

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
САДІВНИЦТВА

КАФЕДРА РОСЛИННИЦТВА

# Прогнозування та програмування врожаїв сільськогосподарських культур

## *МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ*

для виконання практичних завдань студентами за  
спеціальністю 201 - “Агрономія”



Умань 2022

## УДК 633

### *Укладачі:*

Яценко А.О., Полторецький С.П. — доктори с. - г. наук, професори;  
Рогальський С.В., Січка А.О., Полторецька Н.М., Вишневська Л.В., Кононенко  
Л.М., Кравченко В.О., Третякова С.О. — кандидати с. - г. наук, доценти,  
Яценко В.В. — кандидат с. - г. наук, викладач - стажист, Климович Н.М.,  
Приходько В.О. — викладачі.

Прогнозування і програмування врожаїв сільськогосподарських культур:  
для виконання практичних завдань студентами факультету агрономії за  
спеціальністю 201 Агрономія. - Умань, 2022 р.— Умань: Редакційно-  
видавничий відділ УНУС, 2022. — 40 с.

### *Рецензенти:*

доктор с. - г. наук, професор Поліщук В.В. (Уманський НУС)  
доктор с. - г. наук, професор Білоножка В.Я. (Черкаський НПУ)

Методичні вказівки розглянуто і узгоджено на засіданні кафедри  
рослинництва, протокол № 11 від 30 серпня 2022 року.

Схвалено науково-методичною комісією факультету агрономії  
Уманського НУС, протокол №1 від 31 серпня 2022 року.

## ПЕРЕДМОВА

Метою інтенсифікації сучасного аграрного виробництва є одержання високих, стабільних та прогнозованих врожаїв сільськогосподарських культур. Вирішення цієї проблеми можливе при умові визначення кількісного впливу основних факторів росту на продуктивність культури, встановлення ступеня забезпеченості ними в тих чи інших природнокліматичних умовах та можливістю і необхідністю їх регулювання. Цьому сприяє новий напрямок в агрономічній науці – прогнозування та програмування врожайності.

Прогнозування врожайності – це науково обґрунтоване передбачення можливої величини та якості врожаю на певний період. Під програмуванням розуміють розробку та реалізацію науково обґрунтованого комплексу взаємопов'язаних заходів вирощування сільськогосподарських культур, своєчасне і якісне виконання яких дозволить забезпечити одержання запланованих врожаїв з одночасним підвищенням родючості ґрунтів.

Прогнозування та програмування урожайності синтезує досягнення великої кількості сумісних наук – фізіології рослин, землеробства, ґрунтознавства, агрохімії, рослинництва, агрометеорології, агрофізики, а також математики, кібернетики, економіки, вивчає теоретичні основи та практичні заходи програмованого вирощування сільськогосподарських культур на базі інтенсивних і енергозберігаючих технологій.

У процесі навчання студентів агрономічних спеціальностей ставиться мета – засвоїти теоретичні і практичні основи прогнозування та програмування урожайності сільськогосподарських культур.

Завдання:

- проаналізувати дані метеорологічних факторів, водного і поживного режиму ґрунту у плані їх використання для прогнозування та програмування врожайності;

- опанувати методику розрахунків різних рівнів урожайності польових культур;

- розрахувати дійсно можливий рівень урожайності основних польових і кормових культур з урахуванням агрохімічних показників ґрунту і біологічних особливостей культури (сорт, гібрид);

- розрахувати дійсно можливий рівень урожайності основних польових і кормових культур з урахуванням умов зволоження (опад, запаси вологи в ґрунті) і біологічних особливостей культури (сорт, гібрид);

- змоделювати фітотричні параметри посіву визначеної продуктивності (площу листків, фотосинтетичний потенціал, середні показники ЧПФ);

- опрацювати модель (графік) продукційного процесу сорту (гібриду) за середніми даними про хід наростання вегетативної маси посіву і розробити технологічну частину карти вирощування культури (сорт, гібрид);

- на основі інформаційного матеріалу про стан вегетації рослин в посіві, ґрунті і агрометеорологічні умови навчитися контролювати хід формування врожаю, а при необхідності – корегувати програму вирощування;

- розробити перспективну програму корекції вегетації культури до

технологічної схеми вирощування програмованої врожайності (додаткові зрошення, підживлення, обробіток міжрядь тощо).

