

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агротехнологій

Кафедра рослинництва та садово-паркового господарства

ПРОГРАМУВАННЯ ВРОЖАЇВ

Методичні рекомендації

до виконання практичних робіт здобувачами першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Агрономія» спеціальності
201 «Агрономія» денної форми здобуття вищої освіти

МИКОЛАЇВ

2026

УДК 631.559

П78

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету від 14.05.2026 р., протокол № 8.

Укладач:

Н. В. Маркова канд. с.-г. наук, доцентка кафедри рослинництва та садово-паркового господарства Миколаївського національного аграрного університету.

Рецензенти:

О. М. Дробітько - канд. с.-г. наук, голова ФГ «Олена» Вознесенського району Миколаївської області;
В. В. Гамаюнова - д-р с.-г. наук, професорка, завідувачка кафедри землеробства, геодезії та землеустрою Миколаївського національного аграрного університету.

Зміст

Вступ.....	4
1. Розрахунок прогнозованої урожайності сільськогосподарських культур.....	8
2. Розрахунок коефіцієнта засвоєння ФАР.....	14
3. Розрахунок потенційної урожайності.....	17
4. Розрахунок дійсно можливої урожайності за ресурсами вологи.....	19
5. Розрахунок дійсно можливої урожайності за тепловими ресурсами...	25
6. Розрахунок дійсно можливої урожайності за якісною оцінкою ґрунтів.....	27
7. Визначення реальної виробничої урожайності.....	30
8. Програмування фітометричних показників під заплановану урожайність.....	32
9. Розрахунок норм внесення добрив на запрограмований урожай.....	34
10. Програмування оптимальної густоти посіву і норм висіву.....	43
11. Технологічні основи одержання запрограмованих урожаїв (розробка технологічної схеми вирощування сільськогосподарських культур).....	45
Довідник формул.....	53
Контрольні питання до заліку.....	56
Список рекомендованої літератури.....	58

ВСТУП

Інтенсифікація землеробства вимагає нових методів і технологій вирощування сільськогосподарських культур, здатних забезпечити найбільш повне, ефективне і раціональне використання ґрунту, клімату, органічних і мінеральних добрив, поливних вод та інших ресурсів. Одним із найбільш перспективних методів підвищення продуктивності землеробства є програмування врожайності вирощуваних рослин.

Програмуванням врожаїв – це розроблення та здійснення науково-обґрунтованого комплексу взаємопов'язаних заходів з вирощування сільськогосподарських культур, своєчасне і якісне виконання яких забезпечує одержання запланованих урожаїв з певним допуском коливання їх рівнів, а також підвищення ґрунтової родючості та продуктивності праці.

Програмування включає два основних етапи: планування агротехнічних заходів за вирощування відповідної культури та управління технологічним процесом упродовж вегетаційного періоду. Дані етапи тісно та логічно пов'язані між собою, а тому вимагають від спеціалістів аграрних підприємств творчого та комплексного підходу до планування та управління технологічними процесами.

Сучасний стан матеріально-технічної бази агропромислового комплексу, здобутки аграрної науки відкривають значні можливості переходу його на якісно новий рівень – програмоване вирощування високих урожаїв сільськогосподарських культур. Але програмоване вирощування врожаїв вимагає від спеціалістів аграрних підприємств, особливо агрономів, знання наукових основ землеробства, володіння методами та практичними навичками програмування урожайності сільськогосподарських культур, розробки енергозберігаючих технологій, що забезпечують більш високу продуктивність праці та окупність засобів виробництва за короткі терміни з максимальним економічним ефектом. Для цього необхідно знання основних законів землеробства та факторів урожаю, ґрунтово-кліматичних ресурсів та заходів щодо регулювання ґрунтової родючості, принципів та методів прогнозування і програмування урожайності.

Мета даних методичних рекомендацій – надати допомогу здобувачам вищої освіти агрономічних спеціальностей в освоєнні прогресивного напрямку сільськогосподарської науки та практики.

За написання даних рекомендацій використано результати новітніх досягнень науково-дослідних установ та передових аграрних підприємств, матеріали, опубліковані в спеціальній літературі.

Програмування врожаїв – це розробка, своєчасне і якісне використання науково-обґрунтованого комплексу взаємозв'язаних агротехнічних, агрохімічних, економічних та інших заходів, що забезпечують вирощування запланованої величини і якості урожаю за одночасного підвищення родючості ґрунтів та екологічної безпеки. Програми розробляють відповідно до алгоритму, який є системою правил і умов, що визначають елементарні операції та порядок їх застосування. Систему правил, які потрібно виконувати за програмування

врожаїв, сформульовано в десяти принципах академіком І.С.Шатіловим. Кожний з них має свій алгоритм вирішення більш конкретних завдань. Десять принципів програмування врожаїв акад. І.С.Шатілова передбачають:

- розрахунок потенційної врожайності за надходженням ФАР і використанням її посівами;
- розрахунок дійсно можливої урожайності за біокліматичними ресурсами місцевості;
- розрахунок реальної у виробничих умовах урожайності за потенційними можливостями культури, її сортів і гібридів та ресурсозабезпеченням урожаю в умовах господарства;
- розрахунок фітометричних показників під заплановану врожайність;
- оцінку законів землеробства і рослинництва та правильне їх використання в конкретних умовах програмування;
- розрахунок норм добрив під заплановану врожайність і складання оптимальної системи їх використання за вирощування культури;
- складання агротехнічного комплексу заходів щодо оптимізації умов вирощування культури згідно з її вимогами;
- складання системи інтегрованого захисту посівів від шкідників, хвороб і бур'янів;
- складання балансу вологи, розрахунок норм поливу в умовах зрошення і системи поливів для повного забезпечення посіву водою протягом вегетації;
- складання карток вихідних даних для ЕОМ і використання її для пошуку оптимального варіанта комплексу заходів щодо запрограмованого вирощування культури.

Отже, програмування врожаїв за названими принципами вимагає виконання низки розрахунків із визначення величини врожайності, забезпечення її ресурсами і контролю за формуванням урожаю.

Дисципліна «Програмування врожаїв» планується на третьому курсі у вигляді лекційних, практичних і самостійних занять.

Обсяг дисципліни для здобувачів вищої освіти спеціальності 201 Агрономія становить 90 годин або 3,0 кредити, у тому числі 16 годин – лекцій, 30 годин – практичних і 44 години – самостійних занять.

Дисципліна «Програмування врожаїв» складається з 3-х блоків змістових модулів (основних їх розділів), що містять у собі близькі за змістом теми лекцій та практичних занять, індивідуальні завдання та інші організаційні форми навчального процесу.

Модуль I. Наукові основи програмування врожаїв та рівні урожайності: лекцій – 6; практичних занять – 16; самостійних – 9 годин.

Модуль II. Агробіологічні та агрохімічні основи програмування: лекцій – 4; практичних занять – 6; самостійних – 14 годин.

Модуль III. Агротехнічні та організаційно-технічні заходи одержання запрограмованих врожаїв польових культур: лекцій – 6; практичних занять – 8; самостійних – 21 година.

Контроль знань та умінь проводиться у формі виконання практичних робіт, виступів на семінарах, виконання контрольних тестових завдань, складання заліку.

Розподіл навчального часу за темами практичних занять наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Розподіл навчального часу за темами практичних занять

№ п/п	Теми лабораторних занять	Кількість годин
Модуль I		
1.	Розрахунок прогнозованої урожайності сільськогосподарських культур	2
2.	Розрахунок коефіцієнту засвоєння ФАР	2
3.	Розрахунок потенційної урожайності	2
4.	Розрахунок дійсно-можливої урожайності за ресурсами вологи	2
5.	Розрахунок дійсно-можливої урожайності за тепловими ресурсами	2
6.	Розрахунок дійсно можливої урожайності за якісною оцінкою ґрунтів	2
7.	Визначення реальної виробничої урожайності	2
8.	Контрольна робота по модулю I	2
Модуль II		
9.	Програмування фітометричних показників під заплановану урожайність	2
10.	Розрахунок норм внесення добрив на запрограмований урожай	2
11.	Контрольна робота по модулю II	2
Модуль III		
12.	Програмування оптимальної густоти посіву і норм висіву	2
13. 14.	Технологічні основи отримання запрограмованих урожаїв(розробка технологічної схеми вирощування сільськогосподарських культур)	4
15.	Контрольна робота по модулю III	2
Разом		30

Таблиця 2

Рейтингова оцінка знань здобувачів вищої освіти з дисципліни

Форма контролю	Змістовий модуль (в балах)			Всього балів
	1	2	3	
Виконання практичних робіт	14-7	4-2	6-3	24-12
Виконання завдань самостійної роботи	6-3	6-3	6-3	18-9
Контрольна робота по модулю	12-9	13-9	18-13	43-31
Написання тез доповідей, участь у конференції	-	-	-	10-5
Участь у заходах неформальної освіти за наявності документального підтвердження	-	-	-	5-3
Пропуски занять без поважних причин: за 1 год.				-1
Всього за семестр	32-19	23-14	30-19	100-60

Таблиця 3

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти, та шкала оцінювання – залік

Сума балів за всі види освітньої діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 - 100	A	зараховано
82 - 89	B	
75 - 81	C	
64 - 74	D	
60 - 63	E	
35 - 59	FX	не зараховано з можливістю повторного складання
0 - 34	F	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

МОДУЛЬ I. Наукові основи програмування врожаїв та рівні урожайності

Практичне заняття № 1

Тема 1: Розрахунок прогнозованої врожайності сільськогосподарських культур

Прогнозування врожайності – це науково-обґрунтоване передбачення можливої величини і якості врожаю на певний період. У польових умовах урожай формується під впливом багатьох чинників, що змінюються незалежно від нашої волі. В ідеальному випадку їх усі й треба враховувати під час прогнозування врожаю.

Для цього потрібно достатньо точно прогнозувати динаміку цих чинників протягом вегетації. Адже в польових умовах управляти більшістю з них та змінювати їх адекватно вимогам рослини немає можливості. Методи ж надійного прогнозу багатьох з них також не розроблені. Більше уваги приділялося вивченню методів прогнозування найважливіших чинників продуктивності посівів. Їх найчастіше і використовують у прогностичних рівняннях і моделях. Це – прогноз запасів доступної рослинам вологи в різні періоди вегетації, сум активних, середньодобових і ефективних температур, несприятливих метеорологічних чинників, густоти рослин і стеблостою, розвитку хвороб і шкідників, дат настання фенологічних фаз та ін.

Для прогнозування врожаїв найбільшого поширення одержали такі методи: експертних оцінок; аналогій; вирівнювання динамічних рядів урожайності та їхня екстраполяція; кореляційно-регресійного моделювання.

Метод експертних оцінок ґрунтується на досвіді та інтуїції спеціалістів. Позитивним у ньому є орієнтація на середньопрогресивні показники явищ, які суттєво впливають на рівень урожайності. Однак цей метод має досить значну частку суб'єктивності, тому надійність його недостатня.

Метод аналогій близький за своєю сутністю до методу експертних оцінок і є більш якісним ніж кількісним прогнозуванням. Але в ньому використовується більше конкретних даних про чинники формування врожаю. Щоб здійснити прогнозування за цим методом, треба мати дані про врожайність і умови формування врожаю за ряд попередніх років. Найменша їх кількість така, за якої серед попередніх років є рік, дуже близький за сукупністю умов формування врожаю. Краще, якщо глибина періоду аналізованих років містить кілька аналогічних.

Метод вирівнювання динамічного ряду є досить поширеним аналітичним методом прогнозування. Його основою є припущення про стійку тенденцію зміни врожайності в часі. Однак гіпотеза стійкості зміни врожайності не завжди підтверджується. Цього не враховує просте вирівнювання динамічного ряду. А тому за цим методом не можна передбачити зміну тенденції врожайності. Це є суттєвим його недоліком. Проте даний метод широко використовують для прогнозування врожаїв на перспективу на основі сукупного результату господарської діяльності без вичленування впливу кожного конкретного

чинника, тобто на основі тенденцій, що склалися в господарстві (регіоні) щодо забезпечення врожаю добривами, технікою, засобами захисту посівів, тенденцій зміни сортового складу, сортооновлення, насінництва, кваліфікації спеціалістів і працівників, виробничої дисципліни, організації праці, управління виробництвом тощо. Для цього краще мати дані про врожайність культури не менше як за 10 попередніх років. Прогнозовану врожайність розраховують, використовуючи рівняння лінійної регресії

$$y = a + vx$$

де, y – прогнозована врожайність в наступному році, ц/га;

a – вільний член рівняння;

v – коефіцієнт регресії;

x – фактор часу (порядковий номер року, на який прогнозується врожайність).

Для прикладу розглянемо прогнозування врожайності вівса в господарстві на 2027 рік (12-й рік від початку періоду), якщо за попередні 10 років вона була такою, яка наведена в таблиці 4.

З метою проведення розрахунків спочатку краще скласти таблицю визначення врожайності (табл. 5).

