, %	1,15	1,11	0,48
кг в т добрива	11,50	11,10	4,80
<i>Напіврідкі на основі безподстилкового гною та посліду, які містять 8,0-25,0 % сухої речовини</i>			
ВРХ			
загальний вміст, %	0,48	0,26	0,50
кг в т добрива	4,80	2,60	5,00
Свиней			
загальний вміст, %	0,65	0,47	0,21
кг в т добрива	6,50	4,70	2,10
Гній пташиний			
загальний вміст, %	1,20	1,00	0,64
кг в т добрива	12,00	10,00	6,40

Продовження таблиці

1	2	3	4
<i>Гнойові стоки тваринницьких підприємств, які містять менше 3,0% сухої речовини</i>			
ВРХ			
загальний вміст, %	0,06	0,03	0,07
кг в т добрива	0,60	0,30	0,7
Свиней			
загальний вміст, %	0,08	0,02	0,04
кг в т добрива	0,80	0,20	0,40
<i>Добрива із рослинної сировини</i>			
Солома			
загальний вміст, %	0,60	0,30	1,10
кг в т добрива	6,00	3,00	11,00
Люпин: зелена маса			
загальний вміст, %	0,45	0,1	0,17
кг в т добрива	4,5	1,0	1,7
Буркун: зелена маса			
загальний вміст, %	0,57	0,05	0,19
кг в т добрива	5,7	0,5	1,9

* ВРХ – велика рогата худоба

Додаток 20

Основні мінеральні добрива

Мінеральне добриво	Вміст діючої речовини, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Аміачна селітра	34	-	-
Сульфат амонію	21	-	-
Мочевина	46	-	-
Суперфосфат простий	-	20-27	-
Суперфосфат двійний	-	43-46	-
Калійна сіль	-	-	40-60
Калімаг	-	-	40-47
Хлористий калій	-	-	45-60
Сульфат калію	-	-	51
Азофоска	16	16	16
Азофоска	19	19	19
Нітроамофос	23	22	-
Нітрофоска	11	10	11

Додаток 21

Хімічний склад гною, який отримано від різних видів худоби

Компоненти	Вміст %						
	на підкладці з соломи					на підкладці з торфу	
	суміш	гній коней	гній свиней	гній корів	гній овець	гній коней	гній корів
органічна речовина	21,0	25,4	25,0	20,3	31,8	-	-
вода	75,0	71,3	72,4	77,3	64,6	67,0	77,5
азот аміачний	0,15	0,19	0,20	0,14	0,83	0,80	0,60
азот загальний	0,50	0,58	0,45	0,45	0,83	0,80	0,60
калій	0,60	0,63	0,60	0,50	0,67	0,53	0,48
кальцій	0,35	0,21	0,18	0,40	0,33	0,44	0,45
фосфор	0,25	0,28	0,19	0,23	0,23	0,25	0,22
магній	0,15	0,14	0,09	0,11	0,18	-	-

Вимоги сільськогосподарських культур до кислотності ґрунту

Культури	pH _{сол.}
Люпин жовтий, лядвенець рогатий	4,5-5,8
Картопля	5,0-6,0
Жито, овес	5,0-7,0
Льон, рис, гречка, просо	5,5-6,5
Морква	5,6-7,0
Пшениця, ячмінь, кукурудза	6,0-7,0
Горох, боби, віка, конюшина	6,0-7,2
Буряк, соняшник	6,0-7,5
Соя, квасоля, буркун	6,3-7,5
Люцерна, еспарцет	6,5-7,8

Рівень забезпеченості ґрунту макроелементами в залежності від забезпечення ґрунту легкогідролізуємим азотом при його різній кислотності*

Рівень забезпеченості	Забезпеченість ґрунту легкогідролізуємим азотом за різною кислотністю pH _{сол.} , мг/кг ґрунту		
	pH _{сол.} < 5,0	pH _{сол.} 5,0-6,0	pH _{сол.} > 6,0
дуже низький	50	40	40
низький	70	60	50
середній	70-100	60-80	60-70
високий	> 100	> 80	> 70

* Найчастіше, ріст, розвиток рослин, формування врожайності та якості продукції обмежується нестатком макроелементів, азоту, фосфору, калію. Для різних видів і груп культур вимоги щодо забезпечення ґрунтів макроелементами не однакові. Наприклад, жито, овес, картопля здатні реалізувати свою потенційну продуктивність при середній забезпеченості фосфором і калієм, тоді як пшениця, ячмінь, кукурудза, горох, конюшина (культури кислих ґрунтів) і лише тільки при високій забезпеченості.

Навчальне видання

Аксьонов І. В.,
Мацай Н.Ю.,
Маслійов С. В.,
Гаврилюк Ю. В.,
Беседа О. О.

ПРАКТИКУМ
З ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ ЗА ДИСЦИПЛІНОЮ
«ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР»

*для освітнього ступеню доктор філософії (денна форма навчання)
спеціальності 201 Агрономія*

За редакцією доктора с.г. наук, проф. І. В. Аксьонова

Комп'ютерний макет – к.т.н., доц. О. О. Беседа

Коректор – к.с.г.н., доц. Н. Ю. Мацай

Здано до склад. 31.08.2021 р. Підп. до друку 31.08.2021 р. Формат 60x84 1/16.
Папір офсет.

Гарнітура Times New Roman Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 1,5.

Наклад 100 прим. Зам. № 64.

Видавець і виготовлювач - ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка»

пл. Гоголя, 1, м. Старобільськ, Луганської обл., 92703

E-mail: mail@luguniv.edu.ua