## Тема 1. Основні методи прогнозування 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 факторів, 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 факторів впродовж вегетації. Адже в польових умовах управляти більшістю з них та змінювати їх адекватно вимогам рослини немає можливості, а методи надійного прогнозу багатьох з них також не розроблені. Більше уваги приділялося вивченню методів прогнозування найважливіших факторів 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 факторів, густоти рослин і стеблостою, розвитку хвороб і шкідників, дат настання фенологічних фаз та ін.

Для прогнозування врожайів найбільше поширення одержали такі методи: експертних оцінок; аналогій; вирівнювання динамічних рядів врожайності та їхня екстраполяція; кореляційно-регресійного моделювання.

**Метод експертних оцінок** ґрунтується на досвіді та інтуїції спеціалістів. Позитивним у ньому є орієнтація на середньопрогресивні показники явищ, що суттєво визначають рівень врожайності. 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 більше якісним, ніж кількісним прогнозуванням. Але в ньому використовується більше конкретних даних про фактори 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 врожайів на перспективу на основі сукупного результату господарської діяльності, без вичленування впливу кожного конкретного фактора, тобто на основі тенденцій, що склалися в господарстві (регіоні) із 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 нинішньому 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 2002 рік (12-й рік від початку періоду), якщо за попередні 10 років вона була такою, яка наведена в таблиці 1.

З метою проведення розрахунків спочатку краще скласти таблицю визначення врожайності (табл. 2).

Таблиця 1

Рік	Пшениця озима	Пшениця яра	Кукурудза	Просо	Цукрові буряки	Овес
1991	37,5	3,9	53,4	30,4	400	30,4
1992	53,2	42,8	47,8	32,3	335	29,0
1993	40,1	40,1	49,7	35,7	390	25,4
1994	44,3	37,8	50,5	40,4	387	33,7
1995	38,4	39,4	61,4	37,2	405	35,4
1996	49,7	47,5	63,7	29,8	417	32,1
1997	55,3	44,4	54,3	35,8	388	34,4
1998	42,7	49,4	50,6	40,1	405	35,8
1999	50,4	45,5	55,4	39,9	416	37,7
2000	48,8	39,9	51	33,7	380	37

Потім розрахунки виконують у такій послідовності. Визначають середні значення  $x$  і  $y$ , тобто  $x_c$  та  $y_c$ .

$$x_c = \sum x : n = 55 : 10 = 5,5;$$

$$y_c = \sum y : n = 330,9 : 10 = 33,09.$$

Значення  $v$  визначають за формулою:

$$v = (\sum x \cdot y - n \cdot x_c \cdot y_c) : (\sum x^2 - n \cdot x_c^2)$$

Таблиця 2

Рік	Фактор часу	$X^2$	Врожайність ц/га ( $y$ )	$xy$
1991	1	1	30,4	30,4
1992	2	4	29,0	58,0
1993	3	9	25,4	76,2
1994	4	16	33,7	134,8
1995	5	25	35,4	177,0

1996	6	36	32,1	192,6
1997	7	49	34,4	240,8
1998	8	64	35,8	286,4
1999	9	81	37,7	339,3
2000	10	100	37,0	370,0
Сума	55	385	330,9	1905,5

Значення  $a$  визначають за формулою:

$$a = y_c - v_{cx} \cdot a = 33,09 - 1,037 \cdot 5,5 = 26,386.$$

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 у 2002 р., тобто на 12-й рік, починаючи з 1991 р. вона становитиме:

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

Для закріплення цього методу прогнозування студенту самостійно слід розрахувати прогнозовану на 2002 р. урожайність ярої і озимої пшениці, кукурудзи, проса та цукрових буряків за даними таблиці 1.

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 невинядкової функції часу (тренду) і деяких випадкових (характерних лише для даного року) компонент.