Таблиця 4

Урожайність сільськогосподарських культур у господарстві за останні 10 років, ц/га

Рік	Озима пшениця	Яра пшениця	Кукурудза	Просо	Цукровий буряк	Овес
2016	37,5	33,9	53,4	30,4	400	30,4
2017	53,2	42,8	47,8	32,3	335	29,0
2018	40,1	40,1	49,7	35,7	390	25,4
2019	44,3	37,8	50,5	40,4	387	33,7
2020	38,4	39,4	61,4	37,2	405	35,4
2021	49,7	47,5	63,7	29,8	417	32,1
2022	55,3	44,4	54,3	35,8	388	34,4
2023	42,7	49,4	50,6	40,1	405	35,8
2024	50,4	45,5	55,4	39,9	416	37,7
2025	48,8	39,9	51,0	33,7	380	37,0

Потім проводять розрахунки у такій послідовності.

Визначають середні значення x і y .

$$\bar{x} = \Sigma x : n = 55 : 10 = 5,5;$$

$$\bar{y} = \Sigma y : n = 330,9 : 10 = 33,09.$$

Значення v визначають за формулою:

$$v = \frac{\Sigma xy - n \bar{x} \bar{y}}{\Sigma x^2 - n \bar{x}^2} = \frac{1905,5 - 10 \cdot 5,5 \cdot 33,09}{385 - 10 \cdot 5,5^2} = 1,037.$$

Значення a визначають за формулою:

$$a = \bar{y} - \bar{v}x \cdot a = 33,09 - 1,037 \cdot 5,5 = 26,386.$$

Це означає, що середній щорічний приріст урожайності вівса становить 1,037 ц/га, а початкова прогнозована урожайність – 26,386 ц/га. Якщо тенденція зміни урожайності залишиться і в майбутньому, можна визначити урожайність 2027 р., тобто на 12-й рік, починаючи з 2016 р. вона становитиме:

$$v_y = 26,386 + 1,037 \cdot 12 = 38,83 \text{ ц з 1 га.}$$

Таблиця 5

Визначення тренду врожайності вівса

Рік	Фактор часу (x)	x^2	Урожайність, ц/га (y)	xy
2016	1	1	30,4	30,4
2017	2	4	29,0	58,0
2018	3	9	25,4	76,2
2019	4	16	33,7	134,8
2020	5	25	35,4	177,0
2021	6	36	32,1	192,6
2022	7	49	34,4	240,8
2023	8	64	35,8	286,4
2024	9	81	37,7	339,3
2025	10	100	37,0	370,0
Сума	55	385	330,9	1905,0

Розглянутий випадок прогнозування належить до розряду прогнозів за одним динамічним рядом і є найпростішим. Його широко використовують під час прогнозування економічних явищ. Урожайність сільськогосподарських культур визначається рівнем культури землеробства, ґрунтово-кліматичними та погодними умовами регіону. Тому динамічний ряд урожайності будь-якої культури слід розглядати як суму двох складових – детермінованої не випадкової функції часу (тренду) і деяких випадкових (характерних лише для даного року) компонентів.

Невипадкова функція часу характеризує тенденцію врожайності (тренд), що є результатом поступового поліпшення культури землеробства за середнього рівня ґрунтово-кліматичних умов. Її величина залежить від упровадження в практику досягнень науки і техніки тощо. Отже, слід правильніше прогнозувати врожайність із урахуванням обох складових динамічного ряду: тренду (шляхом екстраполяції за допомогою будь-якого з методів прогнозу за одним динамічним рядом) і відхилень урожайності від тенденції, яка склалася, наприклад за допомогою методів оцінки агрометеорологічних умов вирощування культури. Сума двох одержаних таким чином прогнозів дає сумарний прогноз урожайності. Загальний вираз рівняння для прогнозування врожайності за таким підходом буде:

$$Y_{\Pi} = Y_T \times C,$$

де, Y_T – тенденція врожайності культури на прогнозований рік;

C – оцінка ступеня відмінності умов, що склалися на дату складання прогнозу, від багаторічних даних, на фоні яких формується тенденція врожайності.

Найпоширенішим підходом до вирішення завдань прогнозування тенденції врожайності є екстраполяція існуючих зв'язків і закономірностей на майбутнє.

Під час прогнозування врожайності сільськогосподарських культур застосовують різні методи прогнозів за одним динамічним рядом: авторегресійні моделі, метод експотенціального вирівнювання, метод гармонічних терез, прогноз за допомогою марковських ланцюгів.

Аналізуючи динамічні ряди врожайності, часто застосовують метод найменших квадратів, за якого всі спостереження динамічного ряду мають однакову вагу. Але очікуваний рівень тенденції врожайності більшою мірою залежить від рівня, досягнутого за останні роки. Раніші спостереження також несуть певну інформацію про зміни врожайності, але за аналізу їм треба менше приділяти уваги порівняно з пізнішими спостереженнями. Це враховується методом гармонічних терез.

Кореляційно-регресійне прогнозування врожайності – один з найдосконаліших методів. Він ґрунтується на конкретних показниках різних сторін продукційного процесу. Алгоритмічна система підходу до прогнозування включає такі основні етапи: виявлення можливих чинників, що впливають на врожайність; визначення величини впливу чинників на врожайність; виявлення тісноти міжчинникових зв'язків із наступним виділенням підмножини чинників, які найбільше впливають на врожайність; перетворення підмножини з метою усунення явища мультиколінеарності; визначення типу і параметрів кореляційно-регресійної моделі; визначення допустимих значень чинників, що ввійшли в модель; прогноз урожайності із заданим ступенем статистичної надійності. Такі моделі складаються з окремих блоків (агromеторологічний, фотосинтезу, дихання, росту, розвитку та інші), досить об'ємні за інформацією і потребують комп'ютерного забезпечення. Прогнозування врожайності навіть з урахуванням невеликої кількості чинників – процес досить складний. У широкій практиці прогнозування урожаїв частіше проводять залежно від кількох конкретних чинників. За вузького інтервалу їх змін залежність урожайності від зміни чинника можна вважати прямолінійною. Математичне рівняння для прямолінійної залежності між трьома змінними має такий вигляд:

$$y = a + v_1x_1 + v_2x_2,$$

де, y – прогнозована врожайність; a – вільний член рівняння;

v_1 і v_2 – коефіцієнти регресії: коефіцієнт v_1 , показує, на яку величину збільшується y за кожного збільшення на одну одиницю x_1 за постійного

значення x_2 ; коефіцієнт b_2 показує, на яку величину збільшується y за збільшення x_2 на одиницю за постійного значення x_1 .

Значення a , b_1 , b_2 вираховують методом найменших квадратів:

$$b_1 = \frac{\sum (x_2 - \bar{x}_2)^2 \sum (x_1 - \bar{x}_1) (y - \bar{y}) - \sum (x_1 - \bar{x}_1) (x_2 - \bar{x}_2) \sum (y - \bar{y}) (x_2 - \bar{x}_2)}{\sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 \sum (x_2 - \bar{x}_2)^2 - [\sum (x_1 - \bar{x}_1) (x_2 - \bar{x}_2)]^2};$$

$$b_2 = \frac{\sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 \sum (y - \bar{y}) (x_2 - \bar{x}_2) - \sum (x_1 - \bar{x}_1) (x_2 - \bar{x}_2) \sum (x_1 - \bar{x}_1) (y - \bar{y})}{\sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 \sum (x_2 - \bar{x}_2)^2 - [\sum (x_1 - \bar{x}_1) (x_2 - \bar{x}_2)]^2};$$

$$a = \bar{y} - b_1 \bar{x}_1 - b_2 \bar{x}_2.$$

Прикладом такого прогнозування може бути прогноз урожайності (y , т/га) озимої пшениці за запасами доступної рослинам води в метровому шарі ґрунту (W , мм) та кількості стебел на 1 м^2 , які збереглися після перезимівлі (n), за рівнянням, запропонованим Є.С.Улановою:

$$y = -2,97 + 0,059W + 0,024n.$$

При більшій кількості чинників рівняння має такий вигляд:

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_n x_n,$$

де, a – вільний член рівняння;

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ – коефіцієнти регресії, які характеризують ефективність відповідно кожного з чинників $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$.

Розрахунки вільного члена рівняння і коефіцієнтів регресії у цьому разі громіздкі й краще виконувати їх на ЕОМ.

І все ж такі методи прогнозування мають обмежене застосування, бо в прямолінійній залежності від чинника урожайність знаходиться лише за дуже обмеженого інтервалу його зміни. Якщо необхідно математично описати вплив на врожайність усього спектра зміни чинника урожайності (наприклад, норм добрив від нуля до дуже високих), то треба використати не пряму, а криву лінію, що досягає максимуму, а потім знижується, і за формулою такої кривої прогнозувати урожайність тоді, коли за однакових прирощень незалежних змінних x залежна y (урожайність) має неоднакові прирощення.

Урожайність є функцією багатьох чинників, що впливають на неї до прогнозування і впливатимуть упродовж прогнозованого періоду. Отже, урожайність потрібно прогнозувати з урахуванням не тільки передбачуваного перебігу чинників урожайності, а й з урахуванням стану параметрів чинників і урожайності на період прогнозування. На такому принципі ґрунтується більшість запропонованих ученими рівнянь для прогнозування врожаїв основних сільськогосподарських культур. Ці рівняння одержані на принципах емпірико-статистичних методів прогнозування і тому мають вузьке регіональне застосування, тобто для кожного регіону слід одержувати конкретний експериментальний матеріал і на його основі розробляти рівняння для прогнозування врожайності.

Прогнозування врожаїв проводять з різним періодом завчасності. Наведене вище рівняння Є. С. Уланової дає можливість прогнозувати урожайність озимої пшениці із завчасністю три місяці.

Із завчасністю два місяці, тобто у фазі виходу в трубку, урожайність озимої пшениці прогнозується за рівнянням:

$$y = 2,44 + 0,03W - 10^{-4}W^2 + 0,004n - 10^{-6}n^2 + 0,052t - 0,002t^2 - 0,002r + 10^{-4}r^2,$$

де, W – середні запаси доступної рослинам вологи в метровому шарі ґрунту за період відновлення весняної вегетації – вихід у трубку, мм;

n – кількість стебел на 1 м^2 у фазі виходу в трубку;

t і r – відповідно середні температура ($^{\circ}\text{C}$) і кількість опадів (мм) за період відновлення вегетації весною – вихід в трубку.

Для прогнозування врожайності з місячною завчасністю, тобто у фазі колосіння, використовують рівняння:

$$y = -4,28 + 0,035W - 1,1 \cdot 10^{-4}W^2 + 0,002n - 7 \cdot 10^{-7}n^2 - 4 \cdot 10^{-4}r - 2 \cdot 10^{-5}r^2 + 0,33t - 0,015t^2 + 0,024h + 4 \cdot 10^{-7}h^2,$$

де, W – середні запаси доступної рослинам вологи на час весняного відростання, мм;

n – кількість стебел на 1 м^2 у фазі колосіння;

t і r – відповідно середні температура ($^{\circ}\text{C}$) і кількість опадів (мм) за період відновлення вегетації – колосіння;

h – висота озимої пшениці у фазі колосіння, см.

Якщо у фазі цвітіння і пізніше настають екстремальні умови (сильні суховії), то у фазі молочної стиглості прогноз уточнюють за рівнянням:

$$y = -0,708 + 0,004W - 0,003r_1 + 0,0004r_2 + 0,002n + 0,024h,$$

де, W – запаси доступної рослинам вологи під час відновлення вегетації, мм;

r_1 – кількість опадів у період від відновлення вегетації до цвітіння, мм;

r_2 – кількість опадів від цвітіння до воскової стиглості, мм;

n – кількість колосonosних пагонів у фазі молочної стиглості на 1 м^2 ;

h – висота рослин у фазі молочної стиглості, см.

Для прогнозування в третій декаді липня урожайності коренеплодів цукрових буряків у західних областях України використовують таке рівняння:

$$y = 0,007\Sigma t + 0,186m + 0,443n + 0,007W - 38,43,$$

де, y – очікувана врожайність, т/га;

Σt – сума температур вище 10°C за період від декади сівби до 1 серпня, $^{\circ}\text{C}$;

m – середня маса коренеплоду 20 липня, г;

n – середня густина рослин на 20 серпня, тис./га;

W – середні запаси доступної рослинам вологи в метровому шарі ґрунту від декади сівби до 1 серпня, мм.

Густоту рослин визначають за рівнянням:

$$n = 0,62n_1 + 31,$$

де, n_1 – густина рослин на 1 липня.

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. За даними урожайності, наведеними в таблиці 1, розрахувати прогнозовану на 2027 р. урожайність ярої і озимої пшениці, кукурудзи, проса та цукрових буряків.

Завдання 2. На час відновлення вегетації весною в метровому шарі ґрунту під пшеницею сорту Миронівська 61 після гороху запаси доступної рослинам вологи становили 190 мм, після кукурудзи – 170 мм, а кількість пагонів на 1 м² була відповідно 1700 і 1600. Визначити очікувану врожайність пшениці після гороху і після кукурудзи.

Завдання 3. За період відновлення вегетації – вихід у трубку, середня температура повітря становила 10,5°C, кількість опадів – 30 мм, середні запаси доступної вологи в метровому шарі – 150 мм, кількість пагонів на кінець цього періоду – 1100 на 1 м². Вирахувати очікувану врожайність.

