

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кафедра загального землеробства

Методологія прогнозування та програмування врожаїв польових культур

Методичні вказівки до проведення
практичних робіт з Методології прогнозування та програмування врожаїв польових
культур
для студентів напряму підготовки 201 – Агрономія

Кропивницький – 2023

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Кафедра загального землеробства

Методологія прогнозування та програмування врожаїв польових культур

Методичні вказівки до проведення
практичних робіт з Методології прогнозування та програмування врожаїв польових
культур
для студентів напряму підготовки 201 – Агрономія

Затверджено на засіданні кафедри
загального землеробства
протокол № 1 від 31.08.2023

Кропивницький – 2023

Методичні вказівки до проведення практичних робіт з дисципліни Методологія прогнозування та програмування врожаїв польових культур для студентів напряму підготовки 201 – Агрономія // Ю. В. Мащенко. – Кропивницький : ЦНТУ, 2023. – 32 с.

Рецензент: кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загального землеробства Сало Л. В.

Методичні вказівки призначені для студентів напряму підготовки 201 – Агрономія денної та заочної форми навчання. Спрямовані на розвиток практичних навичок і знань з дисципліни Методологія прогнозування та програмування врожаїв польових культур. Можуть бути використані як для аудиторної роботи під керівництвом викладача, так і для самостійної роботи студентів.

Укладач: Ю.В. Мащенко, кандидати сільськогосподарських наук

Рецензент: Л. В. Сало, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Затверджено рішенням кафедри загального землеробства
Центральноукраїнського національного технічного університету протокол № 1 від
31.08.2023 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1 РОЗРАХУНКИ ПОТЕНЦІЙНОЇ АБО БІОЛОГІЧНОЇ УРОЖАЙНОСТІ.....	7
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 ВИЗНАЧЕННЯ ДІЙСНО МОЖЛИВОЇ ВРОЖАЙНОСТІ ЗА ВОЛОГО- ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ТА ГІДРОТЕРМІЧНИМ КОЕФІЦІЄНТОМ.....	11
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3 РОЗРАХУНКИ УРОЖАЙНОСТІ ЗА ПОТЕНЦІЙНОЮ РОДЮЧІСТЮ ГРУНТІВ	13
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4 РОЗРАХУНОК НОРМ ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ НА ЗАПРОГРАМОВАНИЙ УРОЖАЙ	16
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5 ПРОГРАМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ГУСТОТИ ПОСІВУ І НОРМ ВИСІВУ	23
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ЗАПРОГРАМОВАНИХ УРОЖАЇВ (РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР).....	25
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7 ВИЗНАЧЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ УРОЖАЙНОСТІ	27
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8 ЗАГАЛЬНІ УМОВИ ЕФЕКТИВНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ВРОЖАЇВ	28
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	31

ВСТУП

Під методологією програмування розуміють розробку та реалізацію науково-обґрунтованого комплексу взаємопов'язаних заходів при вирощуванні польових культур, своєчасне і якісне виконання яких дозволить забезпечити одержання запланованих врожаїв з одночасним підвищенням родючості ґрунтів.

Саме програмування врожаїв ґрунтується на принципі встановлення можливою рівня індуктивності, якщо вивчається біологічними особливостями культури (сорту) і природно-кліматичними умовами вони (господарства), в одного боку, та цілеспрямованим регулюванням процесу формування врожаю-з іншого.

Методологія прогнозування врожайності включає поняття теоретично можливого рівня, який можна досягнути в господарстві при максимальному використанні природних та людських факторів. Таким чином, програмування створює умови для забезпечення оптимізації наявних ресурсів і за рахунок цього дає можливість одержувати найбільш дешеву та якісну продукцію при високій врожайності культури. Програмування повинно бути направлене на зростання врожайності від фактично досягнутого рівня в господарстві в період планування до запрограмованого. При цьому з часом запрограмована врожайність повинна наближатися до прогнозованої, так як в процесі раціонального ведення господарства зростає родючість ґрунту, проводиться сортозаміна, покращується агротехніка, методи захисту рослин, скорочуються строки виконання робіт, впроваджується нова техніка, тощо.

Методичні вказівки мають за мету ознайомити студентів із загальнодоступними методами програмування врожаїв сільськогосподарських культур. В них коротко наведені основні теоретичні відомості необхідні для виконання розрахункових практичних робіт, порядок виконання робіт, питання для

Метою викладання дисципліни є навчити майбутніх спеціалістів складанню і використанню науково обґрунтованих технологічних рекомендацій по вирощуванню польових культур, що забезпечують максимальний вихід продукції високої якості без створення екологічної небезпеки навколишньому середовищу.

Результати навчання програмування та прогнозування урожайності сільськогосподарських культур дозволять знати, узагальнювати і систематизувати інформацію, пов'язану з використанням базових знань основних підрозділів аграрної науки (рослинництво, землеробство, селекція та насінництво, агрохімія, плідівництво, овочівництво, ґрунтознавство, кормовиробництво, механізація в рослинництві, захист рослин). Знати і розуміти основні біологічні та агротехнологічних концепції, правила і теорії, пов'язані із вирощуванням сільськогосподарських та інших рослин. Здатність оцінювати, інтерпретувати й синтезувати теоретичну інформацію та практичні, виробничі і дослідні дані у галузях сільськогосподарського виробництва. Розв'язувати широке коло проблем та задач у процесі вирощування сільськогосподарських культур, шляхом розуміння їх біологічних особливостей та використання як теоретичних, так і практичних методів. Управляти комплексними діями або проектами, відповідальність за прийняття рішень у конкретних виробничих умовах. Проектувати й організовувати технологічні процеси вирощування насінневого матеріалу сільськогосподарських культур відповідно до встановлених вимог. Проектувати та організовувати заходи вирощування високоякісної сільськогосподарської продукції відповідно до чинних вимог. Підвищувати продуктивність с.-г. рослин та поліпшувати їх якості при умові

збереження екологічної чистоти навколишнього середовища із зменшенням економічних та енергетичних витрат на отримання одиниці с.-г. продукції.

Передмова

До природних ресурсів, які забезпечують рівень врожайності, відносять фотосинтетично активну радіацію (ФАР), температурний режим зони, забезпеченість рослин водою та елементами мінерального живлення з ґрунту. Всі дані ресурси використовуються для формування продуктивності рослин за загальними законами землеробства. Світло, тепло, повітря, вода, елементи мінерального живлення є однаково потрібними і один фактор, що знаходиться у надлишку, не замінює фактора, якого рослині не вистачає. Разом з тим, всі фактору виражаються кількісними величинами. Кожна кількісна величина фактору може мати для рослин мінімальне значення, оптимальне та максимальне. Мінімальне значення - це кількісний показник фактору при якому рослина дає мінімальну продуктивність і при збільшенні його – продуктивність рослин збільшується до максимальної. Така кількісна величина фактору є оптимальною, бо при подальшому збільшенні продуктивність рослин зменшується до мінімальної. Максимальна кількість фактору, яка забезпечує мінімальну продуктивність рослин, називається максимальною, або максимумом.

Всі фактори можуть найкраще діяти на рослину тоді, коли вони знаходяться в оптимальній кількості. При зміні одного із факторів у бік мінімального чи максимального значення, кількісні показники оптимальних значень інших факторів змінюються. Отже, фактори життя діють на рослину комплексно і разом з тим взаємодіють між собою.

Загальна продуктивність рослин залежні і від фактору, який знаходиться у мінімумі, бо його нестачу неможливо замінити іншим фактором.

Природні ресурси такі як ФАР, повітря, тепло для рослин відкритого ґрунту є невичерпними. Вони надаються рослинам, залежно від зони їх вирощування, природою, а тому їх не повертають природі. Фактори родючості ґрунту є вичерпними, а тому в ґрунт потрібно повертати ті елементи живлення, які знаходяться в мінімумі. Потрібно покращувати родючість шляхом оптимізації таких показників як реакція ґрунту, структура, гранулометричний склад та інші.

В процесі впрошування сільськогосподарських культур між рослинами і ґрунтом проходить обмін речовинами. Одні речовини з ґрунту виносяться разом з урожаєм, їх стає менше в ґрунті, а тому потрібно вносити добрива, інші навпаки, накопичуються і негативно впливають на рослини, особливо при монокультурі.

З метою покращання властивостей ґрунту, рівномірного використання води та елементів мінерального живлення з різних шарів, попередження забруднення фунтів колінами, розповсюдження шкідників, хвороб та бур'янів сільськогосподарські культури потрібно вирощувати у сівозміні. Правильно розроблена сівозміна дозволяє не тільки підвищувати урожайність культур та якість продукції, вона здешевлює і сприяє кращому використанню трудових та матеріальних ресурсів господарства.