Невинядкова функція часу характеризує тенденцію врожайності (тренд), яка є результатом поступового поліпшення культури землеробства за середнього рівня ґрунтово - кліматичних умов. Її величина залежить від впровадження в практику досягнень науки і техніки тощо. Отже, слід правильніше прогнозувати урожайність із врахуванням обох складових динамічного ряду: тренду (шляхом екстраполяції за допомогою будь-якого з методів прогнозу по одному динамічному ряду) 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 урожайності за таким підходом має такий вигляд:  $Y_n = Y_T \cdot C$ , де  $Y_T$  - тенденція урожайності культури на прогнозований рік;  $C$  — оцінка ступеня відмінності умов, які склалися на дату складання прогнозу, від багаторічних даних, на фоні яких формується тенденція врожайності.

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

Під час прогнозування урожайності сільськогосподарських культур застосовують різні методи прогнозів по одному динамічному ряду: авторегресійні моделі, метод експоненціального вирівнювання, метод гармонічних терез, прогноз за допомогою марковських ланцюгів.

При аналізі динамічних рядів урожайності часто застосовують метод найменших квадратів, при якому всі спостереження динамічного ряду мають однакову вагу. Але очікуваний рівень тенденції урожайності більшою мірою залежить від рівня, досягнутого в останні роки. Раніші спостереження також несуть певну інформацію про зміни урожайності, але при аналізі 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 факторів, які впливають на врожайність; визначення величини впливу факторів на врожайність; виявлення тісноти міжфакторних зв'язків із наступним виділенням підмножини факторів, які найбільше впливають на врожайність; перетворення підмножини з метою усунення явища мультиколінеарності; визначення типу і параметрів кореляційно-регресійної моделі; визначення допустимих значень факторів, які ввійшли в модель; прогноз урожайності із заданим ступенем статистичної надійності. Такі моделі складаються з окремих блоків (агрометеорологічний, фотосинтезу, дихання, росту, розвитку та інші), досить об'ємні за інформацією і потребують комп'ютерного забезпечення. Прогнозування врожайності навіть з урахуванням невеликої кількості факторів — процес досить складний. У широкій практиці прогнозування урожаїв частіше проводять залежно від кількох конкретних факторів. При вузькому інтервалі їх змін залежність урожайності від зміни фактора можна вважати прямолінійною. Математичне рівняння для прямолінійної залежності між трьома змінними має такий вигляд:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2,$$

де  $y$  — прогнозована урожайність;  $a$  — вільний член рівняння;  $b_1$  і  $b_2$  — коефіцієнти регресії: коефіцієнт  $b_1$  показує, на яку величину збільшується  $y$  при кожному збільшенні на одну одиницю  $x_1$  при постійному значенні  $x_2$ ; коефіцієнт  $b_2$  показує, на яку величину збільшується  $y$  при збільшенні  $x_2$  на одиницю при постійному значенні  $x_1$ .

Значення  $a$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  враховують методом найменших квадратів:

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

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



При більшій кількості факторів рівняння має такий вигляд:

$$y = a + v_1x_1 + v_2x_2 + v_3x_3 + \dots + v_nx_n$$

де  $a$  — вільний член рівняння;  $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$  — коефіцієнти регресії, які характеризують ефективність відповідно кожного з факторів  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ . Розрахунки вільного члена рівняння і коефіцієнтів регресії у цьому випадку громіздкі й краще виконувати їх на ЕОМ.

І все ж такі методи прогнозування мають обмежене застосування, бо в пряму лінійній залежності від фактора урожайність знаходиться лише при дуже обмеженому інтервалі його зміни. Якщо необхідно математично описати вплив на врожайність усього спектра зміни фактора урожайності (наприклад, норм добрив від нуля до дуже високих), то треба використати не пряму, а криву лінію, яка досягає максимуму і потім знижується, і за формулою такої кривої прогнозувати врожайність. За рівняннями криволінійної регресії прогнозується урожайність тоді, коли при однакових припущеннях незалежних змінних  $x$  залежна  $y$  (урожайність) має неоднакові припущення.

Урожайність є функцією багатьох факторів, які впливають на неї до прогнозування і впливатимуть протягом прогнозованого періоду. Отже, урожайність потрібно прогнозувати з урахуванням не тільки передбачуваного перебігу факторів урожайності, а й з урахуванням стану параметрів факторів і урожайності на період прогнозування. На такому принципі ґрунтується більшість запропонованих вченими рівнянь для прогнозування урожаїв 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 урожайності.