Завдання 4. На час відновлення вегетації запаси доступної вологи під пшеницею були 190 мм, до початку цвітіння випало лише 30 мм, від цвітіння до воскової стиглості випаде 15 мм. У фазі молочної стиглості висота рослин становила 75 см, густина колосонісних пагонів на 1 м² була 550. Розрахувати можливу врожайність.

Завдання 5. Розрахувати можливу врожайність цукрових буряків у Хмельницькій області, якщо сума середньодобових температур вище 10°C від сівби до 1 серпня була 1432°C. Середні запаси доступної рослинам вологи в метровому шарі становили 165 мм, маса коренеплодів на 20 липня була 100 г, густина рослин на 1 липня – 100 тис/га.

Практичне заняття № 2

Тема: Розрахунок коефіцієнту засвоєння ФАР

Оцінювати ефективність роботи в рослинництві необхідно за величиною акумульованої сонячної енергії врожаєм. Чим більша кількість енергії сонця зафіксована на одиниці площі в органічній масі врожаю, тим вищої продуктивності цієї площі досягнуто в процесі виробництва. Абсолютна величина цієї енергії дорівнює добутку сухої біомаси урожаю з площі на теплотворну здатність біомаси:

$$E = Y \times q,$$

де, E – кількість сонячної енергії, що міститься в урожаї, кДж або ккал/га;

Y – біологічна врожайність сухої біомаси, кг/га;

q – калорійність (теплоутворююча здатність) вирощеної біомаси, кДж або ккал/кг.

Якщо відома теплоутворююча здатність основної і побічної продукції культури та урожайність окремо кожної, то енергонагромадження на 1 га посіву можна розрахувати за таким рівнянням:

$$E = U_0 q_0 + U_{II} q_{II}$$

де, U_0 та U_{II} – урожайність відповідно основної і побічної продукції в абсолютно сухому стані, кг/га;

q_0 та q_{II} - їхня теплотворна здатність, кДж, або ккал/кг.

Таблиця 6

Вихідні дані для програмування врожаїв

Культура	Основна продукція	Співвідношення основної та побічної продукції	Калорійність абсолютно сухої речовини, кДж/кг	Транспіраційний коефіцієнт (ТК)	Стандартна вологість основної продукції, %
Озима пшениця	Зерно	1:1,2-1,6	18646	300-450	14
Озиме жито	--	1:1,7-2,0	18436	350-450	14
Ярий ячмінь	--	1:1,1-1,3	18520	300-450	14
Овес	--	1:1,3-1,5	18436	375-475	14
Просо	--	1:1,3-1,5	19274	200-300	14
Гречка	--	1:2,0-3,0	19023	400-550	14
Рис	--	1:1,1-1,5	18143	400-600	14
Сорго	--	1:1,2-1,4	18017	180-250	14
Тритикале	--	1:1,5-1,9	18520	350-450	14
Горох	--	1:1,1-1,3	19735	300-500	16
Кукурудза	--	1:1,2-1,6	17179	230-300	14
	З/маса	-	16328	--	80
Соняшник	Насіння	1:1,5-2,0	18646	300-500	12
Льон-довгунець	Насіння	1:6,0-9,0	19274	400-500	12
	Соломка	-	18841	--	12
Конопля	Волокно	1:7,2-8,0	19217	400-800	12
Цукрові буряки	Коренеплід	1:0,5-0,6	17724	300-450	80
Кормові буряки		1:0,4-0,5	16312	300-500	85
Картопля	Бульби	1:0,7-1,0	18017	300-500	75
Б/річні трави	Сіно	-	18841	-	16
	З/маса	-	16328	-	80
	Сінаж	-	17166	-	56
Од/річні трави	Сіно	1	16328	-	16
Баштанні культури	Плоди	1:0,4-0,5	14444	-	90

**Середні багаторічні щомісячні суми ФАР
на території України, кДж/см² (Цупенко М.Ф., 1990)**

Область	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	За період з t° вище		За рік
								+5 °C	+10 °C	
Степ										
Луганська	22,8	30,4	33,8	34,0	29,3	21,2	12,9	1761	1551	2292
Дніпропетровська	22,2	31,4	33,6	34,3	29,8	21,8	13,5	1886	1593	2297
Донецька	23,5	31,4	33,3	34,6	29,9	21,4	13,4	1844	1593	2311
Запорізька	24,0	32,1	35,7	35,7	30,6	22,5	14,3	1928	1672	2393
Кіровоградська	22,9	30,9	32,8	33,5	28,5	21,1	13,0	1886	1593	2250
АР Крим	26,1	34,7	36,3	36,4	32,4	24,5	16,3	2180	1887	2582
Миколаївська	23,6	31,6	33,5	35,7	30,2	22,4	14,2	1928	1672	2365
Одеська	24,5	32,8	34,2	35,3	30,8	23,2	14,6	1970	1720	2417
Херсонська	24,5	33,3	34,6	36,1	31,6	24,0	15,1	2053	1761	2457
Лісостеп										
Вінницька	22,8	30,6	32,7	33,6	31,6	20,8	12,5	1761	1551	2274
Київська	22,3	29,7	31,9	32,0	27,1	19,1	11,4	1719	1467	2125
Полтавська	22,3	30,1	31,6	32,2	27,9	19,9	16,1	1719	1551	2151
Сумська	21,5	28,9	31,4	31,0	26,5	18,7	10,7	1593	1364	2072
Тернопільська	22,3	29,1	31,5	31,6	26,9	19,9	12,1	1719	1467	2157
Харківська	22,5	30,5	32,7	33,2	28,7	21,3	11,9	1719	1551	2210
Хмельницька	22,4	29,8	32,3	32,4	27,3	19,9	12,1	1672	1467	2174
Черкаська	22,9	30,9	32,8	33,2	29,0	23,1	12,6	1761	1510	2257
Чернівецька	21,7	28,2	30,3	31,4	27,2	20,0	12,7	1676	1467	2174
Полісся										
Волинська	21,6	28,7	31,4	30,2	25,8	18,3	10,9	1677	1426	2054
Житомирська	23,6	29,3	31,5	31,2	26,6	18,4	10,9	1635	1426	2098
Закарпатська	23,9	29,2	30,8	31,8	27,9	20,1	13,1	1802	1592	2207
Івано-Франківська	23,5	28,0	28,9	30,2	26,2	18,9	12,9	1592	1341	2135
Львівська	21,9	28,6	30,4	32,1	27,0	19,2	12,1	1636	1426	2137
Рівненська	21,6	29,0	31,5	31,2	26,2	18,4	12,3	1676	1426	2104
Чернігівська	21,5	28,9	30,7	31,1	26,5	18,4	10,0	1636	1384	2051

Оцінювати роботу в рослинництві доцільно за відносним показником засвоєння ФАР врожаєм, тобто за допомогою коефіцієнта корисної дії ФАР у посіві (скорочено ККД ФАР або Кфар). Він показує, який відсоток ФАР фіксується в урожаї порівняно до тієї кількості, що надходить до поверхні посіву культури. Розрахунок ККД ФАР можна вести за таким рівнянням:

$$K_{\text{ФАР}} = \frac{E \times 100}{\Sigma Q_{\text{ФАР}}},$$

де, $K_{\text{ФАР}}$ – коефіцієнт корисної дії ФАР, %;

$\Sigma Q_{\text{ФАР}}$ – сумарне надходження ФАР до поверхні посіву за період активної вегетації культури, кДж або ккал/га.

Розрахунки коефіцієнтів засвоєння ФАР посівами показали, що вони коливаються в значних межах. Узагальнивши дані проведених розрахунків, А.О.Ничипорович запропонував оцінювати посіви за відсотком засвоєної ФАР так: як звичайні – за $K_{\text{ФАР}}$ 0,5-1,5%; як добрі – 1,5-3,0; рекордні – 3,5-5,0; теоретично можливі – 6,0-8,0%.

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Розрахувати коефіцієнт засвоєння ФАР посівом ярого ячменю у Фастівському районі Київської області, якщо урожайність зерна 14% -ї вологості становить 51 ц/га, співвідношення зерна до соломи в урожаї 1:1,1, період активної вегетації триває з 10 квітня по 15 липня. Оцінити посіви за класифікацією А.О.Ничипоровича.

Завдання 2. Розрахувати коефіцієнт засвоєння ФАР посівом кукурудзи в Одеській області за зрошення, якщо урожайність зерна 14%-ї вологості була 80 ц/га, співвідношення зерна до соломи – 1:1,3, сівба кукурудзи проведена 15 квітня, воскова стиглість настала 20 серпня. Оцінити посіви за класифікацією А.О.Ничипоровича.

Завдання 3. Розрахувати коефіцієнт засвоєння ФАР посівами озимої пшениці в Чернігівській і Кіровоградській областях, якщо урожайність зерна 14%-ї вологості була 50 ц/га, співвідношення зерна до соломи у Чернігівській області – 1:1,35, Кіровоградській – 1:1,3, період активної вегетації у Чернігівській області триває з 7 квітня по 20 липня, у Кіровоградській - з 1 квітня по 15 липня. Оцінити посіви за класифікацією А.О.Ничипоровича. Зробити висновок про результативність роботи агронома в обох випадках.

Дані про надходження ФАР, теплотворну здатність (калорійність) продукції взяти з таблиць 1, 2.

Практичне заняття № 3

Тема: Розрахунок потенційної урожайності

Потенційна урожайність ($ПУ$) – це максимальна урожайність, яку можна одержати за заданого коефіцієнта засвоєння ФАР посівом, якщо іншими чинниками життя рослини (посів) забезпечені повністю.

Дослідження енергетичного балансу фотосинтезу дали можливість ученим розрахувати можливі коефіцієнти засвоєння ФАР посівами і використати їх для розрахунків урожайності за ресурсами ФАР. А.О.Ничипорович запропонував для цього таку формулу:

$$ПУ = \frac{\Sigma Q_{\text{ФАР}} \times K_{\text{ФАР}}}{10^4 \times q},$$

де, $ПУ$ – потенційна урожайність абсолютно сухої біомаси, ц/га;

$\Sigma Q_{\text{ФАР}}$ – надходження ФАР до посіву за період активної вегетації, кДж або ккал/га;

$K_{\text{ФАР}}$ – коефіцієнт засвоєння ФАР посівами, %;

q – калорійність (теплоутворююча), здатність абсолютно сухої біомаси культури, кДж або ккал/кг.

Знаючи стандартну вологість основної та побічної продукції, співвідношення їх в урожаї, потенційну урожайність абсолютно сухої біомаси переводять в урожайність основної і побічної продукції стандартної (залікової) вологості:

$$ПУ_0 = \frac{ПУ \times a_0 \times 100}{(100 - w_0) \times a}; \quad ПУ_{II} = \frac{ПУ \times a_{II} \times 100}{(100 - w_{II}) \times a},$$

де, $ПУ_0$ – потенційна урожайність основної продукції стандартної вологості, ц/га;

$ПУ_{II}$ – потенційна урожайність побічної продукції стандартної вологості, ц/га;

a – сума частин основної і побічної продукції в урожаї;

a_0 і a_{II} – кількість відповідно основної і побічної продукції в урожаї;

w_0 і w_{II} – стандартна (залікова, базисна) вологість відповідно основної і побічної продукції, %.

Якщо стандартна вологість основної і побічної продукції однакова, тоді урожайність побічної продукції розраховують за формулою:

$$ПУ_{II} = ПУ_0 \times a_{II},$$

Приклад розрахунку

Розрахувати потенційну урожайність ярого ячменю сорту Дружба у Фастівському районі Київської області за ККД ФАР 2%, якщо вегетаційний період триває з 15 квітня по 15 липня.

Із довідників (табл. 6) дізнаємося, що співвідношення основної й побічної продукції такого типу сорту ячменю 1:1,1, калорійність сухої біомаси ячменю – 18520 кДж/га, надходження сумарної радіації за квітень, травень, червень, липень відповідно становить 22,3; 29,7; 31,9; 32,0 кДж/см² (табл. 7).

Спочатку розраховуємо сумарне надходження радіації за вегетаційний період ячменю:

$$\frac{22,3}{30} \times 15 + 29,7 + 31,9 + \frac{32,0}{31} \times 15 = 88,2 \text{ (кДж/см}^2\text{)}$$

$$\text{або } 88,2 \times 10^8 \text{ кДж/га}$$

Розраховуємо урожайність абсолютно сухої біомаси при $K_{\text{ФАР}}$ 2%.

$$ПУ = \frac{88,2 \times 10^8 \times 2}{18520 \times 10^4} = 95,2 \text{ (ц/га)}$$

Визначаємо урожайність зерна і соломи за стандартної вологості 14%.

$$ПУ_0 = \frac{95,2 \times 1 \times 100}{(100 - 14) \times 2,1} = 52,71 \text{ (ц/га);} \quad ПУ_{II} = \frac{95,2 \times 1,1 \times 100}{(100 - 14) \times 2,1}$$

$$ПУ_{\Pi} = 52,71 \times 1,1 = 57,98 \text{ (ц/га)}$$

Отже, потенційна урожайність зерна ячменю сорту Дружба в умовах Фастівського району Київської області за ККД ФАР 2% становить 57,98 ц/га.

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Визначити потенційно можливий біологічний урожай сільськогосподарських культур і урожай їх основної продукції за стандартної вологості в умовах Миколаївської області, якщо Кфар для зернових культур становить 2,35, а просапних – 2,18.