Повернення лімітуючих елементів мінерального живлення, покращення фізико-хімічних та біологічних властивостей ґрунту, застосування сівозміни веде до акумуляції в ґрунті сонячної енергії у формі органічних речовин. При цьому покращуються процеси ґрунтоутворення, утворюється багато лабільних форм гумусових речовин. Отже, вирощування сільськогосподарських культур в рамках дії законів землеробства дозволяє хліборобу одержувати високоякісну продукцію і, разом

з тим, підвищувати родючість ґрунту – основу матеріального існування людства.

Кіровоградська область однією з найбагатших областей України за природними ресурсами, які можна використовувати для створення продовольчого потенціалу.

Область знаходиться у перехідній зоні від Лісостепу до Степу і за бонітетом ґрунту кращі, ніж у Степових областях на 10-12 пунктів, а порівняно з Лісостеповими – вони поступаються лише ґрунтам Черкаської області на 6-8 пунктів.

Практична робота № 1

Тема: РОЗРАХУНКИ ПОТЕНЦІЙНОЇ АБО БІОЛОГІЧНОЇ УРОЖАЙНОСТІ

Мета: Навчитися проводити розрахунки потенційної або біологічної урожайності.

Теоретичні відомості: Основними факторами, що визначають життєдіяльність рослинного організму і його продуктивність, є світло, тепло, вода, повітря та мінеральне живлення.

Світло – частина сонячої радіації (близько 45 %) з довжиною хвилі 380-750 нм, що сприймається як видиме світло і поглинається хлорофілом та бере участь у фотосинтезі. Звідси пішла і назва - «фотосинтетична активна радіація», або ФАР.

Згідно теорії А. Ейнштейна світло має корпускулярну будову у вигляді фотонів-часточок енергії, або квантів. Енергія фотона обернено пропорційна довжині хвилі і виражається в кДж/моль, або ккал/моль.

Вловлюванням світлової енергії у вигляді квантів рослина з неорганічних речовин синтезує органічні, зв'язуючи сонячну енергію у хімічні зв'язки. Для створення 1 кг сухої речовини зв'язується біля 4000 ккал, або 16736 кДж. Кількість енергії, потрібної для синтезу 1 кг сухої речовини залежить від хімічного складу рослини. Менше тратиться енергії при синтезі цукру, більше при синтезі білку та олії.

За фото активною радіацією ресурси Кіровоградської області знаходяться на рівні Закарпатської. За період з температурою вище 10°C сума ФАР складає 159,2 кДж/см², а вище 5°C – 180,2 кДж/см². І це більше, ніж в областях Лісостепу на 9 % і менше, ніж в областях Степу на 5 %.

Для визначення можливої врожайності конкретної культури при відповідному використанні ФАР потрібно знати дані про запаси енергії саме в такій культурі та співвідношення її основної і побічної продукції, і навпаки, якщо потрібно визначити коефіцієнт використання ФАР, то сумарну ФАР за період вегетації даної культури ділять на суму енергії, що зберіглася в сухій масі врожаю.

При визначенні можливого надходження фотосинтетичної радіації потрібно користуватися агрокліматичними даними середньої тривалості фотосинтетичної діяльності рослин. Наприклад, початок вегетації культури 1 травня, а кінець – 15 липня. За 2,5 місяці надійде 81,5 кДж/см² енергії, а якщо кінець вегетації 1 листопада, то за 6 місяців надійде 161,3 кДж/см².

В Кіровоградській області, яка знаходиться між 48 та 49 паралелями прихід ФАР складає 2,1-2,2 млрд. ккал на 1 га. Якщо в середньому 1 кг сухої маси рослин акумулює 4 тис. ккал енергії, то урожайність сухої маси при різному використанні ФАР буде різним.

Потенційну, або біологічну (P_y або $Y_{\text{біол}}$) урожайність розраховують за формулою 1:

$$Y_{\text{біол}} = \frac{Q_{\text{фар}} \times K_{\text{фар}} \times 10^4}{10^6 \times g \times 10^6}$$

$Y_{\text{біол}}$ – урожайність абсолютно сухої біомаси, т/га;

$Q_{\text{фар}}$ – прихід фотосинтетично активної радіації за період вегетації культури, кДж/га;

$K_{\text{фар}}$ – коефіцієнт використання рослинами фотосинтетично активної радіації, %;

g – калорійність абсолютно сухої біомаси культури, кДж/га;

10^4 – коефіцієнт для перерахунку урожайності в ц/га;

10^6 – коефіцієнт для переведу $K_{\text{фар}}$ в абсолютні величини.

Так як прихід ФАР – один із найбільш стійких по роках показників тому розраховувати його щорічно немає потреби. Суму ФАР по району (господарству) слід брати за даними найближчої агрометеорологічної станції.

Коефіцієнт використання ФАР розраховується за формулою (3).

$$K_{\text{фар}} = \frac{\sum E_{\text{ар}}}{Q_{\text{фар}}}$$

де: $K_{\text{ФАР}}$ – коефіцієнт використання рослинами фотосинтетично активної радіації, %;

$\sum E_{\text{ар}}$ – вміст енергії, що містить урожай, млрд кДж/кг;

$Q_{\text{фар}}$ – прихід фотосинтетично активної радіації за період вегетації культури, кДж/см²;

Вміст енергії, що містить можливий урожай культури розраховуємо за формулою (4).

$$\sum E_{\text{ар}} = M_y \times E_v$$

де: $\sum E_{\text{ар}}$ – вміст енергії, що містить урожай млрд кДж;

M_y – можлива урожайність культури, т/га сухої маси;

E_v – вміст енергії одного кілограма сухої маси врожаю кДж/кг;

Для проведення розрахунків в практичній роботі завдання можливої урожайності культури наведено в таблиці додатку І.

Дослідження показують, що потенційні урожаї більшості культур, при високому агрофоні можуть бути і розраховані з не вище 3- 4 %.

Посіви за середніми значеннями коефіцієнта використання ФАР (%) поділяють на наступні групи (за А.А. Ничипоровичем):

- Звичайні - 0,5 - 1.5 %;
- Хороші - 1,5-3 %%;
- Рекордні - 3,5 - 5 %;
- Теоретично можливі - 6-8 %.

Господарсько цінну частину врожаю стандартної вологості ($ПУ_{\text{госп}}$) т/га визначають за формулою (5):

$$ПУ_{\text{госп}} = 100 * Y_{\text{біол}}$$

(100-с) п

де: $ПУ_{\text{госп}}$ – потенційна, або господарсько цінна урожайність, т/га;

С – стандартна вологість господарсько-цінної частини урожаю, %;

П – сума частин основної і побічної продукції урожаю.

Завдання 1. Ознайомитися з методикою проведення розрахунків біологічного, господарсько цінного врожаю, визначення коефіцієнта використання ФАР. вмісту енергії в урожаї.

Завдання 2. Провести розрахунки біологічного, господарсько-цінного врожаю, коефіцієнта використання ФАР згідно індивідуального завдання (додаток 1).

Зміст звіту. Підготувати звіт згідно представленої форми таблиці І. Зробити висновки згідно проведених розрахунків. Відносно якої групи. згідно коефіцієнта використання ФАР належить ваш посів. Який максимально можливий біологічний урожай сухої маси культури можна отримати, та урожай господарсько-цінної частини врожаю? Яке співвідношення основної і побічної продукції вашого розрахованого врожаю? Відносно вмісту енергії, що міститься в основній та побічній продукції розрахованого врожаю. Відповісти на запитання для самостійної роботи.

Таблиця 1.- Результати визначення біологічного та господарсько-цінного врожаю.

№ з/п	Назва розрахунків та визначень	Результати визначення
1.	Біологічний урожай культури.	
2.	Господарсько-цінний урожай культури.	
3.	Коефіцієнт використання ФАР – розрахунковий.	
4.	Вміст енергії, що містить 1 кг. урожаю. мДж	
5.	Вміст енергії, що містить біологічний урожай культури	
6.	Вміст енергії, що міститься в господарсько- цінній частині врожаю	
7.	Вміст енергії, що міститься в побічній продукції.	
8.	Співвідношення у врожаї основної та побічної продукції.	
9.	Надходження ФАР за період вегетації культури.	
10.	Суха маса отриманого біологічною врожаю.	
II.	Урожайність культури при 14 % вологості.	
12.	Урожайність основної продукції.	

Питання для самостійної роботи.

Що таке ФАР?

Яким чином вона визначається для окремих польових культур за період

вегетації?

Які сучасні коефіцієнти корисної дії ФАР посівів різних польових культур.

Що розуміють під прогнозуванням врожаю?

Що таке потенційний, або біологічний урожай?

Назвіть закони і закономірності землеробства і рослинництва, їх розуміння і правильне використання при прогнозуванні урожайності.

Практична робота № 2.

Тема: ВИЗНАЧЕННЯ ДІЙСНО МОЖЛИВОЇ ВРОЖАЙНОСТІ ЗА ВОЛОГО-ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ТА ГІДРОТЕРМІЧНИМ КОЕФІЦІЄНТОМ

Завдання: Вивчити принцип проведення розрахунків дійсно можливої врожайності за волого забезпеченням та гідротермічним коефіцієнтом.

