

**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» заочної форми здобуття вищої освіти

МИКОЛАЇВ

2024

УДК 631.559

П 78

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету від 17.10.2024 р., протокол № 3.

Укладачі:

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

Рецензенти:

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

**Зміст**

Вступ.....	4
1. Розрахунок потенційної урожайності.....	10
2. Розрахунок дійсно можливої урожайності за ресурсами вологи.....	14
Довідник формул.....	20
Контрольні питання до заліку.....	23
Список рекомендованої літератури.....	25

## 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 урожайності вирощуваних рослин.

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

Програмування має включати 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 врожаїв сільськогосподарських культур. Але програмоване вирощування врожаїв вимагає від спеціалістів аграрних підприємств 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 необхідні знання основних законів землеробства та чинників формування врожаю, ґрунтово-кліматичних ресурсів та заходів щодо регулювання ґрунтової родючості, принципів та методів прогнозування і програмування урожайності.

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

За написання даних рекомендацій використано результати сучасних 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 запланованого рівня і якості врожаю 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 урожайності 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 фітотетричних 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 ряд розрахунків із визначення величини урожайності, забезпечення її ресурсами і контролю за формуванням врожаю.

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

Обсяг дисципліни для студентів спеціальності 201 «Агрономія» становить 90 годину або 3,0 кредитів, у тому числі 16 годин – лекційних, 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 освітнього процесу.

**Модуль І. Наукові основи програмування врожаїв та рівні урожайності:** лекцій – 4; практичних занять – 4, самостійних – 20 годин.

**Модуль ІІ. Агробіологічні та агрохімічні основи програмування:** лекцій – 2, самостійних – 30 годин.

**Модуль III. Агротехнічні та організаційно-технічні заходи одержання програмованих врожаїв польових культур: самостійних – 60 годин.**

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

Розподіл навчального часу за темами самостійних завдань наведено в таблиці 1.

*Таблиця 1*

**Теми, форма контролю та перевірки завдань, які винесені на самостійне обов'язкове опрацювання**

№ п/п	Тема	Кількість годин	Форма самостійної роботи	Форма контролю і перевірки	Кількість балів
1	2	3	4	5	6
<b>5 семестр</b>					
1.	Програмування і охорона навколишнього середовища	5	Реферат	Захист реферату	3-6
2.	Вплив погодних умов на величину програмованого врожаю	5	Реферат	Захист реферату	3-6
3.	Визначення ефективності використання ресурсів з урахуванням родючості ґрунтів	5	Реферат	Захист реферату	3-6
4.	Агробіологічні особливості програмування врожаїв зернових культур	5	Реферат	Захист реферату	3-6
5.	Агробіологічні особливості програмування врожаїв корене- та бульбоплодів	5	Реферат	Захист реферату	3-6
6.	Агробіологічні особливості програмування врожаїв олійних культур	5	Реферат	Захист реферату	3-6
7.	Агротехнічні основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур	5	Реферат	Захист реферату	3-6
8.	Програмування оптимальної густоти посіву і норм висіву	5	Реферат	Захист реферату	3-6
9.	Розрахунок прогнозованої урожайності сільськогосподарських культур	4	Реферат	Захист реферату	3-6
10.	Розрахунок коефіцієнту засвоєння ФАР	3	Реферат	Захист реферату	3-6
11.	Агроекологічні основи програмування врожаїв	4	Реферат	Захист реферату	3-6
<b>6 семестр</b>					
12.	Розрахунок дійсно-можливої урожайності за тепловими ресурсами	3	Реферат	Захист реферату	3-6

## Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
13	Розрахунок дійсно можливої урожайності за якісною оцінкою ґрунтів	3	Реферат	Захист реферату	3-6
14	Визначення реальної виробничої урожайності	3	Реферат	Захист реферату	3-6
15	Програмування фітометричних показників під заплановану урожайність	2	Реферат	Захист реферату	3-6
16	Розрахунок норм внесення добрив на запрограмований урожай	3	Реферат	Захист реферату	3-6
17	Структура посівів запланованих врожаїв	2	Реферат	Захист реферату	3-6
18	Загальні питання удобрення програмованих врожаїв польових культур	2	Реферат	Захист реферату	3-6
19	Удобрення та економія енергії при програмуванні врожаїв	2	Реферат	Захист реферату	3-6
20	Розрахунок норм добрив програмованих врожаїв за нормативами затрат	2	Реферат	Захист реферату	3-6
21	Розрахунок норм добрив програмованих врожаїв економіко-математичними методами	2	Реферат	Захист реферату	3-6
22	Технологічні основи отримання запрограмованих урожаїв (розробка технологічної схеми вирощування сільськогосподарських культур)	2	Реферат	Захист реферату	3-6
23	Прогресивні способи вирощування сільськогосподарських культур	2	Реферат	Захист реферату	3-6
24	Прогнозування оптимального сортового складу сільськогосподарських культур	2	Реферат	Захист реферату	3-6
25	Програмування врожаю та оптимізація технології вирощування озимої пшениці	2	Реферат	Захист реферату	3-6
26	Програмування врожаю та оптимізація технології вирощування кукурудзи на зерно	2	Реферат	Захист реферату	3-6
27	Програмування врожаю та оптимізація технології вирощування соняшнику	2	Реферат	Захист реферату	3-6