Отримані дані занести в таблицю 5.

На основі розрахунків, проведених на прикладі конкретного господарства, необхідно зробити висновок про те, чи є географічне розташування місцевості обмежуючим фактором отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур щодо надходження ФАР.

Запропонувати заходи, що забезпечують підвищення потенційного урожаю.

Таблиця 8

Рівні потенційно можливих урожаїв сільськогосподарських культур

Культури	Тривалість вегетаційного періоду	Коефіцієнт використання ФАР, %	Надходження ФАР за вегетацію, кДж/га	Калорійність одиниці врожаю орг. Речовини, кДж/кг	Співвідношення основної та побічної продукції	Урожайність загальна біомаси, ц/га	Урожай за стандартної вологості, ц/га	
							основної продукції	побічної
Ярий ячмінь								
Кукурудза								
Соняшник								

Практичне заняття № 4

Тема: Розрахунок дійсно-можливої урожайності за ресурсами вологи

Основним джерелом води для сільськогосподарських культур є атмосферні опади, ґрунтові води, якщо вони залягають неглибоко (не глибше 3 м). Інші джерела, наприклад, волога роси, вода конденсації на ґрунтових частках тощо, не відіграють суттєвої ролі. Не вся волога опадів використовується рослинами. Частина її витрачається внаслідок випаровування з поверхні поля, коли воно не вкрите рослинами, та у вигляді поверхневого або

грунтового стоку. Це так звані непродуктивні втрати опадів. Вони залежать від різних факторів (гранулометричного складу ґрунту, кількості й інтенсивності випадання опадів, рельєфу поля тощо) і коливаються від 12-22% за річної кількості опадів на торфових ґрунтах до 50-58% на дерново-підзолистих піщаних. Коефіцієнт доступності рослинам річної кількості опадів на рівнинних полях середнього гранулометричного складу ґрунту в середньому становить 0,70.

Найдоступніший спосіб розрахувати ресурси доступної рослинам вологи (W) – це перемножити кількість опадів за рік (W_{P0}) на коефіцієнт їх використання (K_{P0}), або за формулою:

$$W = W_{ГЗ} + W_{В0}$$

Дані $W_{В0}$ беруть на агрометеорологічних станціях або на метеопостах, де ведеться їх облік. Орієнтовно можна користуватися середніми багаторічними даними метеостанцій України (табл. 7).

Такий метод є дуже узагальненим і не враховує особливостей року, попередника та інших обставин, які можуть суттєво впливати на ресурси вологи в рік програмування урожаю. Частково цей недолік усувається, якщо розрахунки вести за балансовою формулою:

$$W = W_{ГЗ} + W_{В0} \times K_{В0} + W_{ГВ} - W_{К}$$

де, $W_{ГЗ}$ – ґрунтові запаси доступної рослинам вологи в метровому шарі ґрунту на час сівби ярих культур або на час весняного відростання озимих культур і багаторічних трав, мм;

$W_{В0}$ – опади за багаторічними даними у вегетаційний період культури, мм;

$K_{В0}$ – коефіцієнт корисності опадів, які випали за вегетацію, в середньому 0,8-0,9 (у Херсонській області – 0,4, у Миколаївській, Одеській – 0,5-0,7, у Запорізькій, Дніпропетровській – 0,6-0,8);

$W_{ГВ}$ – вода, яка може надійти з ґрунтових вод по капілярах, мм;

$W_{К}$ – кількість води у ґрунті, що залишається в ньому на час збирання культури.

Серед малорегульованих природних чинників урожайності в природних умовах волога є одним із найбільш лімітуючих величину урожайності. Тому за її ресурсами і потрібно оцінювати можливості реалізації інших чинників, розраховуючи урожайність, якої можна досягти. Це – один із методів визначення так званої дійсно можливої урожайності (ДМУ).

ДМУ за природним вологозабезпеченням є одним із видів кліматично забезпеченої урожайності (КЗУ), бо природний баланс води на місцевості є важливим кліматичним і погодним фактором території.

У виробничій практиці використовують кілька модифікацій розрахунку урожайності за ресурсами вологи (методика Циганова, Білоруський НДІ ґрунтознавства і агрохімії, Полтавський СГІ, Татарський НДІ сільського господарства та ін.).

**Середня багаторічна помісячна і річна кількість опадів
на території України (Цупенко М.Ф., 1990)**

Область	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV- X	За рік
Степ									
Луганська	38	46	58	56	45	33	38	314	492
Дніпропетровська	36	47	62	54	46	31	35	311	481
Донецька	39	46	60	57	46	34	37	319	514
Запорізька	32	42	56	48	42	30	30	280	461
Кіровоградська	38	50	66	61	52	36	36	339	511
АР Крим	31	41	55	45	33	35	30	270	445
Миколаївська	33	46	62	52	45	34	32	304	465
Одеська	31	44	59	48	40	34	31	287	444
Херсонська	28	36	46	45	38	27	30	250	406
Луганська	38	46	58	56	45	33	38	314	492
Лісостеп									
Вінницька	44	60	74	82	62	46	40	408	578
Київська	44	54	70	76	66	47	42	399	586
Полтавська	38	50	66	70	57	40	43	364	547
Сумська	39	55	68	77	64	46	45	394	590
Тернопільська	49	66	86	92	75	52	47	467	645
Харківська	38	50	65	65	52	37	41	348	549
Хмельницька	47	60	80	90	75	52	44	448	625
Черкаська	40	53	70	71	59	41	39	373	549
Чернівецька	57	72	91	96	73	56	44	489	660
Полісся									
Волинська	44	57	78	84	76	52	44	435	621
Житомирська	44	56	74	84	75	52	43	428	614
Закарпатська	61	79	108	99	87	70	73	577	922
Івано-Франківська	56	80	103	109	85	57	45	535	701
Львівська	52	76	97	107	88	62	52	534	738
Рівненська	44	57	77	84	76	52	44	434	618

Таблиця 10

**Поправочні коефіцієнти (К) залежно від
гранулометричного складу ґрунту і рівня підґрунтових вод**

Гранулометричний склад ґрунту	Глибина залягання підґрунтових вод, м		
	3-4	2-3	1-2
Легкосуглинковий	1,00	0,86	0,66
Середньосуглинковий	0,96	0,84	0,62
Важкосуглинковий і глинистий	0,90	0,77	0,60

Таблиця 11

Залежність надходження вологи в кореневмісний шар ґрунту від гранулометричного складу ґрунту і глибини залягання підґрунтових вод, м³/га

Ґрунти	Глибина залягання підґрунтових вод, м		
	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-3,0
Супіщані легкі	600-1000	-	-
Суглинисті легкі	700-1200	500-1000	-
середні	900-1500	600-1200	-
важкі	1200-2000	800-1500	400-1000
Глинисті	1500-3000	1000-2000	500-1500

Поширеним є розрахунок *ДМУ* за коефіцієнтами сумарного водоспоживання (K_B) та транспіраційними коефіцієнтами (TK). Для цього використовують такі формули:

$$ДМУ = \frac{100 \times W}{K_B} \text{ та } ДМУ = \frac{100 \times W}{TK},$$

де, *ДМУ* – у першому випадку урожайність господарсько цінної частини врожаю або загальної біомаси, ц/га, а в другому – урожайність абсолютно сухої біомаси, ц/га;

W – ресурси доступної рослинам вологи в мм або в інших одиницях виміру відповідно до одиниць виміру K_B ;

TK – транспіраційний коефіцієнт;

K_B – коефіцієнт сумарного водоспоживання, мм/ц, т/ц, м³/ц відповідно до одиниць виміру K_B потрібно переводити і ресурси вологи.

Таблиця 12

Коефіцієнти водоспоживання (K_B) польових культур, мм/ц (узагальнені дані)

Культура	Рік за характером зволоженості		
	вологий	середній	посушливий
Озима пшениця	350-450	450-500	500-525
Озиме жито	400-425	425-450	450-550
Яра пшениця	400-435	435-465	465-500
Ячмінь	375-425	435-500	500-530
Овес	435-480	480-530	530-590
Кукурудза – зерно	250-275	275-300	300-325
- силос	80-90	90-95	95-105
Цукрові буряки	80-100	100-120	120-140
Вико-овес	100-110	110-120	120-130
Багаторічні трави (сіно)	500-550	550-600	600-700
Льон (соломка + насіння)	240-250	250-300	300-370
Коноплі (соломка)	520-530	530-600	600-650
Баштанні культури	100-170	170-200	200-220
Просо	220-250	250-270	270-290
Гречка	350-400	400-450	450-500

Коефіцієнт водоспоживання (K_v) є специфічною характеристикою кожної сільськогосподарської культури і показує, яка кількість вологи витрачається на формування одиниці сухої біомаси. Чим нижчий рівень агротехніки і родючості ґрунту, тим вищий коефіцієнт водовикористання. Коефіцієнт водовикористання основних сільськогосподарських культур наведено в таблиці 10.

За переведення абсолютно сухої маси на стандартну вологість користуються такою формулою:

$$ДМУ_{ГОСП} = \frac{100 \times ДМУ}{(100 - w) \times a}$$

Приклад розрахунку

Розрахувати ДМУ ярого ячменю сорту Дружба у Фастівському районі Київської області, якщо період вегетації триває від 15 квітня до 15 липня (умови ті самі, за яких розраховували ПУ).

З агрометеорологічного довідника по Київській області дізнаємося, що річна кількість опадів у районі становить 560 мм і розподіляється у період вегетації ячменю за місяцями так: квітень – 38 мм, травень – 58, червень – 73, липень 77 мм. У рік програмування врожаю на час сівби у метровому шарі ґрунту запаси доступної рослинам вологи становили 190 мм. За багаторічними даними, на кінець вегетації в ґрунті залишається 60 мм доступної вологи. З підґрунтовими водами надійде 80 мм води.

Розраховуємо можливі ресурси доступної рослинам води:

- за середньою багаторічною кількістю опадів:

$$W = W_{P0} \times K_{P0} = 560 \times 0,70 = 392 \text{ мм};$$

- за балансовим рівнянням у рік програмування врожаю:

$$W = W_{ГЗ} + W_{BO} \times K_{BO} + W_{ГВ} - W_K;$$

$$W_{BO} = \frac{38 \times 15}{30} + 58 + 73 + \frac{77 \times 15}{31} = 187 \text{ мм};$$

$$W = 190 + 187 \times 0,8 + 80 - 60 = 360 \text{ мм}.$$

Розраховуємо урожайність абсолютно сухої біомаси при TK 400:

– за середньорічними ресурсами вологи: $ДМУ = \frac{392 \times 100}{400} = 98$ ц/га;

– за ресурсами вологи у рік програмування:

$$ДМУ = \frac{360 \times 100}{400} = 90 \text{ ц/га}.$$

Далі розраховуємо урожайність зерна ($ДМУ_0$) стандартної вологості 14%, як і за розрахунку ПУ:

$$ДМУ_0 = \frac{98 \times 1 \times 100}{(100 - 14) \cdot 2,1} = 54,26 \text{ ц/га};$$

$$ДМУ_0 = \frac{90 \times 1 \times 100}{(100 - 14) \cdot 2,1} = 49,83 \text{ ц/га}$$

Отже, за високої культури землеробства середня багаторічна кількість опадів у Фастівському районі достатня для вирощування врожаїв інтенсивних сортів ярого ячменю 54 ц/га, тобто щоб засвоювати понад 2% ФАР (бо

урожайність при ККД ФАР 2% дорівнює 52,5 ц/га). За умовами, що склалися із зволоженням у рік програмування, урожайність має досягти 49,8 ц/га.

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Розрахувати ДМУ картоплі, якщо в умовах дерново-підзолистих ґрунтів Чернігівської області запаси продуктивної вологи перед садінням становлять 191 мм, а за період вегетації випадає 170 мм опадів.

Завдання 2. Розрахувати ДМУ для основних сільськогосподарських культур Миколаївської області за доступними ресурсами вологи, якщо запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на період сівби ярих ранніх культур для зони Степу становить 100-130 мм, для пізніх ярих культур – 60-100 мм. Для озимих культур та багаторічних трав на час відновлення вегетації – 130-150 мм, а для озимих по чорному пару – 160 мм.

Таблиця 13

Розрахунок ДМУ за ресурсами вологи

№ п/п	Показники	Культура		
		озима пшениця	кукурудза	соняшник
1.	Тривалість вегетаційного періоду			
2.	Ґрунтові запаси доступної рослинам вологи в метровому шарі ґрунту на час сівби ярих культур або на час весняного відростання озимих культур і багаторічних трав ($W_{ГЗ}$), мм			
3.	Опади за вегетацію ($W_{ВО}$), мм			
4.	Коефіцієнт корисності опадів ($K_{ВО}$), %			
5.	Кількість води у ґрунті, що залишається в ньому на час збирання культури (W_K), мм			
6.	Ресурси доступної рослинам вологи (W), мм			
7.	Співвідношення основної та побічної продукції			
8.	Коефіцієнт сумарного водоспоживання (K_B), мм/ц			
9.	ДМУ загальної біомаси, ц/га			
10.	ДМУ основної продукції за стандартної вологості (ДМУ _{госп}), ц/га			

Практичне заняття № 5

Тема: Розрахунок дійсно можливої урожайності за тепловими ресурсами

Урожайність запрограмованих посівів лімітується нестачею не лише вологи, а й тепла. Ці два фактори життя рослин тісно пов'язані між собою. Оцінюючи кліматично можливі врожаї, бажано враховувати взаємозв'язок цих факторів.