Теоретичні відомості: Кількість опадів, що випали вимірюються товщиною шару води в мм. Шар опадів висотою 1 мм на площі одного гектара відповідає об'єму води в 0,001 м. Якщо перемножити цю кількість вологи на площу гектара в м: то матимемо:

$$0.001 \text{ м} \times 10000 \text{ м}^2 = 10 \text{ м}^3 \text{ води.}$$

При масі однієї кубометра води в 1 тону матимемо 10 т/га.

Забезпеченість вологою ґрунтів Кіровоградської області значно менша, ніж Закарпатської та інших областей Лісостепу. Якщо у Закарпатській області випадає за рік 752 мм опадів, у Черкаській – 514. Вінницькій – 544. то в Кіровоградській – 479, або менше на 59 і 9 %, але більше, ніж в Запорізька та Миколаївській областях на 31 і 52 мм відповідно. Проте гідротермічний показник – 0.9 кращий, ніж навіть для Лісостепових областей таких як Полтавська і Харківська – 0,89 та всіх областей Степу – 0,58-0,80.

Лише частина вологи, що випала з опадами використовується рослинами. Вона називається продуктивною вологою, тобто це така частина вологи, що забезпечує формування врожаю культурних рослин.

Продуктивну вологу виражають висотою шару води в міліметрах і розраховують за формулою (6):

$$W_{\text{пр}} = 0,1 * p * h * (W-K) \quad (6)$$

де: $W_{\text{пр}}$ – продуктивна волога, мм;

0,1 – коефіцієнт для переведення запасів вологи в міліметри;

P – об'ємна маса ґрунту, г/см³;

h – шар ґрунту, см;

W – вологість ґрунту, % абсолютно сухого ґрунту;

K – вологість стійкого в'янення, % абсолютно сухого ґрунту.

Дійсно можливий урожай (ДМУ) це урожай, що теоретично може бути забезпечений генетичним потенціалом сорту чи гібриду і основним лімітуючим фактором – вологою. Дійсно можливий урожай завжди нижчий від потенційного врожаю. Визначають ДМУ за формулою (7):

$$\text{ДМУ} = \frac{W * 100}{K_v}$$

де: ДМУ – дійсно можливий урожай, ц/га;

W – ресурс волого забезпечення, мм ;

Кв – коефіцієнт водоспоживання, мм/ц.

В чисельнику кількість вологи що прийшла за період вегетації культури, в знаменнику кількість вологи, що іде на формування одиниці врожаю.

Можна проводити розрахунки дійсно можливого врожаю за цією формулою, але вже маючи деякий досвід в проведенні розрахунків.

Зручніше розраховувати дійсно можливий урожай за формулою (8):

$$\text{ДМУ} = \frac{(\text{Мзв} * \text{Кн}) + (\text{Мвп} * \text{Квп}) * 10}{\text{Ке}}$$

де: ДМУ – дійсно можливий урожай, ц/га ;

Мзв – запас продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на період сівби, або початку поновлення вегетації, мм;

Кн – коефіцієнт використання вологи з ґрунту;

Мвп – середня багаторічна кількість опадів за вегетаційний період, мм;

Квп – коефіцієнт використання атмосферних опадів;

Ке – коефіцієнт водоспоживання на 1 ц зерна, т;

10 – перевідний коефіцієнт, мм в т/га.

Середні багаторічні запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на період сівби, або початок поновлення вегетації, згідно даних Кіровоградської державної сільськогосподарської станції становлять 161 мм.

Запас продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на період сівби, та коефіцієнт водоспоживання сільськогосподарських культур подано в таблиці (додаток 5).

Оцінка умов зволоження території визначається за середньою багаторічною кількістю опадів і розподілом їх на протязі вегетаційного періоду. Однак оцінка умов зволоження території за кількістю опадів, що випали є лише однією із складових частин водного балансу. Цим пояснюється той факт, що при однаковій сумі опадів в різних районах зволоження буває різним. Тому частіше всього для оцінки умов зволоження території використовують показники, що являють собою відношення приходу вологи (опадів) до максимально можливих її витрат. Найбільше поширення отримав такий показник як гідротермічний потенціал (ГТП). Згідно з формулою Л.М. Рябчикова (9). ГТП визначається так:

$$\text{ГТП} = \frac{W * T_v}{36 * R} * 4,19$$

де: ГТП – гідротермічний показник, бал; запаси продуктивної вологи, мм;

T_v – період вегетації культури, декад;

36 – кількість декад на рік;

R-сумарний радіаційний баланс (ФАР) за період вегетації. кДж/см²;

4,19 – коефіцієнт врахування співвідношення між калоріями і джоулями.

Оцінка умов зволоження зони згідно ГТП наведена нижче:

	ГТП
Надлишкове зволоження	>1,6
Сильне зволоження	1,6-1,3
Слабко посушливе	1,3-1,0
Посушливе	1,0-0,7
Досить посушливе;	0,7-0,4

Сухе

<0.4.

Необхідно відмітити, що оцінка умов зволоження території за ГТП має певні недоліки. Одним із недоліків ГТП є відсутність врахування весняних запасів вологи в ґрунті, які при неоднаковому річному протіканні можуть суттєво різнитися за одних і тих же значень ГТП за вегетацію.

Завдання 1. Ознайомитися з методикою проведення розрахунків дійсно можливого врожаю, гідротермічного коефіцієнта, ресурсу волого забезпечення, середньої багаторічної кількості опадів за вегетаційний період, запасів продуктивної вологи.

Завдання 2. Провести розрахунки дійсно можливого врожаю, гідротермічного коефіцієнта, ресурсу волого забезпечення згідно індивідуального завдання.

Зміст звіту. Підготувати звіт згідно представленої форми таблиці 2. Зробити висновки згідно проведених розрахунків. 1) Висновок відносно рівня запасів продуктивної вологи. 2) Висновок відносно запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на період сівби. 3) Висновок відносно кількості опадів та їх розподілу за період вегетації культури. 4) Висновок відносно умов зволоження культури за показником ГТП. Відповісти на запитання для самостійної роботи.

Таблиця 2. - Результати визначення дійсно можливого врожаю.

з/п	Назва розрахунків та визначень	Результати визначення
1.	Період вегетації культури, днів	
2.	Запаси продуктивної вологи, мм	
3.	Об'ємна маса ґрунту, г/см ³	
4.	Шар ґрунту, см	
5.	Вологість стійкого в'янення, % абсолютно сухого ґрунту	
6.	Запас продуктивної вологи на час сівби, мм	
7.	Середня багаторічна кількість опадів за вегетацію культури, мм	
8.	Коефіцієнт водоспоживання, на 1 ц зерна в т	
9.	Гідротермічний потенціал	

Питання для самостійної роботи.

1. Розкрийте принцип розрахунків дійсно можливої урожайності.
2. Коефіцієнти волого споживання культур. Як вони визначаються?
3. Розкрийте принцип сумарного водоспоживання.
4. Вкажіть на порядок розрахунку гідротермічного коефіцієнту.
5. Назвіть природні фактори, що сприяють втратам вологи з ґрунту.

Практична робота № 3.

Тема: РОЗРАХУНКИ УРОЖАЙНОСТІ ЗА ПОТЕНЦІЙНОЮ РОДЮЧІСТЮ ҐРУНТІВ

Завдання: Навчитися проводити розрахунки урожайності культур за потенційною родючістю ґрунтів.

Теоретичні відомості: Родючість – це комплексний показник ґрунту, що забезпечує відповідну врожайність сільськогосподарських культур. Поділяють родючість на потенційну та ефективну. Головними показниками потенційної родючості ґрунту є загальна кислотність ґрунту, вміст гумусу та потужність гумусової горизонту, гранулометричний склад, валовий вміст елементів мінерального живлення та інші. Ефективна родючість характеризує можливість забезпечення врожайності культур в даний час, а потенційна більш характеризує який за тривалістю час можна використовувати даний ґрунт без різкого зниження врожайності і без повернення поживних речовин.

Показниками ефективної родючості насамперед є реакція ґрунтового розчину, вміст доступних для рослин елементів мінерального живлення, детриту, гранулометричний склад, тощо. Є різні підходи до визначання можливої продуктивності рослин на різних ґрунтах. Розглянемо деякі з них. За бонітетом ґрунту. Широко в Україні користуються економічним показником – бальною оцінкою ґрунту. Бал ґрунту або ще називають бонітет ґрунту, визначається за багатьма показниками у стобальній шкалі. Роботи з оцінки земель проводяться в областях науковими установами під керівництвом Інституту охорони ґрунтів. Враховуються об'єктивні показники якості ґрунту, їх розміщення, властивості та врожайність культур. Шкала являє собою перелік типів та видів ґрунтів з оцінкою в балах кожного з них відносно рівня родючості того ґрунту, врожайність якого прийшла за 100 балів.