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

## Тема 2. Загальні положення щодо агрометеорологічних прогнозів

Погодні умови конкретного вегетаційного періоду характеризуються різним рівнем забезпечення культури такими основними факторами росту, як тепло і волога, їх кількість та співвідношення (рік теплий і вологий, сухий і холодний і т.п.) істотно впливає на урожай культури. Це, у свою чергу, дозволяє одержати статистичні залежності впливу цих показників на продуктивність посіву, а при наявності прогнозних характеристик погоди - прогнозувати врожай. До того ж така постановка питання при обробці репрезентативного ряду дає можливість оцінити умови території як з точки зору доцільності вирощування тієї чи іншої культури, так і з точки зору можливостей культури при існуючих у даній зоні кількості і співвідношенні показників погоди.

З іншого боку, досить широке застосування в сільському господарстві мають так звані прогностичні залежності, які ґрунтуються на агрометеорологічних прогнозах. Принцип такого підходу полягає в тому, що при відомому початковому стані посіву чи умов вдається з певною вірогідністю прогнозувати майбутній стан цього посіву чи цих умов. Зрозуміло, що це можливо тільки в тому випадку, коли будуть знайдені такі фактори (показники) попередніх і теперішніх умов, які істотно вплинуть на майбутній стан цих умов. Тобто проблема в даному випадку полягає у визначенні основних факторів (предикторів) системи ґрунт - рослина - атмосфера, які істотно впливають на зміни в цій системі.

Таким чином, метод агрометеорологічних прогнозів ґрунтується на встановленні кількісної залежності прогнозованої перемінної від стану предикторів на дату прогнозу. Ці залежності встановлюються статистичною обробкою в результаті агрометеорологічних спостережень. Однак, враховуючи те, що при складанні таких прогнозів у розрахунок включаються далеко не всі (відомі чи невідомі) предиктори, то їх достовірність збільшується, як правило, зі збільшенням зони, для якої складаються ці прогнози. Тобто достовірність прогнозу для області буде значно вищою, ніж для конкретного поля. Це пояснюється тим, що невраховані в прогнозі предиктори на окремо взятому полі (експозиція схилу, мікрорельєф, ступінь захищеності лісосмугами та ін.) можуть виявитися досить істотними, а на території області, наприклад, вони тією чи іншою мірою взаємокомпенсуються.

Всі агрометеорологічні прогнози ділять на такі основні групи:

1. *Прогнози агрометеорологічних умов.* До цієї групи належать: прогноз теплозабезпеченості вегетаційного періоду; прогноз строків відтавання та промерзання ґрунту; прогноз запасів доступної рослинам вологи в ґрунті; прогноз агрометеорологічних умов росту та розвитку сільськогосподарських культур; прогноз умов збирання зернових.

- 2.

3. *Фенологічні прогнози.* Сюди входять: прогноз оптимальних строків початку весняних польових робіт; прогноз строків настання основних фаз розвитку рослин тощо.

4. *Прогноз урожайності основних сільськогосподарських культур та якості врожаю.*

5. *Прогноз строків появи та розповсюдження хвороб і шкідників рослин.*

6. *Прогноз стану озимих культур у зимовий період.*

7. *Спеціальні прогнози.* Сюди можна віднести прогноз наростання травостою на пасовищах; прогноз вологозарядкових поливів; прогноз норм зрошення; прогноз оптимальних строків і норм поливів; прогноз оптимальних доз азотних добрив під зернові культури; прогноз полягання зернових культур та інші.

Всі ці прогнози, розроблені для різних зон, описані в спеціальній літературі і в ряді випадків уточнені для умов конкретних областей.

Всі зазначені прогнози із зрозумілих причин мають дуже важливе значення для програмування врожаю. При цьому попереднє прогнозування умов дозволяє коригувати як елементи технології, так і фактори росту і розвитку рослин, а прогнозування врожаю робить коригування цих факторів більш обґрунтованим і доцільним. Не маючи можливості в даній роботі викласти всі типи прогнозів, зупинимося в основному лише на прогнозах урожайності головних сільськогосподарських культур. Слід зазначити, що поряд з розглянутими прогнозами по деяких культурах існують більш детальні і обґрунтовані розрахунки. Це визначається складністю тієї чи іншої культури та її народногосподарським значенням.