Усі життєві функції рослини відбуваються за певного режиму температур. Теплову характеристику місцевості умовно характеризують сумою активних і ефективних температур. Температури, за яких активно відбуваються процеси життєдіяльності рослини, називають фізіологічно активними. Температури, нижче яких ці процеси практично непомітні, називають фізіологічним мінімумом або нулем. Суму активних температур визначають, плюсуючи середньодобові температури за ті дати, коли вона перевищувала біологічний нуль, тобто це сума плюсових середньодобових температур за період між точками перетину прямої біологічного нуля культури з кривою графіка річного ходу температур понад біологічний мінімум.

Температурний режим місцевості зумовлюється її радіаційним балансом і залежить від географічної широти, напрямку і крутості схилу, тривалості світлового дня, кількості опадів, альbedo поверхні та інших факторів.

Тепловий режим у польових умовах піддається активному регулюванню менше ніж режим вологи, і в багатьох випадках є лімітуючим фактором урожайності. В цьому разі розрахунок дійсно можливої урожайності слід проводити за ресурсами тепла. Розрахунок урожайності з урахуванням ресурсів тепла здійснюють різними методами. Один із них запропонував Д.І.Шашко за біокліматичним потенціалом (БКП), одержаним П.І.Колосковим.

$$ДМУ = \beta \times БКП,$$

де, ДМУ – дійсно можлива (кліматично забезпечена) урожайність, т/га;

β – коефіцієнт, який за біокліматичного потенціалу в 1 бал практично дорівнює коефіцієнту використання ФАР посівом або 1 т урожаю зерна на кожний відсоток засвоєння ФАР;

БКП – біокліматичний потенціал, балів.

$$БКП \text{ розраховують за формулою: } БКП = K_{ЗВ} \times \frac{\sum t > 10^{\circ}C}{1000^{\circ}},$$

де, $K_{ЗВ}$ – коефіцієнт зволоження;

$\sum t > 10^{\circ}C$ – сума середньодобових температур вище $10^{\circ}C$ за період вегетації культури;

1000° – сума середньодобових температур на північній межі землеробства.

Коефіцієнт зволоження розраховують за формулою:

$$K_{ЗВ} = \frac{0,25 \times W}{R}$$

де, W – запаси доступної рослинам вологи, мм;

R – радіаційний баланс за період вегетації, кДж/см².

Способом визначення ДМУ, що враховує взаємозв'язок даних кліматичних чинників вважають визначення врожаю за гідротермічним показником (ГТП). Згідно з формулою А. М. Рябчикова, його визначають так:

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

де, ГТП – гідротермічний показник, балів;

W – запаси продуктивної вологи, мм;

T_v – період вегетації, декад;

36 – кількість декад на рік;

R – сумарний радіаційний баланс (ФАР) за період вегетації, кДж/см²;

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

$$ДМУ = 22 ГТП - 10.$$

Таким чином, гідротермічний показник дозволяє враховувати вологозабезпеченість і надходження тепла, пов'язані з радіаційним балансом.

Приклад розрахунку

Розрахувати кліматично забезпечену урожайність (ДМУ), якщо сума температур вище 10°C на програмованому полі 2500°, радіаційний баланс 95 кДж/см², ресурси вологи – 380 мм.

$$БКП = 0,25 \times \frac{380}{95} \times \frac{2500}{1000} = 2,5 \text{ бала};$$

$$ДМУ (КЗУ) \text{ при ККД ФАР } 2\% = 2 \cdot 2,5 = 5 \text{ т/га}$$

Розрахунок дійсно можливої урожайності в разі обмеженого теплозабезпечення можна вести за гідротермічним показником (ГТП), запропонованим А.М.Рябчиковим:

$$ДМУ = 22 \times \frac{11 \times 380}{36 \times 95} \times 4,19 - 10 = 102,66 \text{ ц/га.}$$

Далі розрахунки урожайності основної і побічної продукції проводять так, як описано за визначення ПУ.

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Розрахувати кліматично забезпечену врожайність (ДМУ), якщо вегетаційний період запрограмованого посіву цукрових буряків у Полтавській області включає 13 декад, запаси продуктивної вологи становлять 370 мм, а сумарний радіаційний баланс за період вегетації 110 кДж/см².

Завдання 2. Розрахувати кліматично забезпечену врожайність (ДМУ), якщо сума ефективних температур (> 5°C) для озимої пшениці за вегетацію становить 2100°, а запаси продуктивної вологи в ґрунті 150 мм.

Завдання 3. Розрахувати ДМУ для основних сільськогосподарських культур Миколаївської області за біокліматичним потенціалом та гідротермічним показником, якщо запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту становлять 130-160 мм. Отримані дані занести до таблиці 12.

Розрахунок ДМУ за БКП та ГТП

№ п/п	Показники	Культура		
		озима пшениця	кукурудза	соняшник
1.	Тривалість вегетаційного періоду, декад			
2.	Ґрунтові запаси доступної рослинам вологи в метровому шарі ґрунту на час сівби ярих культур або на час весняного відростання озимих культур і багаторічних трав ($W_{ГЗ}$), мм			
3.	Опади за вегетацію ($W_{ВО}$), мм			
4.	Коефіцієнт корисності опадів ($K_{ВО}$), %			
5.	Кількість води у ґрунті, що залишається в ньому на час збирання культури (W_K), мм			
6.	Ресурси доступної рослинам вологи (W), мм			
7.	Радіаційний баланс (R), кДж/см ²			
8.	Гідротермічний потенціал (ГТП), балів			
9.	ДМУ загальної біомаси, ц/га			
10.	Співвідношення основної та побічної продукції			
11.	ДМУ за стандартної вологості, ц/га			
	- основної продукції (ДМУ _о)			
	- побічної продукції (ДМУ _п)			
12.	Коефіцієнт засвоєння ФАР посівами ($K_{фар}$), %			
13.	$\sum t > 10^\circ\text{C}$, $\sum t > 5^\circ\text{C}$			
14.	Коефіцієнт зволоження ($K_{зв}$)			
15.	Біокліматичний потенціал (БКП), балів			
16.	Коефіцієнт β			
17.	ДМУ загальної біомаси, ц/га			
18.	ДМУ за стандартної вологості, ц/га			
	- основної продукції (ДМУ _о)			
	- побічної продукції (ДМУ _п)			

Практичне заняття № 6

Тема: Розрахунок дійсно можливої урожайності за якісною оцінкою ґрунтів

Метод розрахунку дійсно можливого урожаю (ДМУ) за якісною оцінкою ґрунтів передбачає розробку шкали бонітування. **Бонітування ґрунтів** – це порівняльна оцінка родючості ґрунту за сучасного рівня інтенсивності

виробництва, базується на багаторічній урожайності сільськогосподарських культур і об'єктивних властивостях самих ґрунтів. Урожайність культури підвищується в міру наближення агрохімічних показників ґрунту до оптимальних (рН, вміст гумусу, рухомих форм фосфору і калію тощо).

Розрахунок дійсно можливого урожаю (ДМУ) за родючістю ґрунту проводять за формулою:

$$ДМУ = B \times ЦБ,$$

де, B – бонітет ґрунту, бал;

$ЦБ$ – урожайна ціна бала ґрунту, ц/бал.

Середньозважений за областями бонітет ґрунту визначається науково-дослідними установами. Він враховує наявність і співвідношення в ґрунтового покриві тієї чи іншої області різних типів і видів ґрунтів (табл. 16, 17).

Ціну одного бала бонітету за врожайністю визначають за культурами або групами культур відповідно до природних зон (Полісся, Лісостеп, Степ) і вона є загальною обласною (табл. 15). Конкретний бонітет ріллі можна одержати за даними бонітетів ґрунтів господарства.

Таблиця 15

Ціна 1 бала за ґрунтово-кліматичними зонами України, ц/га

Культура	Полісся	Лісостеп	Степ	Середня	
				Україна	Миколаївська обл.
Зернові (без кукурудзи)	0,35	0,36	0,34	0,34	0,38
Озима пшениця	0,36	0,38	0,35	0,36	0,42
Ярий ячмінь, овес					0,32
Кукурудза - зерно	0,36	0,40	0,50	0,42	0,44
- силос	2,6	2,4	2,2	2,4	2,8
Горох	0,24	0,26	0,25	0,25	0,26
Гречка	0,13	0,16	0,14	0,14	
Соняшник	-	0,20	0,21	0,21	0,21
Картопля	2,00	1,50	-	1,80	
Цукрові буряки	2,25	2,40	2,15	2,20	2,8
Кормові буряки	4,2	4,0	3,2	3,9	3,8
Льон	0,10	0,12	-	0,10	
Багаторічні трави минулих років (сіно)					0,80

**Бонітет ґрунтів за основними сільськогосподарськими культурами
по областях і зонах України, бал**

Адміністративна область, зона	Технічні культури,	Зернові без кукурудзи	Озима пшениця	Кукурудза	Цукрові буряки	Картопля	Соняшник	Льон
Україна	60	62	61	61	62	63	70	48
Степ	59	64	62	56	58	-	71	-
Луганська	48	51	54	44	-	-	66	-
Дніпропетровська	61	64	61	52	58	-	78	-
Донецька	59	63	58	51	-	-	79	-
Запорізька	58	62	59	55	-	-	64	-
Кіровоградська	72	74	70	67	64	2	78	-
АР Крим	57	66	61	75	-	-	69	-
Миколаївська	58	63	62	51	54	-	65	-
Одеська	60	66	65	56	55	-	79	-
Херсонська	59	66	66	54	-	-	57	-
Лісостеп	68	66	66	66	66	65	68	43
Вінницька	72	70	66	72	70	-	57	-
Київська	61	63	63	77	72	62	-	45
Полтавська	65	66	67	64	65	-	73	-
Сумська	56	59	61	58	55	64	57	45
Тернопільська	75	67	67	-	79	68	-	-
Харківська	59	61	64	47	55	-	74	-
Хмельницька	65	65	66	-	65	-	-	-
Черкаська	80	80	78	76	73	-	-	-
Чернівецька	76	71	69	73	79	74	-	38
Полісся	47	48	49	60	61	62	-	49
Волинська	47	47	48	-	63	67	-	54
Житомирська	40	42	45	-	55	58	-	39
Закарпатська	47	61	55	51	-	40	-	-
Івано-Франківська	54	46	46	57	64	44	-	40
Львівська	47	47	47	-	64	57	-	68
Рівненська	57	57	56	-	70	63	-	52
Чернігівська	48	50	53	73	59	72	-	44

Бонітет ріллі адміністративних районів Миколаївської області, балів

Адміністративні райони	Бал		
	богар	зрошення	середній
Арбузинський	56	-	56
Баштанський	55	80	58
Березанський	54	-	54
Березнегуватський	56	82	58
Братський	56	-	56
Веселинівський	59	-	59
Вознесенський	54	81	57
Врадіївський	56	-	56
Доманівський	54	81	54
Єланецький	55	-	55
Жовтневий	55	79	61
Казанківський	55	-	55
Кривоозерський	63	-	63
Миколаївський	56	83	60
Новобузький	56	83	56
Новоодеський	54	78	56
Очаківський	52	78	54
Первомайський	57	85	59
Снігурівський	56	80	65
По області	56	80	58

Практичне заняття № 7**Тема: Визначення реальної 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 протягом 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:

$$Y_B = \frac{P \times K \times Z \times A}{1000},$$

де, Y_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 Миколаївського інституту АПВ, можливо визначити приблизну структуру (частку) участі факторів інтенсифікації в прирості врожаю порівняно з природною родючістю на богарних та зрошувальних землях (табл. 18).

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

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

де, Y_B – виробнича врожайність культури, ц/га;

B – бал бонітету ґрунту;

$Ц_B$ – урожайна ціна бала ґрунту, ц;

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

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

Таблиця 18

Структура участі факторів інтенсифікації в прирості врожаю зернових культур (Миколаївська обл.)

Богар	Фактори інтенсифікації	Зрошення
18%	Попередники	4%
11%	Сорт	10%
10%	Система обробітку ґрунту	2%
23%	Система удобрення	30%
29%	Погодні умови	10%
9%	Взаємодія та невраховані фактори	9%
-	Режим зрошення	30%

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

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

$$U_B = B \times Ц_B \times K + M \times O_B.$$

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 $U_B = K_C \times ПУ$, 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.