Шкала бонітетів ґрунтів області є нормативом родючості за усередненим попередником. Якщо ґрунт оцінений у балах, то ціну одного балу можна визначити шляхом вирощування культури без застосування добрив та діленням урожайності на бонітет (10).

$$\text{Цб} = \text{Уо} : \text{Б}, \quad (10)$$

де: Цб – ціна балу ґрунту, ц (додаток)

Б – бонітет ґрунту

Уо – врожайність, т/га

В бальній оцінці не враховано забезпеченість ґрунту доступними рослинам елементами мінерального живлення, а також його кислотності. Тому пропонується для визначення можливої врожайності у вище наведену формулу ввести поправку на забезпеченість ґрунту доступними елементами живлення та реакцію ґрунту.

Виходячи з того, що ціна бала ґрунту визначена за усередненим показником, кращі попередники будуть сприяти підвищенню врожайності, а гірші, навпаки, зниженню її. Якщо, наприклад, на неудобреному ґрунті чорний пар забезпечує підвищення врожайності озимої пшениці, порівняно з горохом на 25 %. то варто ввести у формулу коефіцієнт поправки на попередник 1,25, і навпаки, якщо після кукурудзи, зібраної на силос, урожайність зменшувалася на 20 %, то коефіцієнт поправки складе 0,8. Аналогічно можна вводити коефіцієнт на запас вологи в ґрунті, новий сорт чи гібрид, який забезпечить вищу врожайність. Таким чином, можливу врожайність можна визначити за формулою 11.

$$\text{Уо} = \text{Бг} * \text{Цб} * \text{К}_1 * \text{К}_2 * \text{К} \quad (11)$$

де: Уо – потенційна урожайність (без добрив), т/га;

Бг – бонітет ґрунту, бал;

Цб – ціна балу ґрунту;

К₁, К₂, К. – коефіцієнти поправки на агрохімічні показники ґрунту, на попередник, тощо.

Балансовий спосіб полягає в тому, що врожайність культури визначається можливим використанням того чи іншого елемента (NPK) з ґрунту, розрахованого через винос цього елемента урожаєм за залежністю.

За ґрунтово-кліматичними умовами Кіровоградська область має вищий потенціал, ніж Дніпропетровська. Середній бонітет ґрунтів Кіровоградської області складає 71 бал. Дніпропетровської 62, але продуктивність землі у Кіровоградській області менша.

Завдання 1. Ознайомитися з методикою проведення розрахунків ціни балу ґрунту, потенційної урожайності за бонітетом ґрунту та потенційної урожайності за вмістом елементів живлення в ґрунті.

Завдання 2. Провести розрахунки ціни балу ґрунту, потенційної урожайності згідно індивідуального завдання

Зміст звіту. Підготувати звіт згідно представленої форми таблиці 3. Зробити висновки згідно проведених розрахунків. 1) відносно ціни балу ґрунту для вашої культури. 2) Відносно потенційної урожайності за природною родючістю (за бонітетом ґрунту). 3) відносно потенційної урожайності за вмістом азоту в ґрунті. 4) Відносно потенційної урожайності за вмістом фосфору в ґрунті. 5) Відносно потенційної урожайності за вмістом калію в ґрунті. 6) відносно рівня потенційної урожайності за родючістю ґрунту та біологічною урожайністю і дійсно можливою урожайністю. Відповісти на запитання для самостійної роботи.

Таблиця 3. - Результати визначення дійсно можливого урожаю.

№ з/п	Назва розрахунків та визначень	Результати визначення
1.	Об'ємна маса ґрунту, г/см³	
2.	Ціна балу ґрунту	
3.	Потенційна урожайність за бонітетом ґрунту, т/га	
4.	Бонітет ґрунту	
5.	Рівень урожайності культури без добрив.	
6.	Назва ґрунту	
7.	Вміст азоту в ґрунті, мг/100 г	
8.	Рівень потенційної урожайності культури за вмістом азоту в ґрунті, т/га	
9.	Вміст фосфору в ґрунті, мг/100 г	
10.	Рівень урожайності культури за вмістом фосфору в ґрунті, т/га	
11.	Вміст калію в ґрунті, мг/100 г	
12.	Рівень урожайності культури за вмістом калію в ґрунті, т/га	

Питання для самостійної роботи:

1. Яка роль програмування урожаїв в реалізації ґрунтового-кліматичних ресурсів?
2. Агрофізичні основи програмування урожаю, та їх використання при визначенні продуктивності рослин.
3. Розкрийте суть програмування урожаю за родючістю ґрунтів.
4. Напишіть формулу за якою проводяться розрахунки урожайності за потенційною родючістю ґрунтів.

Практична робота № 4

ТЕМА: РОЗРАХУНОК НОРМ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ НА ЗАПРОГРАМОВАНИЙ УРОЖАЙ

Зміни в урожайності на 50 % і більше зумовлюються застосуванням добрив. Тому встановлення оптимальної норми добрив є однією з найважливіших складових програмування врожаїв. Неправильно встановлена норма може знизити економічну окупність їх або призвести до негативного наслідку.

Існують різні методи встановлення оптимальних норм мінеральних добрив. Тривалий час основним методом був лабораторно-польовий дослід. У таких досліджах установлювали середні норми добрив і до них розробляли поправочні коефіцієнти залежно від вмісту елементів живлення в ґрунті, попередника, кислотності ґрунтового розчину, гранулометричного складу ґрунту. Цей метод залишається одним із основних і до цього часу, але тепер більше використовують розрахунково-балансові методи встановлення оптимальних норм добрив. Основними з них є розрахунок норм добрив за виносом елементів живлення запрограмованою урожайністю, за виносом елементів живлення запрограмованим приростом урожайності, встановлення норми добрив за бальною оцінкою ґрунту і окупністю одиниці добрив приростом урожайності. Балансові методи враховують винос елементів живлення плановою врожайністю, запаси елементів живлення в ґрунті, коефіцієнти засвоєння елементів живлення із запасів ґрунту, прямої дії і післядії внесених органічних та мінеральних добрив, післяживних решток. Вченими розроблено програми для ЕОМ, за якими визначають найраціональніші варіанти використання добрив під культури сівозміни в господарстві та в межах району.

Проте використовують ці програми далеко не в усіх господарствах. У практиці програмування врожаїв ще переважають звичайні способи розрахунку оптимальних норм добрив. Балансові методи ґрунтуються на порівнянні валового виносу елементів живлення запрограмованою врожайністю з можливим виносом їх за рахунок запасів елементів живлення в ґрунті. Розрахунок ведуть за відповідними рівняннями або за логічно-розрахунковими схемами (табл. 4).

Таблиця 4 - Логічна схема розрахунку норм добрив на запрограмовану врожайність

Показники	Символ	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Запрограмована врожайність, ц/га	У	50	50	50

Питомий винос елементів живлення, кг/ц	v	3,2	1,12	2,24
Валовий винос елементів живлення урожаєм, кг/га	B	160	56	112
Глибина розрахункового шару, см	h	20	20	20
Об'ємна маса ґрунту, г/см ³	A	1,25	1,25	1,25
Вміст елементів живлення у ґрунті, мг/ на 100 г ґрунту	n	13	10	10
Запаси елементів живлення у ґрунті, кг/га	$ПГЗ$	325	250	250
Коефіцієнт використання елементів живлення з ґрунту	$KГЗ$	0,30	0,15	0,25
Буде засвоєно рослинами з ґрунту, кг/га ($ПГЗ \cdot KГЗ$)	M	97,5	37,5	62,5
Потрібно засвоїти з мінеральних добрив, кг/га ($B - M$)	∂	62,5	18,5	49,5
Коефіцієнт використання елементів живлення з мінеральних добрив	K_M	0,60	0,25	0,65
Потрібно внести з мінеральними добривами, кг/га ($\partial : K_M$)	D	104,2	74,0	76,2

Ці ж розрахунки можна звести до такого рівняння:

$$D = \frac{Y * v - ПГЗ * KГЗ}{K_M},$$

де, D – норма елемента живлення, кг/га;

Y – запланована урожайність, ц/га;

v – питомий винос елемента живлення 1 ц урожаю основної продукції з врахуванням побічної, кг/ц;

$ПГЗ$ – ґрунтові запаси елемента живлення в розрахунковому шарі ґрунту, кг/га;

$KГЗ$ – коефіцієнт використання елемента живлення з ґрунтових запасів;

K_M – коефіцієнт використання елемента живлення з мінеральних добрив.

Ґрунтові запаси елемента живлення ($ПГЗ$) розраховують за формулою:

$$ПГЗ = h \times A \times n,$$

де, h – глибина розрахункового шару ґрунту, см;

A – об'ємна маса ґрунту, г/см³;

n – вміст елемента живлення в ґрунті, мг /100 г ґрунту.