*Продовження таблиці 1*

1	2	3	4	5	6
28	Програмування врожаю та оптимізація технології вирощування цукрових буряків	2	Реферат	Захист реферату	3-6
29	Способи коригування процесів формування врожаїв сільськогосподарських культур	2	Реферат	Захист реферату	3-6
30	Агрохімічні основи програмування врожаїв	2	Реферат	Захист реферату	3-6
31	Продуктивність культур за родючістю ґрунту	2	Реферат	Захист реферату	3-6
32	Методичні особливості програмування врожаїв на зрошенні	2	Реферат	Захист реферату	3-6
33	Організаційно-технологічні заходи одержання програмованих врожаїв	2	Реферат	Захист реферату	3-6
34	Особливості програмування врожаїв проміжних посівів	2	Реферат	Захист реферату	3-6
Разом		110			6-12

### **Кредитно-модульна рейтингова оцінка знань здобувачів вищої освіти**

Рейтинг здобувачів вищої освіти складається з загальної кількості балів, отриманих на проміжному контрольному заході та за поточну роботу. Максимальна кількість балів за навчальну дисципліну, що може отримати студент упродовж семестру за всі види роботи, становить 100.

За кожний з елементів модуля здобувач вищої освіти отримує оцінку в балах. Сума балів, набраних здобувачем під час виконання всіх видів робіт за модуль, додається. Якщо студент не набрав необхідної суми балів, то він не допускається до контрольного заходу і йому рекомендується набрати цю кількість балів за рахунок виконання індивідуального домашнього завдання, проміжного тестового контролю знань та інших видів робіт.

Підсумкова оцінка здобувача вищої освіти з навчальної дисципліни у 5-му семестрі закінчується заліком. Залік визначається за умови наявності у нього позитивних оцінок з усіх її модулів (залікових кредитів). При цьому до залікової книжки виставляється «зараховано», якщо кількість балів 60 і більше (із можливих 100 засвоєння змістових модулів упродовж семестру). Присутність студента на заліку не обов'язкова.

Студенти, які хворіли і мають відповідні довідки медичних установ чи були відсутні з інших поважних причин і не могли брати участь у контрольному заході, проходять контроль під час спеціально встановлених додаткових занять за узгодженням з викладачем графіком, що розробляє деканат факультету.

Шкала рейтингової оцінки знань здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни «Програмування врожаїв» наведена в таблиці 2.



**Шкала рейтингової оцінки знань студентів з дисципліни**

№ п/п	Вид контролю знань студентів	Оцінка	Модулі			Всього
			1	2	3	
<b>5-й СЕМЕСТР</b>						
1.	Виконання практичних робіт	5/3	14/7	4/2	6/3	24/12
2.	Наукова доповідь (захист реферату)	5/3	6/3	6/3	6/3	18/9
3.	Контрольна робота по модулю	5/3	15/11	18/12	25/16	58/30
4.	Пропуски занять без поважних причин: за 1 год.					-1
Усього за 5-й семестр		5/3	35/21	28/17	37/22	100/60

*Примітка* – у чисельнику максимальна, а у знаменнику мінімальна кількість балів.

## Практичне заняття № 1

### 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:

$$ПУ = \frac{\sum Q_{фар} \times K_{фар}}{10^4 \times q},$$

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

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

$K_{фар}$  – 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 врожайність 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:

$$ПУ_{II} = ПУ_0 \times a_{II},$$

## 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/см<sup>2</sup> (Цупенко М.Ф., 1990)**

Область	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	За період з t° вище		За рік
								+5 °C	+10 °C	
<b>Степ</b>										
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
<b>Лісостеп</b>										
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
<b>Полісся</b>										
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

### 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. 5) 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/см<sup>2</sup> (табл. 6).

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 Кфар 2%.

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

Визначаємо урожайність зерна і соломи за стандартної вологості 14%.

$$\text{ПУ}_0 = \frac{95,2 \times 1 \times 100}{(100 - 14) \times 2,1} = 52,71 \text{ (ц/га);} \quad \text{ПУ}_\Pi = \frac{95,2 \times 1,1 \times 100}{(100 - 14) \times 2,1} = 57,98 \text{ (ц/га)}$$

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

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 врожай сільськогосподарських культур і урожайність 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 7.

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 врожаю.