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

МОДУЛЬ II. Агробіологічні та агрохімічні основи програмування

Практичне заняття № 8

Тема: Програмування фітометричних показників під заплановану урожайність

Важливою умовою максимального використання ФАР є формування у посівах оптимальної площі листкової поверхні. А.О.Ничипорович зазначає, що для цього потрібно, щоб площа листків швидко наростала і досягала 40-50 тис.м² на 1 га посіву. За формування на будь-якому з етапів життя посіву занадто великої площі листків ФАР поглинається листками верхнього ярусу, а листки нижніх ярусів перебувають в умовах недостатньої освітленості, паразитують за рахунок продуктів асиміляції листків верхнього ярусу. В тих випадках, коли агротехнічний фон високий і площа листків досягає 50-60 тис. м² на 1 га, подальше підвищення урожайності пов'язане з вирішенням більш складних, ніж агротехнічні, завдань, зокрема, пов'язаних із просторовим розміщенням листкового апарату рослин. Питання про посіви як цілісні системи, оптимальну їхню структуру дуже важливе. Дослідження показують, що ідеальним за структурою може бути посів, у якому листки верхніх ярусів мають вертикальне (еректоїдне) або близьке до нього розміщення і досить добре пропускає світло в товщину (глибину) травостою, де просторове орієнтування листків поступово наближається до горизонтального.

Оптимальною вважається така площа листків, що забезпечує максимальний газообмін у посіві. Вона залежить від виду культури, сортових

особливостей, інтенсивності надходження ФАР і становить 4-6 м²/м², тобто 40-60 м²/га залежно від мети вирощування культури. Більша вона у культур із меншими витратами на дихання і малою інтенсивністю радіації пристосування.

Для характеристики тривалості фотосинтетичної роботи посіву за період вегетації або за міжфазний період використовують такий показник – як фотосинтетичний потенціал посіву (ФП) (м²/га) · днів, ФП об'єднує два показники : площу листя і час їх роботи.

Розраховують фотосинтетичний потенціал за формулою:

$$\Phi\Pi = \frac{(L_1 + L_2)}{2} \times T + \frac{(L_2 + L_3)}{2} \times T + \text{т.д.},$$

де ФП – фотосинтетичний потенціал, тис. м²/га×діб;

L₁, L₂, L₃, – площа листків на початку і в кінці періоду, тис. м²/га;

T – тривалість періоду, діб.

Сумарну потужність листкового апарату посіву характеризує фотосинтетичний потенціал (ФП). Він являє собою суму площ листкової поверхні за всі дні вегетації або як добуток середньої площі листків на 1 га за вегетацію (L_{CP}) на кількість днів активної вегетації (T_B).

$$\Phi\Pi = L_{CP} \times T_B \text{ (м}^2\text{/га} \times \text{діб)}.$$

Кожна одиниця ФП забезпечує одержання певної кількості органічної маси або господарсько-цінної частини врожаю. Для різних культур ця величина неоднакова. Підрахунки показують, що кожний метр листкової поверхні ФП озимої пшениці забезпечує 1,5-3 г зерна, жита – 1,3-2,5, кукурудзи – 2-3,5 г зерна, 13-20 г зеленої маси, ячменю – 1,5-3, гречки – 1,2-1,7, гороху – 1,5-2,5, сої – 1,2-2, проса – 1,3-2,7, картоплі – 8-10 г бульб, буряків - 10-20 коренеплодів, льону – 2-3 г соломи.

За цим показником можна розрахувати фотосинтетичний потенціал для запрограмованої урожайності, а з його допомогою – середню та максимальну площу листкової поверхні посіву:

$$\Phi\Pi = Y : M_{\Phi\Pi},$$

де, ФП – фотосинтетичний потенціал, млн. м²/га×діб;

Y – урожайність, т/га;

M_{ФП} – продуктивність 1 м² листкової поверхні ФП, г/м².

Якщо ФП = L_{CP} × T_B, то середня площа листків L_{CP} = ФП : T_B. Емпірично встановлено, що оптимальне наростання листкової поверхні спостерігається тоді, коли максимальні її розміри більші середніх за вегетацію в 1,83 разу. Звідси максимальна площа листків L_M = 1,83 × L_{CP}.

Показником проходження фотосинтезу є кількість пластичних речовин на одиницю листкової поверхні, що їх нагромаджує посів. (ЧПФ).

ЧПФ визначають за формулою:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{L_1 + L_2}$$

де, ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м². діб;

B₁, B₂ – абсолютна суха маса врожаю в кінці і на початку періоду визначення

Важливо створювати сприятливі умови не тільки для формування біологічного врожаю, а й господарсько-цінної його частини, бо не всі частини рослини рівноцінні та однаково використовуються. Для характеристики цієї величини користуються коефіцієнтом господарської ефективності врожаю:

$$K_{ГС} = \frac{V_o}{V_B},$$

де, V_o – величина урожаю основної, тобто господарсько-цінної частини, ц/га;
 V_B – урожайність загальної біомаси, ц/га.

Таким чином, одним із шляхів дальшого підвищення урожайності сільськогосподарських культур є збільшення виходу господарсько-цінної її біомаси, тобто підвищення коефіцієнта господарської ефективності врожаю. Цього можна досягти селекційним шляхом та агротехнічними прийомами. Коефіцієнт господарської ефективності врожаю знижується як за дуже низького, так і за досить високого нагромадження загальної біомаси й листової поверхні і є найбільшим при якомусь їхньому середньому значенні. Тому дотримання оптимальної густоти рослин, збалансованості елементів живлення, використання азотних добрив за періодами вегетації, застосування позакореневих підживлень, боротьба з виляганням, бур'янами та хворобами сприяють підвищенню $K_{ГС}$.

Завдання 1. Розрахувати чисту продуктивність фотосинтезу соняшнику, якщо площа листової поверхні у фазі утворення кошику склала 27,3 тис. м²/га, у фазі цвітіння – 35,6 тис. м²/га, у фазі повної стиглості 16,1 тис. м²/га. Вміст сухої речовини у рослинах соняшнику становив у фазу утворення кошику 24,6 ц/га, у фазу цвітіння – 70,2 ц/га, у фазу повної стиглості – 125,8 ц/га. Тривалість періоду утворення кошику – цвітіння – 22 доби, цвітіння – повна стиглість – 55 діб.

Завдання 3. Розрахувати фотосинтетичний потенціал соняшнику, якщо площа листової поверхні у фазі утворення кошику склала 24,7 тис. м²/га, у фазі цвітіння – 33,1 тис. м²/га, у фазі повної стиглості 114,2 тис. м²/га. Тривалість періоду утворення кошику – цвітіння – 19 діб, цвітіння – повна стиглість – 51 доба.

Практичне заняття № 9

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.

Існує багато методів встановлення оптимальних норм мінеральних добрив. Тривалий час основним методом був лабораторно-польовий дослід. У таких дослідах встановлювали 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. 19).

Таблиця 19

**Логічна схема розрахунку норм добрив на
запрограмовану врожайність**

Показники	Символ	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Запрограмована врожайність, ц/га	<i>У</i>	50	50	50
Питомий винос елементів живлення, кг/ц	<i>в</i>	3,2	1,12	2,24
Валовий винос елементів живлення урожаєм, кг/га (<i>У × в</i>)	<i>В</i>	160	56	112
Глибина розрахункового шару, см	<i>h</i>	20	20	20
Об'ємна маса ґрунту, г/см ³	<i>А</i>	1,25	1,25	1,25
Вміст елементів живлення у ґрунті, мг/ на 100 г ґрунту	<i>n</i>	13	10	10
Запаси елементів живлення у ґрунті, кг/га (<i>h × А × n</i>)	<i>П_{ГЗ}</i>	325	250	250
Коефіцієнт використання елементів живлення з ґрунту	<i>К_{ГЗ}</i>	0,30	0,15	0,25
Буде засвоєно рослинами з ґрунту, кг/га (<i>П_{ГЗ} × К_{ГЗ}</i>)	<i>М</i>	97,5	37,5	62,5
Потрібно засвоїти з мінеральних добрив, кг/га (<i>В – М</i>)	<i>δ</i>	62,5	18,5	49,5
Коефіцієнт використання елементів живлення з мінеральних добрив	<i>К_М</i>	0,60	0,25	0,65
Потрібно внести з мінеральними добривами, кг/га (<i>δ : К_М</i>)	<i>Д</i>	104,2	74,0	76,2

Ці ж розрахунки можна звести до такого рівняння:

$$D = \frac{Y \times v - P_{ГЗ} \times K_{ГЗ}}{K_M},$$

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;

$P_{ГЗ}$ – ґрунтові запаси елемента живлення в розрахунковому шарі ґрунту, кг/га;

$K_{ГЗ}$ – коефіцієнт використання елемента живлення з ґрунтових запасів;

K_M – коефіцієнт використання елемента живлення з мінеральних добрив.

Ґрунтові запаси елемента живлення ($P_{ГЗ}$) розраховують за формулою:

$$P_{ГЗ} = h \times A \times n,$$

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 $P_{ГЗ}$ у попередню формулу, отримаємо таку формулу:

$$D = \frac{Y \times v - h \times A \times n \times K_{ГЗ}}{K_M},$$

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:

$$D = \frac{Y \times v - P_{ГЗ} \times K_{ГЗ} - D_0 C_0 K_0 - D_{оп} C_{оп} K_{оп} - D_{мп} K_{мп}}{K_M},$$

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

D_0 – кількість органічних добрив, т/га;

C_0 – вміст елементів живлення від органічних добрив (у середньому азоту 5 кг, фосфору 2,5, калію 6 кг);

K_0 – 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:

$$D = \frac{\Delta Y \times v}{K_M},$$

де, ΔY – запрограмований приріст урожайності, ц/га, який визначають як різницю між запрограмованою урожайністю на даному полі та урожайністю культури на цьому полі без внесення добрив (Y_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:

$$Y_0 = \frac{P_{ГЗ} \times K_{ГЗ}}{v}.$$

Якщо розраховувати Y_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:

$$D = \frac{Y - B \times C_B \times K - D_0 C_0}{O_M},$$

де, D – норма збалансованого НРК 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_0 – норма органічних добрив, т/га;

C_0 – 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 НРК. 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 культур неоднакова засвоювальна здатність корневих 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. 20-27).

Таблиця 20

**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 21

**Коефіцієнти використання елементів живлення з органічних добрив
(середні узагальнені дані)**

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озима пшениця	0,20-0,35	0,30-0,50	0,50-0,70
Озиме жито	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

**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
Рис	0,25-0,45	0,08-0,18	0,08-0,18
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
Люпин (однорічний)	0,3-0,65	0,08-0,18	0,07-0,36
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
Льон-довгунець – насіння	0,25-0,35	0,03-0,14	0,07-0,2
- соломка	0,22-0,32	0,03-0,12	0,06-0,18
Коноплі – соломка	0,2-0,35	0,08-0,15	0,06-0,15
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

**Нормативна окупність органічних добрив
і повного мінерального добрива урожаєм с/г культур**

Культура	1 т органічних добрив, ц	1 ц мінеральних добрив, ц
1	2	3
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

Продовження таблиці 23

1	2	3
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 24

**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

Таблиця 25

Вміст елементів живлення у комплексних добривах, %

Добриво	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
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	

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

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 сорту Миронівська 61 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:

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

$$D_{P_2O_5} = (50 \times 1,12 - 20 \times 1,25 \times 10 \times 0,15) : 0,25 = 74 \text{ кг/га};$$

$$D_{K_2O} = (50 \times 2,24 - 20 \times 1,25 \times 10 \times 0,25) : 0,25 = 76,2 \text{ кг/га}.$$

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Розрахувати норми N, P, K для запрограмованої урожайності ярого ячменю 50 ц/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.

Завдання 2. Розрахувати норми N, P, K для запрограмованої урожайності в навчальному господарстві Сумського НАУ, якщо запрограмований урожай озимої пшениці на незрошуваних землях становить 50 ц/га. Попередник – кукурудза на силос, під яку внесено 30 т гною, N₉₀P₄₀K₆₀. Середньозважений бонітет поля – 78 балів, поправочний коефіцієнт на попередник до бонітету поля 0,95, рекомендоване співвідношення N:P₂O₅:K₂O для озимих - 1,2:1:1.

МОДУЛЬ III. Агротехнічні та організаційно-технічні заходи одержання програмованих врожаїв польових культур

Практичне заняття № 10

Тема: Програмування оптимальної густоти посіву і норм висіву

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 густина посівів неоднакова для різних культур, їх сортів і залежить від родючості ґрунту, кількості внесених добрив, забезпеченості вологою тощо.

Зі зміною густоти 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:

- для зернових культур: $P = \frac{100 \times Y}{K \times 3 \times A}$;
- для картоплі: $P = \frac{100 \times Y}{B \times M}$;
- для буряків: $P = \frac{100 \times Y}{M}$ і т.д.,

де, Y – запрограмована урожайність, ц/га;

K – коефіцієнт продуктивної куцистості рослини;

3 – кількість зерен у суцвітті, шт.;

A – маса 1000 зерен, г;

B – середня кількість бульб під куцем, 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 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.

Кількісну норму висіву програмують, користуючись формулою $NB_{KIL} = \frac{100 \times P}{B_{3AG}}$. Якщо в формулу підставити значення P , то одержимо такі формули:

- для зернових культур: $NB_{KIL} = \frac{10^4 \times Y}{B_{3AG} \times K \times 3 \times A}$;
- для картоплі: $NB_{KIL} = \frac{10^4 \times Y}{B_{3AG} \times B \times M}$;

$$\text{- для буряків: } NB_{KLI} = \frac{10^4 \times Y}{B_{ЗАГ} \times M},$$

де, NB_{KLI} – норма висіву насіння, млн. шт./га схожих насінин, для картоплі й буряків – тис.шт./га;

$B_{ЗАГ}$ – загальне виживання рослин за вегетацію, %.