Підставивши значення $ПГЗ$ у попередню формулу, отримаємо таку формулу:

$$D = \frac{Y * v - h * A * n * KГЗ}{K_M},$$

Якщо, крім мінеральних, планується внесення органічних добрив, а також, якщо враховується післядія добрив, внесених минулого року під попередню культуру, то від валового виносу елемента живлення запрограмованим урожаєм віднімають ту його кількість, що буде засвоєна з органічних добрив, а також внаслідок післядії органічних і мінеральних добрив, дії післяживних і кореневих решток.

У цьому разі формула матиме такий вигляд:

$$D = \frac{U * v - P_{ГЗ} * K_{ГЗ} - D_{ОСОКО} - D_{ОПСОКОП} - D_{МП} K_{МП}}{K_M},$$

де, D , U , v , $P_{ГЗ}$, $K_{ГЗ}$, K_M – ті ж, що й у попередніх формулах та логічно-розрахунковій схемі;

D_O – кількість органічних добрив, т/га;

C_O – вміст елементів живлення від органічних добрив (у середньому азоту 5 кг, фосфору 2,5, калію 6 кг);

K_O – коефіцієнт використання елементів живлення з органічних добрив;

$D_{ОП}$ і $D_{МП}$ – кількість органічних (т/га) і мінеральних (кг/га) добрив, внесених під попередню культуру;

$K_{ОП}$ і $K_{МП}$ – коефіцієнти використання поживних елементів у післядії з органічних і мінеральних добрив.

Норму добрив на запланований приріст урожайності розраховують за такою формулою:

$$D = \frac{\Delta U * v}{K_M},$$

де, ΔU – запрограмований приріст урожайності, ц/га, який визначають як різницю між запрограмованою урожайністю на даному полі та урожайністю культури на цьому полі без внесення добрив (U_0). Цю урожайність можна також розрахувати за запасами елемента живлення в ґрунті ($P_{ГЗ}$) та коефіцієнтом його використання з ґрунтових запасів ($K_{ГЗ}$) за формулою:

$$U_0 = \frac{P_{ГЗ} * K_{ГЗ}}{v}.$$

Якщо розраховувати U_0 по кожному елементу за наведеною формулою, то одержимо такі ж норми, як і за наведеними вище формулами на запрограмовану урожайність або за логічною схемою розрахунків. Якщо ж брати урожайність, фактично одержану без внесення добрив, тоді норми добрив будуть відрізнятися. Це зумовлено тим, що фактично одержана урожайність відповідає рівню вмісту в ґрунті найбільш лімітованого елемента живлення. Інші елементи дають можливість одержати вищу урожайність. Отже, запрограмований приріст урожайності за цими елементами живлення повинен бути нижчим, ніж за найбільш лімітуючим елементом.

Практичне значення має розрахунок норм добрив за бальною оцінкою землі. Для цього використовують таке рівняння:

$$D = \frac{Y - B * C_B * K - D_{OCO}}{O_M},$$

де, D – норма збалансованого NPK під запрограмований урожай, кг/га;

Y – запрограмована урожайність, ц/га;

B – бал бонітету ґрунту;

C_B – урожайна ціна бала, ц;

K – поправочний коефіцієнт на кислотність, гранулометричний склад ґрунту, попередник тощо;

D_O – норма органічних добрив, т/га;

O_O – окупність 1 т органічних добрив приростом урожаю, ц/т;

O_M – окупність 1 ц мінеральних добрив приростом урожаю, ц.

У цьому разі спочатку розраховують збалансовану норму NPK. Норму кожного елемента живлення розраховують, виходячи з рекомендованого для даних умов оптимального співвідношення елементів живлення.

Для забезпечення високої ефективності й досягнення програмованого результату розрахована оптимальна норма добрив повинна бути правильно використана. Для цього складають систему удобрення культури. При цьому треба враховувати особливості ґрунтового живлення культури, відношення її до реакції ґрунтового середовища, засвоювальну здатність кореневої системи, неоднаковість потреб різних культур, їхніх сортів і гібридів у елементах живлення на різних етапах росту й розвитку. Наприклад, у перший період життя рослини споживають невелику валову кількість фосфору, але дефіцит його в цей період викликає настільки глибокі зміни в рослині, що будь-яке високе забезпечення фосфором у наступні періоди не знімає негативного впливу на початку розвитку.

У сільськогосподарських культур неоднакова засвоювальна здатність кореневих систем щодо важкорозчинних сполук. Ячмінь, наприклад, має дуже низьку здатність засвоювати фосфор з важкорозчинних сполук; пшениця й овес – низьку; жито і кукурудза – середню; картопля, цукрові буряки, гірчиця, конюшина – високу; люпин, гречка, горох, люцерна – дуже високу (табл. 5-9).

Таблиця 5 - Коефіцієнти використання елементів живлення з органічних добрив (середні узагальнені дані)

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшениця озима	0,20-0,35	0,30-0,50	0,50-0,70
Жито озиме	0,20-0,35	0,30-0,50	0,50-0,70
Ячмінь	0,20-0,25	0,25-0,40	0,50-0,55
Овес	0,20-0,25	0,25-0,40	0,50-0,60
Кукурудза - зерно	0,35-0,40	0,45-0,50	0,65-0,75
- зелена маса	0,30-0,35	0,40-0,45	0,60-0,65
Картопля	0,20-0,30	0,30-0,40	0,50-0,70
Цукрові буряки	0,15-0,40	0,20-0,50	0,60-0,70
Кормові буряки	0,30-0,40	0,45-0,50	0,60-0,70

Таблиця 6 - Винос елементів живлення кг на 1 ц основної продукції з врахуванням побічної (середні узагальнені дані)

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озима пшениця	3,0-3,5	0,9-1,2	1,8-2,5
Яра пшениця	3,3-4,0	1,0-1,3	1,9-2,7
Озиме жито	2,9-3,3	1,1-1,4	2,2-3,0
Ячмінь	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
Кукурудза	2,9-3,3	0,9-1,2	3,0-3,5
Просо	3,0-3,5	0,9-1,2	2,0-2,7
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
Люпин (однорічний)	6,0-6,9	1,8-2,0	4,0-5,0
Соя	6,5-7,5	1,3-1,7	1,8-2,2
Картопля	0,5-0,7	0,2-0,4	1,3-1,6
Льон-довгунець - насіння	7,0-8,5	3,5-4,5	6,5-7,5
- соломка	1,15-1,4	0,8-0,9	1,6-1,9
Коноплі – соломка	1,8-2,2	0,5-0,7	0,9-1,2
Соняшник	5,0-7,0	2,5-2,8	13,5-19,5
Цукрові буряки	0,4-0,55	0,15-0,2	0,6-0,9
Кормові буряки	0,2-0,35	0,08-0,15	0,5-0,9

Таблиця 7 - Нормативна окупність органічних добрив і повного мінерального добрива урожаєм с/г культур

Культура	1 т органічних добрив, ц	1 ц мінеральних добрив, ц
Лісостеп		
Озима пшениця, жито	0,29	5,5
Ячмінь, овес	-	4,9
Кукурудза - зерно	0,3	5,4
- зелена маса	2,7	40,0
Зернобобові, гречка	-	4,0
Картопля	1,3	25,0
Коноплі (волокно)	0,3	1,0
Льон-довгунець (волокно)	-	1,0
Цукрові буряки	1,5	35,0
Кормові буряки	3,5	60,0
Соняшник	0,15	2,0
Степ		
Озима пшениця, жито	0,30	5,2
Ячмінь, овес	-	4,3
Кукурудза - зерно	0,3	5,4
- зелена маса	1,5	20,0

Зернобобові, гречка	-	3,8
Картопля	1,0	15,0
Соняшник	0,15	2,0
Вико-овес (зелена маса)	1,1	25,0

Таблиця 8. - Коефіцієнти використання елементів живлення з ґрунтових запасів
(узагальнені середні дані)

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озима пшениця	0,2-0,35	0,05-0,15	0,08-0,2
Яра пшениця	0,2-0,3	0,05-0,1	0,06-0,18
Озиме жито	0,2-0,35	0,05-0,15	0,08-0,29
Ячмінь	0,105-0,35	0,05-0,15	0,06-0,12
Овес	0,2-0,35	0,05-0,15	0,08-0,16
Кукурудза	0,25-0,4	0,06-0,18	0,08-0,3
Просо	0,15-0,35	0,05-0,13	0,06-0,15
Сорго	0,15-0,4	0,06-0,15	0,07-0,17
Гречка	0,15-0,35	0,05-0,15	0,06-0,15
Горох	0,3-0,55	0,09-0,18	0,06-0,19
Соя	0,3-0,45	0,09-0,15	0,06-0,15
Картопля	0,2-0,35	0,07-0,15	0,09-0,4
Соняшник	0,3-0,45	0,07-0,17	0,08-0,24
Цукрові буряки	0,25-0,5	0,06-0,15	0,07-0,4
Кормові буряки	0,2-0,45	0,05-0,12	0,06-0,25