**Рівні потенційно можливих врожаїв сільськогосподарських культур**

№ з/п	Показники	Культура		
		ячмінь ярий	кукурудза	соняшник
1.	Тривалість вегетаційного періоду			
2.	Коефіцієнт використання ФАР, %			
3.	Сумарне надходження ФАР до поверхні посіву за період активної вегетації, кДж/га			
4.	Калорійність одиниці врожаю органічної речовини, кДж/кг			
5.	Співвідношення основної та побічної продукції			
6.	Потенційна урожайність загальної біомаси, ц/га			
7.	Потенційна урожайність основної продукції за стандартної вологості, ц/га			
8.	Потенційна урожайність побічної продукції за стандартної вологості, ц/га			

**Практичне заняття № 2****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 втрачається внаслідок випаровування з поверхні поля, коли воно не вкрите рослинами, та у вигляді поверхневого або ґрунтового стоку. Це так звані непродуктивні втрати опадів. Вони залежать від різних чинників (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.

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

$$W = W_{ГЗ} + W_{во}$$

Дані  $W_{во}$  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 врожаю. Частково цей недолік усувається, якщо розрахунки вести за балансовою формулою:

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

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;

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

$K_{BO}$  – 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;

$W_K$  – кількість води у ґрунті, що залишається в ньому на час збирання культури.

Серед малорегульованих 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.).

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;

$K_v$  – коефіцієнт сумарного водоспоживання, мм/ц, т/ц, м<sup>3</sup>/ц відповідно до одиниць виміру  $K_v$  потрібно переводити і ресурси вологи.

Таблиця 8

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

Область	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV- X	За рік
<b>Степ</b>									
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
<b>Лісостеп</b>									
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
<b>Полісся</b>									
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



**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 10

**Залежність надходження вологи в кореневмісний шар ґрунту від гранулометричного складу ґрунту і глибини залягання підґрунтових вод, м<sup>3</sup>/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

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 Метелиця 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:

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

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

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

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.

Таблиця 11

**Коефіцієнти водоспоживання ( $K_v$ ) 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

### 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 12

**Розрахунок ДМУ за ресурсами вологи**

№ з/п	Показники	Культура		
		пшениця озима	куку-рудза	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 <sub>госп</sub> ), ц/га			

### ДОВІДНИК ФОРМУЛ

№ п/п	Формула	Значення індексів, одиниці виміру
1.	<p><b>Посівна придатність насіння, %:</b></p> $\text{ПП} = \frac{\text{Ч} \times \text{С}}{100}$	<p>Ч – чистота насіння, %; С – схожість насіння, %;</p>
2.	<p><b>Норма висіву з поправкою на посівну придатність, кг/га або млн. шт./га:</b></p> $\text{НВ} = \frac{\text{НВрек} \times 100}{\text{ПП}}$	<p>НВрек.– рекомендована норма висіву, кг/га або млн. шт./га.</p>
3.	<p><b>Вагова норма висіву, кг/га:</b></p> $\text{НВваг} = \frac{\text{НВкіл} \times \text{А} \times 100}{\text{ПП}}$	<p>НВкіл. – кількісна норма висіву, млн. шт./га ; А – маса 1000 насінин, г.</p>
4.	<p><b>Кількісна норма висіву , млн. шт./га:</b></p> $\text{НВкіл} = \frac{\text{НВваг}}{\text{А}}$	<p>А – маса 1000 насінин, г; НВваг.- вагова норма висіву, кг/га.</p>
5.	<p><b>Окружність колеса сівалки, м</b></p> $\begin{aligned} O &= \pi \times D \\ O &= 2\pi \times R \end{aligned}$	<p>Д – діаметр колеса сівалки, м; R – радіус колеса сівалки, м; π – число 3,14.</p>
6.	<p><b>Площа засіяної ділянки , м<sup>2</sup>:</b></p> $S = \text{Ш} \times \text{Д}_0$	<p>Ш<sub>с</sub> – ширина засіяної ділянки, м; Д<sub>0</sub> – шлях що проходить сівалка за певну кількість обертів колеса, м.</p>