Таблиця 28

Оптимальні якісні значення елементів урожаю с/г 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.:

$$B_{ЗАГ} = \frac{B_1 \times B_2 \times B_3 \dots B_n}{100^{n-1}},$$

де, $B_{ЗАГ}$ – загальне за вегетацію виживання рослин, %;

$B_1, B_2, B_3 \dots B_n$ – показники виживання рослин на окремих етапах життя посіву, %;

n – кількість таких етапів, показників, шт.

Ваговунорму висіву розраховують за формулами:

$$\text{- для зернових: } NB_{ВАГ} = \frac{10^6 \times Y \times A_0}{B_{ЗАГ} \times K \times Z \times A \times Пn};$$

$$\text{- для картоплі: } NB_{ВАГ} = \frac{10^6 \times Y \times M_0}{B_{ЗАГ} \times B \times M \times Пn},$$

де, $Y, K, Z, A, M, B, B_{ЗАГ}$ – ті ж, що й у попередніх формулах;

A_0 – маса 1000 насінин, г;

M_0 – середня маса садивної бульби, г;

$Пn$ – посівна придатність насіння, %.

Посівна придатність визначається за формулою:

$$Pn = 0,01 \times Ч \times С$$

де, Ч – чистота насіння, %;

С – лабораторна схожість насіння, %.

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Розрахувати норми висіву насіння для запрограмованої урожайності пшениці 60 ц/га, сорт Миронівська 61, 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 (В₁), осіння загибель від шкідників – 5, зимова загибель -15, ранньовесняна загибель – 15, загибель від ранньовесняного боронування – 3, весняно-літнє виживання – 85% (В₆).

Завдання 2. Розрахувати кількісну і вагову норми висіву насіння озимої пшениці на момент посіву, якщо її фактична урожайність становила 50 ц/га, продуктивна кущистість – 1,2, польова схожість – 95%, а виживання рослин – 70%.

Практичне заняття № 11

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 прийомів управління формуванням урожаю з урахуванням умов, що реально складаються, і прогнозованих погодних умов для підтримання в оптимальному режимі основних факторів, 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 агроприйоми. 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 графи 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.

77. Сітьовий графік вирощування озимої пшениці (за Листопадом Г. Е. та ін.)

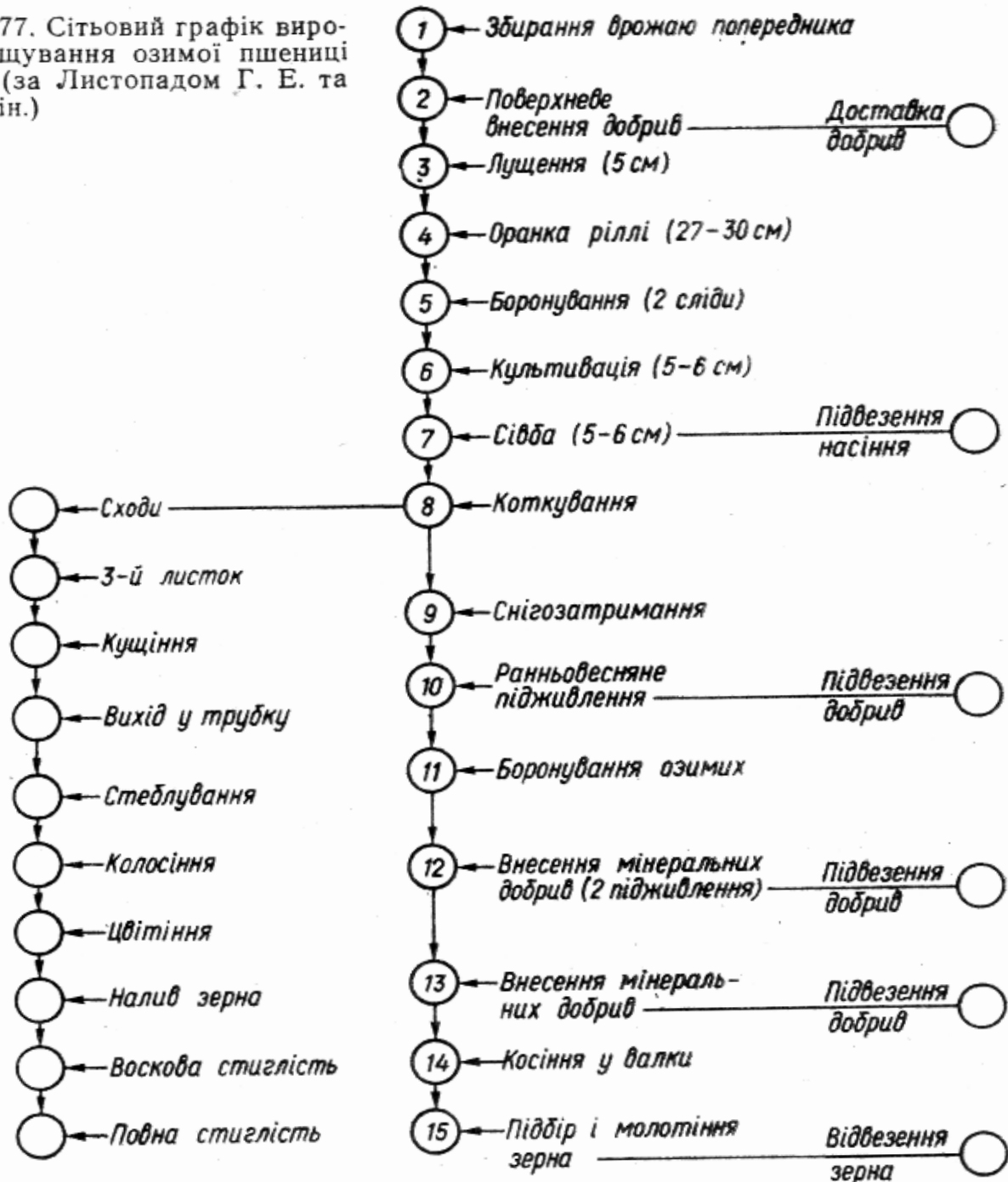


Рис.1 Сітьовий графік вирощування озимої пшениці

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 врожайність.

Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Розробити технологічну карту вирощування сільськогосподарських культур (за завданням викладача) для умов південного степу України відповідно до форми, наведеної у таблиці 30.

Таблиця 29

**Агрегати для виконання основних технологічних операцій,
норма виробітку та витрати пального**

Технологічна операція	Енергозасіб	С.-г. машина	Кількість	Норма виробітку, га/год	Витрати пального, кг/га
1	2	3	4	5	6
Оранка на глибину 20-22 см	ДТ-75М	ПЛН-5-35	1	0,71	11,96
	Т-150К	ПЛН-6-35	1	0,09	13,61
	ПМЗ-80/82	ПЛН-3-35	1	0,57	18,0
Оранка на глибину 25-27 см	ДТ-75М	ПЛН-4-35	1	0,59	16,75
	Т-150К	ПЛН-4-35	1	0,74	17,66
Оранка на глибину 27-30 см	ДТ-75М	ПЛН-4-35	1	0,56	18,07
	Джон-Дір	ПЛН-7115	1	1,76	23,00
	Т-150К	ПЛН-4-35	1	0,73	8,81
	ХТЗ-17021	ПЛН-5-35	1	1,13	18,00
Боронування зябу	ДТ-75М	СГ-21+ БЗСС-1,0	18	9,86	1,16
	ДТ-75М	БЗТС-1,0	21	9,86	1,16
	Т-150К	СГ-21+ БЗТС-1,0	1 21	10,91	1,32
	ЮМЗ-6Л	СП-11+ БЗСС-1,0	1 18	4,4	1,73
Культивіація зябу на глибину 6-8 см	ДТ-75М	СП-11+ КПГ-4+ БЗСС-1,0	1 2 8	4,39	2,64
	МТЗ-80	КПГ-4+ БЗСС-1,0	1 4	2,71	3,63
Культивіація зябу на глибину 8-10 см	ДТ-75М	СП-11+ КПГ-4+ БЗСС-1,0	1 2 8	4,11	2,81
	МТЗ-80	КПГ-4+ БЗСС-1,0	1 4	2,61	4,21

Продовження таблиці 29

1	2	3	4	5	6
Культивувати зябу на глибину 10-12 см	ДТ-75М	СП-11+	1	2,61	4,21
		КПГ-4+	2		
		БЗСС-1,0	4		
Сівба зернових та зернобобових культур з одночасним внесенням добрив	ДТ-75М	СЗ-3,6	3	3,81	2,97
Сівба зернових та зернобобових культур з одночасним внесенням добрив	ДТ-75М	СЗУ-3,6	3	3,81	2,97
	ДТ-75М	СПЗ-3,6	3	3,81	2,97
	ЮМЗ-6Л	СЗ-3,6	1	1,76	2,97
	ХТЗ-17021	СЗП-3,6	1	1,76	2,97
	ХТЗ-17021	СЗУ-3,6	1	1,76	2,97
	ХТЗ-17021	СЗС-2,1		2,59	4,3
	Джон-Дір	Плантер		5,71	4,0
Сівба кукурудзи і соняшнику	Т-150К	СПС-24	1	4,21	2,31
	Т-70С	СКПП-8	1	4,01	2,39
	МТЗ-80	СУПН-8	1	2,13	2,56
	МТЗ-80	СПЧ-6МФ	1	1,3	2,89
	Т-40М	СПЧ-6МФ	1	1,3	2,48
Сівба сої	ДТ-75М	С-11У+	1	4,11	2,39
		СЗСШ-3,6	2		
Сівба цукрових буряків	Т-70С	ССТ-12Б	1	1,64	3,14
		ССТ-18Б	1	2,29	2,64
		ССТ-8	1	1,5	3,47
Коткування після сівби	ДТ-75М	СП-16+	1	7,44	1,82
		ЗКВГ-1,4	4		
	Т-70С	СП-16+	1	5,8	1,73
		ЗКВГ-1,4	3		
МТЗ-80	С-11У+	1	6,59	1,73	
	ЗККШ-6	2			
Т-40	С-11У+	1	5,24	1,07	
	ККН-2,8				
Досходове боронування	ДТ-75М	СГ-21+	1	8,76	1,24
	Т-70С	БЗСС-1,0	8	7,51	1,16

Продовження таблиці 29

1	2	3	4	5	6
Післясходове боронування	ДТ-75М	СГ-21 БЗСС-1,0	1 21	6,24	1,24
	МТЗ-80	СП-16+ БЗСС-1,0	1 15	4,31	1,73
	Т-70С	СГ-21+ БЗСС-1,0	1 18	5,44	1,32
Міжрядний обробіток: -перший	МТЗ-80	КРН-5,6	1	2,39	3,0
	ЮМЗ-6Л	КРН-5,6	1	2,11	4,2
	МТЗ-80	КРН-4,2	1	1,81	3,6
	Т-70С	КРН-4,2	1	1,57	4,8
-другий та третій	МТЗ-80	КРН-5,6	1	2,54	2,9
	ЮМЗ-6Л	КРН-5,6	1	2,27	3,4
	Т-70С	КРН-4,2	1	2,02	3,4
Проріджування сходів буряків	Т-70С	ПСА-5,4	1	2,11	4,2
Міжрядний обробіток на посівах цукрових буряків	Т-70С	УСМК-5,4Б	1	1,86	4,0
	Т-70С	КФ-5,4	1	1,86	2,8
Обприскування посівів	МТЗ-80	ОПВ-1200	1	6	0,9
	МТЗ-80	ОП-2000	1	9,43	0,97
	МТЗ-80	ОАТ-1А	1	5,14	1,27
	ЮМЗ-6Л	ОП-450	1	2,93	2,76
	ЮМЗ-6Л	ОПШ-15	1	4,71	1,1
	Т-40	ПОУ	1	4,87	0,65
Збирання врожаю зернових: -скошування у валки	СК-5	ЖВН-6А	1	2,21	4,2
	СК-5	ЖРБ-4,2	1	2,01	5,1
	СК-6	ЖВН-6А	1	2,39	4,4
	КПС-5Г	ЖВН-6А	1	5,56	3,2
	ДТ-75М	ЖВС-6	1	2,89	3,0
	МТЗ-80	ЖЗС-6	1	2,86	2,4
-підбирання та обмолот валків (без подрібненням соломи)	СК-5	Хедер-4,1	1	0,94	10,4
	СК-6	Хедер-4,1	1	1,16	11,7
	СКД-6	А-54-102	1	0,96	14,0
	ДОН-1500	ПДПОД- 1500	1	1,36	15,1
-підбирання та обмолот валків (з подрібнення соломи)	СК-5	Хедер-4,1	1	0,89	14,5
	СК-6	А-54-102	1	0,97	16,1
	СКД -6	Хедер-4,1	1	0,9	14,8
	ДОН-1500	ПЛПОД-1500	1	1,01	19,0