Таблиця 9. - Коефіцієнти використання елементів живлення польовими
культурами з мінеральних добрив (середні узагальнені дані)

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озима пшениця	0,55-0,85	0,15-0,45	0,55-0,95
Яра пшениця	0,45-0,75	0,15-0,35	0,55-0,85
Озиме жито	0,56-0,8	0,25-0,4	0,65-0,8
Ячмінь	0,6-0,75	0,2-0,4	0,6-0,7
Овес	0,6-0,8	0,25-0,35	0,65-0,85
Кукурудза	0,65-0,85	0,25-0,45	0,75-0,95
Просо	0,55-0,75	0,25-0,4	0,65-0,85
Сорго	0,55-0,8	0,25-0,35	0,65-0,85
Рис	0,6-0,85	0,25-0,3	0,75-0,9
Гречка	0,5-0,7	0,3-0,45	0,7-0,9
Горох	0,5-0,8	0,3-0,45	0,7-0,8
Люпин (однорічний)	0,5-0,9	0,15-0,4	0,55-0,75
Соя	0,5-0,75	0,25-0,4	0,65-0,85
Картопля	0,5-0,8	0,25-0,35	0,85-0,95
Льон-довгунець – насіння	0,55-0,7	0,15-0,35	0,65-0,85
Коноплі – соломка	0,55-0,65	0,15-0,3	0,65-0,8
Соняшник	0,55-0,75	0,25-0,35	0,65-0,95
Цукрові буряки	0,6-0,85	0,25-0,45	0,7-0,95

Табл 10 - Види основних добрив

Добриво	Хімічний склад	Вміст елемента живлення, %	Умови застосування
Азотні добрива			
Аміачна селітра	NH_4NO_3	34	Передпосівне і підживлення
Натрієва селітра	Na NO_3	16	Передпосівне і підживлення
Кальцієва селітра	$\text{Ca (NO}_3)_2$	17,5	Передпосівне і підживлення
Сульфат амонію	NH_4	21	Основне, передпосівне і підживлення
Рідкий аміак	NH_4OH	82	Основне, передпосівне і підживлення
Аміачна вода	$\text{CO}_2(\text{NH}_2)_2$	20.,	Основне, передпосівне і підживлення
Сечовина	NH_4Cl	46	Передпосівне і підживлення
Хлористий амоній		45	Основне і передпосівне
Фосфорні добрива			
Суперфосфат простий	$\text{Ca(H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	14	Основне, припосівне, підживлення
Суперфосфат подвійний	$\text{Ca(H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$	53-62	Основне, припосівне, підживлення
Фосфоритне борошно	$\text{Ca}_3(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{Ca}_5\text{O}$	28	Основне
Преципітат	$\text{CaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	48-50	Основне, припосівне
Фосфатшлак	$4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + 4\text{CaO}$	9,5-10,5	Основне, припосівне
Обезфторений фосфат		15	Основне, припосівне
Калійні добрива			
Хлористий калій	KCl	53-62	Основне
Сильвініт	$\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$	14	Основне
Калімагнезія	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$	28	Основне, припосівне
Сульфат калію	K_2SO_4	48-50	Основне, припосівне
Каїніт	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	9,5-10,5	Основне

Таблиця 11 - Вміст елементів живлення у комплексних добривах, %

Добриво	NO_3	P_2O_5	K_2O
Амонізований суперфосфат	2-3	18	
Амофос	10-12	39-52	
Діамофос	19-21	49-53	
Нітрофоска	11-17	10-19	11-19
Нітроамофос	16-25	14-24	

Карбоамофос	17-32	16-29	0-17
Рідкі комплексні добрива	6,5-10	19-34	

Таблиця 12.- Вміст поживних речовин в органічних добривах

Добриво	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Гній	0,50	0,25	0,6	0,70
Торф	1,8-3,0	0,2-0,5	0,1-0,3	
Фекалії	0,67	0,33	0,20	0,10
Гноївка	0,25-0,30	0,03-0,06	0,4-0,5	
Пташиний послід	2,2	1,8	1,8	2,4
Солома	0,5	0,25	0,8	
Зелене добриво	0,45	0,10	0,17	0,47

Приклад розрахунку. Запрограмована урожайність пшениці становить 50 ц/га. Кислотність ґрунту рН = 6,7, тобто потреби у вапнуванні немає. В 100 г ґрунту за картограмою міститься 13 мг N, 10 мг P₂O₅ і 10 мг K₂O. Глибина розрахункового шару – 20 см, об’ємна маса ґрунту – 1,25 г/см³.

Розраховуємо норму азоту, фосфору і калію за формулою:

$$D_N = (50 \times 3,2 - 20 \times 1,25 \times 13 \times 0,3) : 0,6 = 104,2 \text{ кг/га};$$

$$DP_{2O5} = (50 \times 1,12 - 20 \times 1,25 \times 10 \times 0,15) : 0,25 = 74 \text{ кг/га};$$

$$DK_2O = (50 \times 2,24 - 20 \times 1,25 \times 10 \times 0,25) : 0,25 = 76,2 \text{ кг/га}.$$

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Розрахувати норми N, P, K для запрограмованої урожайності ярого ячменю 5,0 т/га, якщо бал бонітету ґрунту – 60, ціна бала ґрунту – 0,35, попередник цукрові буряки (K = 1), за вирощування яких внесено по 40 т/га гною і по 90 кг/га NPK (разом 2,7 ц/га). Окупність 1 т гною в післядії 0,25 ц/т, 1 ц мінеральних добрив – 2,3 ц/ц, 1 ц мінеральних добрив прямої дії – 5 ц/ц. Оптимальне співвідношення елементів живлення для даного ґрунту в удобренні 1 : 0,8 : 1.

Практична робота № 5

Тема: ПРОГРАМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ГУСТОТИ ПОСІВУ І НОРМ ВІСІВУ

Продуктивність окремих рослин збільшується за зменшення кількості їх на площі. Але продуктивність посіву підвищується за збільшення кількості рослин на одиниці площі посіву до певної величини, яку називають оптимальною. Подальше збільшення густоти рослин призводить до зниження урожайності. Оптимальна густота посівів неоднакова для різних культур, їх сортів і залежить від родючості ґрунту, кількості внесених добрив, забезпеченості вологою тощо.

Зі зміною густоти стояння рослин змінюються показники елементів структури рослини. Знаючи закономірності цих змін, можна розрахувати оптимальну кількість рослин, яка повинна бути на площі на час збирання врожаю. Ця залежність виражається такими формулами:

$$P = \frac{100 * Y}{K * Z * A}$$

, Y – запрограмована урожайність, т/га;

K – коефіцієнт продуктивної куцистості рослини;

Z – кількість зерен у суцвітті, шт.;

A – маса 1000 зерен, г;

B – середня кількість бульб під кущем, шт.;

M – середня маса однієї бульби картоплі, одного коренеплоду буряків, г;

P – густина рослин під заплановану урожайність на час збирання, млн шт./га;
для картоплі й буряків – тис. шт./га.

Упродовж вегетації густина стояння рослин змінюється внаслідок їх загибелі від несприятливих погодно-метеорологічних умов, ураження хворобами і пошкодження шкідниками, знищення під час проведення заходів щодо догляду за посівами, тощо. Тому, щоб на час збирання забезпечити оптимальну кількість продуктивних рослин у посівах (P), потрібно правильно запрограмувати кількісну і вагову норми висіву насіння.

Таблиця 13. - Оптимальні якісні значення елементів урожаю
сільськогосподарських культур

Культури	Кількість рослин на 1 м ² при збиранні	Продуктивна куцистість	Кількість продуктивних стебел рослин на 1 м ²	Маса 1000 насінин, г	Середня маса з 1-ї рослини до збирання, г
Озима пшениця	400-450	1,2-1,3	480-500	35-45	0,81-1,05
Озиме жито	400-450	1,2-1,3	480-500	28-35	0,73-0,93
Ячмінь	300-400	1,4-1,6	420-460	50-60	0,73-0,85
Овес		1,3-1,2	360-520	30-35	0,56-0,71
Горох	600-700	-	600-700	180-200	0,40-0,55
Цукрові буряки	10-12	-	10-12	28-30	280-310
Кукурудза (з/м)	8-12	-	8-12	200-250	500-700
Картопля	6-8	-	6-8	-	500-600

Загальне виживання рослин визначають як добуток окремих показників виживання на найважливіших етапах вегетації посіву (польова схожість, перезимівля, виживання після кожного прийому догляду за посівами та ін.:

Посівна придатність визначається за формулою:

$$Пп = 0,01 \times Ч \times С$$

де, $Ч$ – чистота насіння, %;

$С$ – лабораторна схожість насіння, %.