Для більш детального вивчення цього питання слід ознайомитися з методом В.П. Дмитренка по озимій пшениці, з методом Р.В. Шелудякової - по картоплі та іншими.

### Тема 3. Прогноз урожайності ярого ячменю

Ярий ячмінь належить до культур з найбільш раннім строком посіву, що пов'язано із здатністю насіння цієї культури проростати при низьких температурах і протистояти весняним приморозкам. В умовах нестійкого та недостатнього природного зволоження основним фактором, який визначає врожайність ярого ячменю, є вологозабезпеченість посівів упродовж вегетаційного періоду. Це можуть бути атмосферні опади в різні фази розвитку рослин і в попередній, передвегетаційний, період або запаси доступної рослинам вологи. При цьому передвегетаційний період визначається як період між замерзанням поверхні ґрунту (дата переходу середньодобової температури через 0°C) восени до дати масового посіву ячменю весною.

Термічний режим, який визначає витрати вологи і швидкість розвитку рослин, характеризується середньою декадною температурою повітря протягом 10 днів після початку колосіння (у декаду масового колосіння). Режим вологості повітря характеризується дефіцитом його вологості в декаду масового колосіння.

Характеристика	Умови	
	Несприятливі	Сприятливі
Кількість атмосферних опадів за передвегетаційний період ( $P_0$ ), мм	<70	150 - 175
Кількість опадів за період посів – колосіння ( $P_3$ ), мм	<30	120 - 150
Весняні запаси доступної рослинам вологи в метровому шарі ґрунту ( $W_1$ ), мм	<80	160 - 180
Запаси доступної рослинам вологи на дату масового колосіння ( $W_3$ )	<40	110 - 130
Сумарні витрати вологи за період посів – колосіння ( $B_3$ ), мм	<70	180 - 220
Сумарні витрати вологи за вегетаційний період ( $B_5$ ), мм	<110	220 - 250
Температура повітря в декаду масового колосіння ( $t^{\circ}\text{C}$ )	>23	17 - 19
Дефіцит вологості повітря в декаду масового колосіння (d) мб	>18	8 - 10
Кількість продуктивних стебел на 1 м <sup>2</sup> на дату масового колосіння ( $L_3$ ), шт	<250	600 - 800
Висота рослин на дату масового колосіння ( $h_1$ ), см	<35	65 - 80
Висота рослин на дату масової молочної стиглості ( $h_2$ ), см	<45	80 - 90

Зрозуміло, що в різних ґрунтово-кліматичних умовах ступінь впливу цих показників буде різним.

Так, для умов Дніпропетровської, Донецької, Запорізької, Одеської і Херсонської областей та Криму прогноз урожайності ярого ячменю складають під час колосіння по залежності:

$$Y = 0,085P_0 - 0,0003P_0^2 + 0,038W_3 + 0,194h_1 - 0,012d^2 + 1,3, \text{ ц/га.}$$

Для умов Кіровоградської, Миколаївської, Полтавської, Харківської та Черкаської областей:

$$Y = 0,173P_3 - 0,001P_3^2 - 0,443h_1 + 0,005h_1 + 0,02L_3 - 0,573d + 18,6, \text{ ц/га.}$$

де  $P_0$  – кількість атмосферних опадів за передвегетаційний період, мм

$P_3$  – кількість опадів за період посів – колосіння, мм

$W_3$  – запаси доступної рослинам вологи на дату масового колосіння, мм

$h_1$  – висота рослин на дату масового колосіння, см

$d$  – дефіцит вологості повітря в декаду масового колосіння, мб

$L_3$  – кількість продуктивних стебел на  $1\text{ м}^2$  на дату масового колосіння, шт.

Слід зазначити, що прогнозування врожаю на основі цих залежностей опосередковано враховує і фактичний рівень живлення, який впливає як на густоту посіву ( $L_3$ ), так і на висоту рослин ( $h$ ).