Продовження таблиці 29

1	2	3	4	5	6
Пряме комбайнування (без подрібнення сломи)	СК-5	Хедер-4,1	1	0,76	14,7
	СК-6	Хедер-4,1	1	1	12,6
	СКД -6	Хедер-4,1	1	1,04	14,5
	ДОН-1500	Хедер-5,0	1	1,31	15,4
	ДОН-1500	Хедер-7,0	1	1,33	14,7
Пряме комбайнування (з подрібненням сломи)	СК-5	Хедер-4,1	1	0,81	16,2
	СК-6	Хедер-4,1	1	0,93	17,0
	СКД-6	Хедер-4,1	1	0,86	16,0
	ДОН-1500	Хедер-5,0	1	1	19,8
	ДОН-1500	Хедер-6,0	1	1,01	19,0
	ДОН-1500	Хедер-7,0	1	1,01	18,8
Збирання врожаю кукурудзи на зерно (в качанах)	КСКУ-6	2ПТС-4Л	1	1,6	15,02
	ДТ-75М	ККП-3	1	0,84	15,92
Збирання врожаю кукурудзи на зерно (з одночасним обмолотом качанів)	ДОН-1500	КДМ-6	1	1,2	13,53
	СК-5	ППК-4	1	0,73	13,2
Збирання кукурудзи і трав на зелений корм і силос	Е-280	-	1	0,57	18,5
	Е-211	-	1	0,74	15,5
	КСК-100	-	1	1,26	11,0
	ДТ-75М	КСС-2,6	1	0,73	14,7
	МТЗ-80	КСС-2,6	1	0,7	12,0
	МТЗ-80	КС-1,8	1	0,53	12,4
	МТЗ-80	КПИ-2,4	1	0,53	16,0
Збирання урожаю цукрових буряків: - збирання гички	МБС-6	-	1	1,47	8,5
	ДТ-75М	БМ-6Б	1	0,83	9,82
	Т-70С	БМ-6Б	1	0,83	8,5
- збирання коренеплодів	КС-6В	-	1	1,14	12,62
	РМК-6-01	-	1	1,04	12,79
	РКС-6	-	1	0,83	13,28
	КС-6	-	1	0,99	13,78

ДОВІДНИК ФОРМУЛ

№ п/п	Формула	Значення індексів, одиниці виміру
1.	Посівна придатність насіння, %: $\text{ПП} = \frac{\text{Ч} \times \text{С}}{100}$	Ч – чистота насіння, %; С – схожість насіння, %;
2.	Норма висіву з поправкою на посівну придатність, кг/га або млн. шт./га: $\text{НВ} = \frac{\text{НВ}_{\text{рек}} \times 100}{\text{ПП}}$	НВ рек. – рекомендована норма висіву, кг/га або млн шт./га.
3.	Вагова норма висіву, кг/га: $\text{НВ}_{\text{ваг}} = \frac{\text{НВ}_{\text{кіл}} \times \text{А} \times 100}{\text{ПП}}$	НВ кіл. – кількісна норма висіву, млн шт./га; А – маса 1000 насінин, г.
4.	Кількісна норма висіву, млн. шт./га: $\text{НВ}_{\text{кіл}} = \frac{\text{НВ}_{\text{ваг}}}{\text{А}}$	А – маса 1000 насінин, г; НВ ваг. – вагова норма висіву, кг/га.
5.	Окружність колеса сівалки, м $\text{О} = \pi \times \text{Д}$ $\text{О} = 2\pi \times \text{R}$	Д – діаметр колеса сівалки, м; Р – радіус колеса сівалки, м; π – число 3,14.
6.	Площа засіяної ділянки, м²: $\text{S} = \text{Ш} \times \text{Д}_0$	Ш_с – ширина засіяної ділянки, м; Д₀ – шлях що проходить сівалка за певну кількість обертів колеса, м.

7.	<p>Довжина засіяної ділянки, м:</p> <p>О – окружність колеса сівалки, м; N – кількість обертів колеса.</p> $D_0 = O \times n$
8.	<p>Розрахункова норма висіву за кількістю обертів колеса сівалки, кг:</p> <p>НВрек. – рекомендована норма висіву, кг/га; Ш – ширина захвату сівалки, м; Д – діаметр колеса сівалки, м; N – кількість обертів колеса; π – число 3,14; Кз – коефіцієнт зсуву колеса сівалки (0,93-1,0).</p> $НВ_{роз.} = \frac{НВ_{рек.} \times Ш \times n \times Д \times \pi}{10^4 \times Кз}$
9.	<p>Норма висіву культури в травосуміші, кг/га або млн. шт./га:</p> <p>НВч. – норма висіву культури у чистому вигляді, кг/га або млн шт./га; Уо – частка участі культури в травосуміші, %; ПП – посівна придатність насіння, %.</p> $НВ_{тр} = \frac{НВч \times Уо}{ПП}$
10.	<p>Довжина рядків на 1 га посіву, м</p> <p>S – площа 1 га, м²; Шм. – ширина міжрядь, м; Г – густина стояння рослин, млн.шт./га; Р – кількість рослин на 1 м рядку.</p> $D_p = \frac{S}{Шм}$ $D_p = \frac{Г}{Р}$
11.	<p>Відстань між рослинами в рядку, м:</p> <p>S – площа 1 га, м²; Шм. – ширина міжрядь, м; Г – густина стояння рослин, млн.шт./га або тис.шт./га.</p> $B_p = \frac{S}{Шм \times Г}$

12.	<p>Урожайність с/г продукції з базисною вологістю, ц/га:</p> $Уб = \frac{Уф \times Ср.ф}{Ср.б}$ <p>Уф. – фактична урожайність, ц/га; Ср.ф – частка сухої речовини с/г продукції з фактичною вологістю, %; Ср.б – частка сухої речовини с/г продукції з базисною вологістю, %.</p>
13.	<p>Біологічна врожайність культури, т/га абсолютно сухої речовини</p> $Уб = \frac{0,4 \dots 0,7 / A \times 10}{T}$ <p>0,4...0,7 – коефіцієнт використання опадів рослинами; 10 – коефіцієнт переведення мм опадів в м³/га; А – річна сума опадів, мм; Т – транспіраційний коефіцієнт.</p>
14.	<p>Урожайність основної продукції, т/га абсолютно сухої речовини</p> $УГ = \frac{Уб \times Г}{100}$ <p>Г – питома вага основної продукції у складі врожайності, %.</p>
15.	<p>Урожайність основної продукції, т/га за стандартної вологості</p> $Ус = \frac{УГ \times 100}{100 - Вс}$ <p>Вс – стандартна вологість основної продукції, %.</p>

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДО ЗАЛІКУ

МОДУЛЬ I

1. Планування, прогнозування та програмування врожаїв. Дати визначення даних термінів.
2. Основні завдання програмування врожаїв.
3. Принципи програмування врожаїв с/г культур.
4. Значення та етапи процесу програмування.
5. Основні принципи програмування врожаїв з урахуванням екологічних особливостей регіону та економіки природокористування.
6. Рівні врожайності та їх визначення.
7. Дійсно можливий урожай та його визначення.
8. Як визначити потенційну урожайність?
9. Поняття реальної виробничої урожайності. Формула розрахунку.
10. Суть методу експертних оцінок.
11. Як визначити прогнозовану урожайність за методом вирівнювання динамічних рядів?
12. Розрахувати прогнозовану врожайність за допомогою лінійної регресії.
13. Основні етапи кореляційно-регресивного прогнозування.
14. Програмування врожаїв сільськогосподарських культур з використанням показників теплозабезпечення.
15. Способи підвищення потенційного врожаю.
16. Які закони землеробства та рослинництва враховують за програмування врожаїв?
17. Які вихідні дані враховують за розрахунку дійсно можливої врожайності (ДМУ)?

Модуль II

1. Оптимізація процесів фотосинтезу.
2. Фотосинтетичний потенціал, його визначення.
3. Продуктивність фотосинтезу.
4. Як визначити потенційну урожайність за фітометричними показниками?
5. Динаміка наростання листкової поверхні.
6. Динаміка росту біомаси і накопичення поживних речовин у рослинах.
7. Модель накопичення сирової і сухої маси рослин.
8. Назвіть 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.
14. Чинники, що впливають на формування оптимальної площі листкової поверхні.

Модуль III

1. Основні методи визначення норм внесення добрив.
2. Суть методу розрахунку норм внесення добрив за рекомендаціями з урахуванням даних картограм.
3. Як визначити нормативи затрат добрив для одержання 1 т врожаю чи приросту врожаю.
4. Встановлення потреби в мінеральних добривах за нормативами затрат.
5. Які показники родючості ґрунту та мінерального живлення використовують у балансово-розрахунковому методі?
6. Недоліки встановлення норм добрив за рекомендаціями.
7. Основні недоліки та їх суть балансово-розрахункового методу.
8. Суть методу встановлення норм добрив за бонітетом ґрунту.
9. Суть економіко-математичних методів встановлення норм добрив.
10. Чому економіко-математичні методи (їх моделі) називають локальними.
11. Розрахунок норми висіву зернових культур.
12. Оптимальна густина стояння рослин та фактори, що впливають на її формування.
13. Масова норма висіву с/г культур, її розрахунок.
14. Визначення приросту врожаю за рахунок впровадження високопродуктивних сортів.
15. Поняття номограми та їх використання за програмування врожаїв.
16. Схема складання технологічної карти програмованого врожаю та її відміни від технологічної карти вирощування.
17. Сітьовий графік польових робіт, його призначення.
18. Прогнозування розвитку шкідників, хвороб та бур'янів та система заходів боротьби, що вводиться до прогностичних програм.
19. Вибір і обґрунтування системи обробітку ґрунту при програмуванні врожаю зернових культур.
20. Визначення ефективності використання ресурсів.
21. Особливості програмування врожаїв проміжних культур.
22. Особливості програмування врожаїв сільськогосподарських культур на зрошенні.
23. Оптимізація елементів технології вирощування програмованих врожаїв цукрових буряків.
24. Особливості технології вирощування програмованих урожаїв картоплі.
25. Види програм за програмування врожаїв та їх призначення.
26. Які параметри основних елементів продуктивності посівів вводяться до прогностичної програми.
27. На яких даних продуктивності посівів ґрунтується інформаційно-оперативна програма.
28. Суть і завдання коригуючої програми в програмуванні.
29. Основні організаційні заходи одержання програмованих врожаїв.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. Агроекономічні і екологічні основи прогнозування та програмування рівня врожайності сільськогосподарських культур : навчальний посібник / В. Харченко, В. І. Прасол, С. М. Кравченко, В. А. Мокрієнко ; за ред. О. В. Харченка. Суми : Університетська книга, 2025. 240 с.
2. Захарченко Є. А., Масик І. М., Прасол В. І., Пшиченко О. І. Прогноз і програмування врожаїв сільськогосподарських культур: навчальний посібник / за ред. д. с-г. наук, О.В. Харченка. Суми : ФОП Цьома С. П., 2020. 94 с.
3. Методологія прогнозування та програмування врожаїв польових культур : методичні вказівки / уклад. Ю. В. Мащенко. Кропивницький : ЦНТУ, 2023. 32 с.
4. Могильницька А. М., Панфілова А. В. Оцінка та моделювання впливу погодно-кліматичних умов на урожайність пшениці озимої. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип 4 (108). С. 29-36. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-4\(108\)-4](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-4(108)-4).
5. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. Львів : НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.
6. Прогнозування та програмування врожайності сільськогосподарських культур : навчальний посібник / І. В. Аксьонов, Н. Ю. Мацай, С. В. Маслійов та ін. Старобільськ : ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2021. 180 с.
7. Рожков А. ., Безпалько В. В., Деревянко І. О. Прогноз і програмування врожаїв сільськогосподарських культур : курс лекцій. Харків : ДБТУ, 2025. 70 с.
8. Скляр О. Г., Скляр Р. В., Григоренко С. М. Методика моделювання та оптимізації структури посівних площ. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2023. Вип. 13, Т. 1. С. 93-105. URL: <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-1-7>.
9. Шеремет А., Бондар Т. В. Управління урожайністю підприємства на основі використання засобів прогнозування. *Вісник Сумського державного університету. Серія : Економіка*. 2021. № 4. С. 161-166. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VSU_ekon_2021_4_21

Додаткова

1. Зінченко О. І. Програмування врожайності сільськогосподарських культур : підручник. Умань : Редакційно-видавничий відділ Уманського НУС, 2015. 310 с.
2. Маренич М. М., Веревська О. В., Шкурко В. С. Прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. Полтава : СІМОН, 2011. 115 с.
3. Оцінка методичних підходів щодо екологічного обґрунтування застосування добрив під сільськогосподарські культури / за ред. О. В. Харченка, В. І. Прасола. Суми : Університетська книга, 2011. 48 с.
4. Харченко О. В., Петренко Ю. М. Ресурсні рівні врожайності сільськогосподарських культур та їх екологічне оцінювання / за ред. д. с.- г. н. О. В. Харченка. Суми : видавничо-виробниче підприємство «Мрія», 2017. 53 с.

5. Харченко О. В., Прасол В. І., Кравченко С. М. Агроекономічні і екологічні основи програмування та програмування урожайності сільськогосподарських культур. Суми : Університетська книга, 2013. 237 с.

Навчальне видання

ПРОГРАМУВАННЯ ВРОЖАЇВ

Методичні рекомендації

Укладач: **Маркова** Наталія Валентинівна

Формат 60×84 1/16. Ум. друк. арк. 4,4

Тираж 100 прим. Зам. № ____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020 м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.