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Розрахувати норми висіву насіння для запрограмованої урожайності пшениці 6,0 т/га, сорт Оранта одеська, чистота насіння – 99 %, лабораторна схожість – 98 %, маса 1000 насінин – 42 г. Прогнозована структура рослини така: продуктивна кущистість – 2, кількість зерен у колосі – 30, маса 1000 насінин – 38 г. Прогнозована динаміка виживання рослин: польова схожість із урахуванням лабораторної – 90 %, без лабораторної – 95 (B_1), осіння загибель від шкідників – 5, зимова загибель – 15, ранньовесняна загибель – 15, загибель від ранньовесняного боронування – 3, весняно-літнє виживання – 85% (B_6).

Завдання 2. Розрахувати кількісну і вагову норми висіву насіння озимої пшениці на момент посіву, якщо її фактична урожайність становила 7,0 т/га, продуктивна кущистість – 1,2, польова схожість – 95 %, а виживання рослин – 70 %.

Практична робота № 6

Тема: ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ЗАПРОГРАМОВАНИХ УРОЖАЇВ (РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР)

Технологія запрограмованого вирощування урожаю польових культур за узагальненими ґрунтово-кліматичними показниками передбачає:

1. Визначення продуктивності й рівня можливого урожаю за лімітуючим чинником з урахуванням окультуреності та родючості конкретного поля.
2. Розрахунок норм внесення органічних і мінеральних добрив з урахуванням виносу поживних речовин урожаєм, використання їх із ґрунту і добрив, а також розширеного відтворення родючості ґрунту.
3. Складання технологічної карти, яка включає обов'язкові агротехнічні прийоми, способи і терміни їх виконання, а також затрати праці, засобів і собівартості продукції.
4. Оперативне коригування технології і заходів управління формуванням врожаю з урахуванням умов, що реально складаються, і прогнозованих

погодних умов для підтримання в оптимальному режимі основних чинників, що визначають продуктивність посіву.

5. Систематичну реєстрацію умов вирощування урожаю і змін властивостей ґрунту для дальшого уточнення розрахунків.

Програмоване вирощування сільськогосподарських культур потребує чіткого виконання у заданій послідовності спеціально розробленого комплексу

технологічних операцій, необхідних для досягнення на кожному етапі формування врожаю заздалегідь розрахованих кількісних та якісних показників росту, розвитку й продуктивності рослин. Тобто мова йде про принципово нову технологію вирощування отримання різних рівнів урожайності (від середньої до максимально економічно-виправданої).

Важливим етапом програмування є складання обґрунтованої технологічної і агротехнологічної карти отримання запрограмованого урожаю. Агротехнологічна карта – це технічний проект урожаю. В ньому закладається детальний план заходів, що відображають послідовність, терміни, кількість і якість усіх робіт від підготовки насіння до сівби і аж до завершення збирання врожаю.

У технологічній карті мають бути враховані загальновідомі й не завжди використовувані агротехнічні заходи. У практичній роботі за запрограмованого вирощування сільськогосподарських культур можливі деякі відхилення від вказаної технологічної карти, пов'язані з погодними умовами, ресурсами робочої сили, техніки і т. п.

З метою правильної регламентації всіх робіт рекомендується використовувати сітьові графіки, що описують послідовність подій і операцій за вирощування будь-якої культури (рис. 1). Це дозволяє правильно вибрати тип знаряддя, орієнтовно визначити терміни готовності техніки до виконання запланованих робіт. Вкрай необхідна система обліку та контролю за виконанням запланованих у технологічній карті заходів по кожному полю з фіксуванням у контрольному журналі відхилень за термінами, прийомами і технічним забезпеченням.

Складання технологічної карти запрограмованого вирощування врожаю. Одним з основних документів програмування врожаїв є технологічна карта вирощування. Це – головний елемент прогностичної програми. Загальні принципи складання технологічної карти запрограмованого вирощування врожаю такі ж, як і за складання технологічної карти вирощування культури за інтенсивною технологією. Спільні з нею графі заповнюються за такими ж правилами. Через це слід керуватися порадами, даними для розробки технологічної карти вирощування озимої пшениці. За запрограмованого вирощування обов'язковим є контроль за здійсненням технологічної програми. Одним із моментів, що забезпечує цю потребу, є вільна стрічка, яку операцій і в якій занотовують фактичне їх виконання.

Технологічна карта повинна супроводжуватися графіками формування основних біологічних параметрів прогнозованої урожайності. З них найнеобхіднішими є такі: динаміка густоти рослин та динаміка висоти рослин; формування площі листової поверхні; наростання сирої і сухої біомаси.

На графіках однією лінією відображається очікувана прогностична динаміка відповідної величини, другою – фактична, яку одержуємо, беручи з інтервалом у 10-15 днів проби для аналізу з поля, на якому програмується урожайність.

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Розробити агротехнічну частину технологічної карти вирощування сільськогосподарських культур (за завданням викладача) для умов південного степу України відповідно до форми, наведеної у таблиці 29.

Практична робота № 7 **Тема: ВИЗНАЧЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ УРОЖАЙНОСТІ**

Виробнича урожайність – це така урожайність, яку планується досягти у конкретних умовах вирощування і для досягнення якої розробляється технологічний комплекс Її величину визначають, виходячи з потреб у відповідній продукції, природних ресурсів і господарських можливостей. Для визначення U_B потрібно проаналізувати урожайність рекомендованих і перспективних сортів та гібридів, що досягнуто в передових господарствах, сортовипробувальних станціях, наукових установах, і зробити вибір найпридатнішого для вирішення поставлених завдань у даних умовах.

За даними динаміки густоти стояння рослин упродовж вегетації, структури рослин визначають можливі значення основних складових елементів структури врожаю та рослин і за ними визначають можливу урожайність сорту. Наприклад, для зернових культур використовують формулу, запропоновану М.С.Савицьким:

$$U_B = \frac{P * K * Z * A}{1000},$$

де, U_B – урожайність (виробнича) зерна, ц/га;

P – кількість рослин на 1 м² на період збирання, шт.;

K – коефіцієнт продуктивної куцистості рослин;

Z – кількість зерен у колосі (суцвітті), шт.;

A – маса 1000 зерен, г.

На фоні оптимального комплексу агротехнічних заходів вирішальний вплив на повноту використання природних чинників урожайності має режим живлення, а в поливних умовах – режим зрошення. Виходячи з багаторічних досліджень Державної установи «Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція» Інституту зрошуваного господарства НААН України, можливо визначити приблизну структуру (частку) участі факторів інтенсифікації в прирості врожаю порівняно з природною родючістю на богарних та зрошувальних землях (табл. 17).

У богарних умовах, де лімітуючим чинником є вода, потрібно досягти рівня $ДМУ$ і визначити U_B , виходячи з родючості ґрунту, наявності у господарстві добрив та інших чинників ресурсного (матеріального) забезпечення урожайності. Розрахунок проводять за такою формулою:

$$U_B = B \times Ц_B + K_O O_O + K_M O_M + \dots + K_{П} O_{П},$$

де, U_B – виробнича урожайність культури, ц/га;

B – бал бонітету ґрунту;

$\mathcal{C}_B$ – урожайна ціна бала ґрунту, ц;

K_O, K_M, K_{II} – відповідно кількість органічних (т/га) і мінеральних добрив (ц/га) та інших засобів, що виділяються для вирощування культури;

O_O, O_M, O_{II} – відповідно окупність 1 т органічних, 1 ц збалансованих мінеральних добрив, одиниці кількості інших засобів – приростом урожаю, ц.

Якщо добрив та інших засобів достатньо, то U_B планують рівною ДМУ і для неї розраховують норму добрив та інших ресурсів.

В умовах зрошення U_B встановлюють насамперед, виходячи з ресурсів поливної води (M) (мм, м³/га), окупності 1 м³ води приростом урожайності (O_B), користуючись формулою:

$$U_B = B * \mathcal{C}_B * K + M * O_B.$$

Під заплановану для вирощування урожайність розраховують норми добрив та інших ресурсів.

Якщо поливна вода не є лімітуючим чинником (в умовах зрошення), тоді U_B планують за ПУ, розрахованій при ККД ФАР не нижче 3 %. Під цю урожайність, уточнену за рівнянням $U_B = K_C \square ПУ$, розраховують норми добрив та інших ресурсів і режим зрошення (K_C – коефіцієнт сприятливості попередника та інших ґрунтових умов конкретного поля, $K_C \leq 1$).