7.	<p><b>Довжина засіяної ділянки, м:</b></p> <p>О – окружність колеса сівалки, м;  п – кількість обертів колеса.</p> $D_0 = O \times n$
8.	<p><b>Розрахункова норма висіву за кількістю обертів колеса сівалки, кг:</b></p> <p>НВрек. – рекомендована норма висіву, кг/га;  Ш – ширина захвату сівалки, м;  Д – діаметр колеса сівалки, м;  п – кількість обертів колеса;  π – число 3,14;  Кз – коефіцієнт зсуву колеса сівалки (0,93-1,0).</p> $N_{\text{вроз.}} = \frac{N_{\text{врек.}} \times Ш \times n \times D \times \pi}{10^4 \times K_z}$
9.	<p><b>Норма висіву культури в травосуміші, кг/га або млн. шт./га:</b></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> $N_{\text{втр}} = \frac{N_{\text{вч.}} \times U_o}{\text{ПП}}$
10.	<p><b>Довжина рядків на 1 га посіву, м</b></p> <p>S – площа 1 га, м<sup>2</sup>;  Шм – ширина міжрядь, м;  Г – густина стояння рослин, млн.шт./га;  Р – кількість рослин на 1 м рядку.</p> $D_r = \frac{S}{\text{Шм} \times \Gamma}$ $D_r = \frac{\Gamma}{P}$
11.	<p><b>Відстань між рослинами в рядку, м:</b></p> <p>S – площа 1 га, м<sup>2</sup>;  Шм – ширина міжрядь, м;  Г – густина стояння рослин, млн шт./га або тис. шт./га.</p> $V_p = \frac{S}{\text{Шм} \times \Gamma}$

12.	<p><b>Урожайність с/г продукції з базисною вологістю, ц/га:</b></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><b>Біологічна врожайність культури, т/га абсолютно сухої речовини</b></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 м<sup>3</sup>/га;  А – річна сума опадів, мм;  Т – транспіраційний коефіцієнт.</p>
14.	<p><b>Урожайність основної продукції, т/га абсолютно сухої речовини</b></p> $УГ = \frac{Уб \times Г}{100}$ <p>Г – питома вага основної продукції у складі врожайності, %.</p>
15.	<p><b>Урожайність основної продукції, т/га за стандартної вологості</b></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 сільськогосподарських культур.
4. Значення та етапи процесу програмування.
5. Основні принципи програмування врожаїв з урахуванням екологічних особливостей регіону та економіки природокористування.
6. Рівні урожайності 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 урожайність 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 урожайності (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 сирої 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

15. Основні методи визначення норм внесення добрив.
16. Суть методу розрахунку норм внесення добрив за рекомендаціями з урахуванням даних картограм.
17. Як визначити нормативи затрат добрив для одержання 1 т врожаю чи приросту врожаю.
35. Встановлення потреби в мінеральних добривах за нормативами затрат.
36. Які показники родючості ґрунту та мінерального живлення використовують у балансово-розрахунковому методі?
37. Недоліки встановлення норм добрив за рекомендаціями.
38. Основні недоліки та їх суть балансово-розрахункового методу.
39. Суть методу встановлення норм добрив за бонітетом ґрунту.
40. Суть економіко-математичних методів встановлення норм добрив.
41. Чому економіко-математичні методи (їх моделі) називають локальними.
42. Розрахунок норми висіву зернових культур.
43. Оптимальна густина стояння рослин та фактори, що впливають на її формування.
44. Масова норма висіву с/г культур, її розрахунок.
45. Визначення приросту врожаю за рахунок впровадження високопродуктивних сортів.
46. Поняття номограми та їх використання за програмування врожаїв.
47. Схема складання технологічної карти програмованого врожаю та її відміни від технологічної карти вирощування.
48. Сітьовий графік польових робіт, його призначення.
49. Прогнозування розвитку шкідників, хвороб та бур'янів та система заходів боротьби, що вводиться до прогностичних програм.
50. Вибір і обґрунтування системи обробітку ґрунту при програмуванні врожаю зернових культур.
51. Визначення ефективності використання ресурсів.
52. Особливості програмування врожаїв проміжних культур.
53. Особливості програмування врожаїв сільськогосподарських культур на зрошенні.
54. Оптимізація елементів технології вирощування програмованих врожаїв цукрових буряків.
55. Особливості технології вирощування програмованих урожаїв картоплі.
56. Види програм за програмування врожаїв та їх призначення.
57. Які параметри основних елементів продуктивності посівів вводяться до прогностичної програми.
58. На яких даних продуктивності посівів ґрунтується інформаційно-оперативна програма.
59. Суть і завдання коригуючої програми в програмуванні.
60. Основні організаційні заходи одержання програмованих врожаїв.



**СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. 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.
2. Зінченко О. І. Програмування врожайності сільськогосподарських культур : підручник. Умань : Редакційно-видавничий відділ Уманського НУС, 2015. 310 с.
3. Маренич М. М., Веревська О. В., Шкурко В. С. Прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. Полтава : СІМОН, 2011. 115 с.
4. 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.
5. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. Львів : НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.
6. Рослинництво з основами програмування врожаю / О. Г. Жатов та ін. ; за редакцією Жатова О. Г. Київ : Урожай, 1995. 256 с.
7. Харченко В. О. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур / за редакцією В. О. Ушкаренка. Суми : Університетська книга, 2003. 295 с.
8. 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.
9. 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 60×84/16. Ум. друк. арк. 1,75

Тираж 20 прим. Зам. № \_\_\_\_

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54008 м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

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