Приклад розрахунку

Розрахувати U_B ярого ячменю на полі з бонітетом ґрунту 60 балів після цукрових буряків ($K_C = 1$), якщо ціна бала ґрунту по ячменю дорівнює 0,35 ц, під цукрові буряки внесено по 40 т гною та по 90 кг NPK (2,7 ц/га). Господарство має можливість під ячмінь внести по 30 кг NPK (0,9 ц/га), окупність 1 т гною у післядії 0,20 ц, 1ц NPK у післядії – 2,3 ц, у прямій дії – 5ц.

$$U_B = 60 \times 0,35 + 40 \times 0,20 + 2,7 \times 2,3 + 0,9 \times 5 = 39,7 \text{ ц/га.}$$

Питання

1. Основні завдання програмування врожаїв.
2. Принципи програмування врожаїв сільськогосподарських культур.
3. Значення та етапи процесу програмування.
4. Основні принципи програмування врожаїв з урахуванням екологічних особливостей регіону та економіки природокористування.
5. Рівні врожайності та їх визначення.
6. Дійсно-можливий урожай та його визначення.
7. Як визначити потенційну урожайність?
8. Поняття реальної виробничої урожайності. Формула розрахунку.
9. Суть методу експертних оцінок.
10. Як визначити прогнозовану урожайність за методом вирівнювання динамічних рядів?
11. Розрахувати прогнозовану врожайність за допомогою лінійної регресії.
13. Основні етапи кореляційно-регресивного прогнозування.

14. Програмування врожаїв с/г культур з використанням показників тепло забезпечення.

Практична робота № 8

Тема: ЗАГАЛЬНІ УМОВИ ЕФЕКТИВНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ВРОЖАЇВ.

Урожай формується в процесі фотосинтезу і головне завдання програмування – створити для цього оптимальні умови. Сьогодні для утворення врожаю використовується лише 1-2% ФАР, яка надходить (падає на посів), у кращому разі 4-5%, теоретично досягнена величина коефіцієнта корисної дії (ККД) ФАР-10-12 %.

Поглинання листками ФАР залежить від їх площі. Оптимальна площа листків має конкретні границі для кожної культури. За дослідженнями Г.П. Устенко, для польових культур вона становить 50-60 тис. м²/га. За дослідженнями, проведеними в Англії (Уотсон, 1956), оптимальна площа листків у листової капусти становить 30, у буряків – 50 тис. м²/га.

Енергія, поглинена листками, на створення врожаю використовується не повністю. За дослідженнями А.Д. Ничипоровича, коефіцієнт використання поглиненої листками сонячної енергії на фотосинтез може становити 20-27 %.

У подальшому показники ККД ФАР розраховують до всієї кількості ФАР, яка надходить. Вищий рівень використання ФАР може здійснитися тільки при повному задоволенні потреби рослин водою, поживними речовинами, киснем повітря.

Для досягнення дійсно можливої урожайності необхідно: забезпечити оптимальну густоту рослин і правильно розмістити їх на площі, щоб листки та інші органи повніше вловлювали світло; визначити потребу рослин, що розвиваються, у воді та повністю задовольнити її шляхом зрошення; виявити потребу рослин, вирощуваних при поливі, у поживних речовинах і забезпечити їх потребу, застосовуючи добрива і здійснюючи інші заходи; забезпечити виконання на найвищому рівні прийомів підготовки ґрунту, сівби і догляду за рослинами під час вегетації; захистити рослини від шкідників, хвороб і, по можливості, від шкідливих метеорологічних факторів, несприятливих стихійних явищ.

Нагромадивши достатню кількість даних по впливу різних факторів і умов на врожай, можна знайти його формулу - математичну модель.

Розрахунок урожайності за її збільшеннями на одиницю вимірів провідних факторів. Результати регресивного аналізу даних багаторічних багатфакторних польових дослідів дають можливість виводити математичні моделі зв'язку врожаю сільськогосподарських культур з факторами, які їх визначають. Наприклад, урожайність цукрових буряків прогнозують за рівнянням:

$$Y_c = 0,708x_1 + 14,783x_2 + 0,547x_3 - 37,146,$$

де Y_c – урожай коренеплодів, ц/га; x_1 – передполивна вологість ґрунту, яка змінюється в межах 70-80% НВ; x_2 – кількість норм добрив (умовна норма 20 т/га гною + N₁₀₀P₆₀K₃₀), межі коливань 0-2; x_3 – глибина оранки, см (межі коливань 30-40 см).

На 1% передполивної вологості ґрунту приріст врожаю коренеплодів становить 7,08 ц/га, на одну умовну норму добрив – 14,783 і на 1 см поглиблення оранки – 5,47 ц/га.

Вихідні дані для побудови цієї математичної моделі одержані шляхом проведення багаторічного багатфакторного дослідів, в якому вивчали нормування

факторів, які не перевищують оптимум і змінюються, в основному, в межах лімітуючої області кривої відгуку. Це й дало можливість побудувати рівняння лінійної регресії.

До рівняння корисно вводити, крім факторів мінімуму й інші поєднані з ними фактори або прийоми підвищення врожаю (густоту рослин, глибину оранки та ін.), а при нагромадженні багаторічних даних - метеорологічних показників.

При дотриманні відзначених умов рівняння набуває вигляду полінома (багаточлена) типу:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n,$$

де y – урожайність, ц/га; b_0 - вільний член рівняння; b_1, b_2, b_n – коефіцієнт регресії, що відповідає незалежним змінним (фактором урожаю) x_1, x_2, x_n , ц/га.

Для післяжнивних посівів в умовах Інгулецької зрошувальної системи одним з факторів мінімуму є тепло. Тому ми ввели в формулу цей показник у вигляді суми температур або середньодобової температури за вегетаційний період.

Залежність урожайності післяжнивної кукурудзи, вирощуваної на каштановому ґрунті, від агротехнічних умов і температури виражається рівнянням:

$$y = 10,05x_1 + 0,43x_2 + 13,91x_3 + 1,13x_4 + 19,11x_5 - 1125,78,$$

де y – урожайність зеленої маси, ц/га; x_1 – вологість ґрунту перед поливом, % НВ; x_2 – кількість рослин, коливання від 90 до 120 тис/га; x_3 – глибина обробітку ґрунту в межах 10-16 см; x_4 – норма азотних добрив – від 0 до 120 кг/га поживної речовини; x_5 – середньодобова температура за вегетаційний період, що змінюється від 18,2 до 22,7°C.

Негативна величина вільного члена рівняння вказує на те, що біологічний нуль тепла і вологи (фізіологічний мінімум температури у вологість зав'янення) лежить вище фізіологічного. Тому розрахована врожайність у діапазоні від фізичного до біологічного нуля цих факторів у дійсності не може бути одержана і відповідна величина його виключається.

При іншому складі факторів, які вивчаються, вільний член рівняння може бути позитивним і нерідко визначає початковий рівень урожайності, яка зростає під дією даних факторів.

Питання

1. Оптимізація процесів фотосинтезу.
2. Фотосинтетичний потенціал, його визначення.
3. Продуктивність фотосинтезу.
4. Як визначити потенційну урожайність за фітотричними показниками?
5. Динаміка наростання листкової поверхні.
6. Динаміка росту біомаси і накопичення поживних речовин в рослинах.
7. Модель накопичення сирогої і сухої маси рослин.
8. Вкажіть основні параметри структури рослин, які враховують при програмуванні врожаю.
9. Основні біологічні характеристики рослин та їх залежність від умов вирощування.
10. Графіки формування оптимальної фотосинтетичної поверхні.
11. Модель посіву.
12. Структура врожаю, вплив його окремих елементів на величину та якість.
13. Визначення площі листкової поверхні посіву.

Чинники що впливають на формування оптимальної площі листкової поверхні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Слободян С.М., Гончарук О.В. Розрахункові дози добрив під сільськогосподарські культури в умовах Південно-Західного лісостепу України. - Чернівці: Прут, 1994. - 240 с.
2. Прогноз і програмування врожаю: методичні вказівки по виконанню практичних занять для здобувачів спеціальності 3.130102-Агрономія / Григор'єв М. І.- Кіровоград: КДТУ, 2014.
- 4.Кравченко С.М. Програмування врожаю (електр/навчальний посібник). – К.: НМЦ Аграрної освіти, 2005. 350 с.
5. Харченко О.В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур. - К.:Перехрестя, 2003. - 296 с.
6. Довідник з агрохімічного стану ґрунтів Кіровоградської області. /Литвиненко В.В. та ін. - Кіровоград, 1997. - 75 с.
7. Довідник по визначенню якості польових робіт /В.Ф. Сайко, А.М.Малієнко, М.В. Коломієць та ін.; за ред. В.Ф. Сайка. - К.: Урожай, 1987. -120 с.
8. Довідник по удобренню сільськогосподарських культур /П.П. Дмитренко та ін. - Київ; Урожай, 1987. - 207 с.
9. Мащенко Ю. В. Удосконалена технологія вирощування гречки в умовах північного Степу / Ю. В. Мащенко, І. М. Семеняка // Аграрна наука виробництву. – К. : Національна академія аграрних наук України. – 2014. – № 3 (69). – С. – 14.
10. Мащенко Ю. В. Науково-методичне забезпечення інноваційного розвитку агровиробництва в Степу України: колективна монографія : за ред. І. М.Семеняки, О. М. Гайдєнка, В. А. Іщенка. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2021. 280 с.