**Приклад розрахунку:** В умовах Черкаської області в декаду масового колосіння (10-20 VI) у посівах ячменю зафіксовані такі показники:

- кількість опадів за період посів - колосіння - 100 мм ( $P_3$ );
- висота рослин (середня) на дату масового колосіння — 65 см ( $h_1$ );
- кількість продуктивних стебел на цю дату — 550 шт/ $\text{м}^2$  ( $L_3$ );
- дефіцит вологості повітря - 6,8 мб ( $d$ ).

Підставляючи ці дані в відповідну формулу, маємо:

$$Y = 0,173 \cdot 100 + 0,001 \cdot 100^2 - 0,443 \cdot 65 + 0,005 \cdot 65^2 + 0,02 \cdot 550 - 0,573 \cdot 6,0 + 18,6 = 17,3 + 10,0 - 28,8 + 21,13 + 11 - 3,44 + 18,6 = 45,8 \text{ ц/га.}$$

Таким чином, прогнозована (очікувана) урожайність ярого ячменю в Черкаській області складає 45,8 ц/га.



## Тема 4. Прогноз урожайності озимої пшениці.

### Загальні положення

Для складання прогнозів розроблено метод, який включає кількісні прогностичні залежності врожайності озимої пшениці від головних інерційних та інших агрометеорологічних факторів. Ці залежності становлять собою рівняння багатофакторних зв'язків, що дозволяє визначити очікувану врожайність озимої пшениці як по окремих полях, так і середню по області.

Відомо, що найважливіші фактори життя рослин (світло, тепло, живлення, волога і повітря) далеко не завжди знаходяться в оптимальних умовах. В умовах України світла і тепла, як правило, достатньо для формування високих врожаїв. Режим живлення коригується досить просто - внесенням мінеральних та органічних добрив.

Встановлено, що значні коливання врожаю озимої пшениці по роках викликані перш за все різними умовами природного зволоження. Тому головним інерційним фактором, тобто фактором, який визначає не тільки теперішні, але й майбутні умови формування врожаю, є запаси продуктивної вологи, її кількість у ту чи іншу фазу розвитку культури дозволяє вже попередньо якісно визначити умови розвитку рослин.

Особливе значення для озимої пшениці має запас доступної рослинам вологи на період весняного обстеження посівів, тобто через 10 днів після відновлення вегетації весною.

Однак встановлено, що тісні залежності врожаю озимої пшениці від цього фактора існують тільки за умов сприятливої зими посівів. З урахуванням різних умов зими доведено, що другим найбільш істотним та інерційним фактором є кількість стебел у період весняного обстеження. Достовірність прогнозу визначається також строком його складання, або фазою розвитку культури. З віком культури кількість факторів збільшується, але при цьому збільшується і виправданість самого прогнозу.

### Показники оцінки запасів продуктивної вологи метрового шару ґрунту в основні періоди весняно-літньої вегетації озимої пшениці

Періоди	Запаси продуктивної вологи			
	добрі	задовільні	недостатні	погані
Відновлення вегетації	150 - 200	120 - 150	100 - 120	<100
Ріст стебел	140 - 180	100 - 140	80 - 100	<80
Колосіння	80 - 140	60 - 80	40 - 60	<40
Налив зерна	80 - 100	40 - 80	30 - 40	<25

### 10.3.2. Прогноз урожаю озимої пшениці на конкретному полі

Весною в період весняного обстеження, маючи дані про запаси доступної рослинам вологи в метровому шарі ґрунту ( $W_1$ ) та кількість стебел озимої пшениці на  $1 \text{ м}^2$  ( $L_1$ ), очікуваний урожай можна визначити по залежності:

$$Y = 0,059 \cdot W_1 + 0,024 \cdot L_1 + 2,97 \text{ ц/га.}$$

При  $W_1 = 140 \text{ мм}$  і  $L_1 = 920 \text{ шт/м}^2$  маємо:

$$Y = 0,059 \cdot 140 + 0,024 \cdot 920 + 2,97 = 33,3, \text{ ц/га.}$$

У фазу виходу у трубку:

$$Y = -12,8 + 0,29 \cdot W_2 - 10^{-3} \cdot W_2^2 + 0,04 \cdot L_2 - 10^{-5} \cdot L_2^2 - 0,72 \cdot A_1 + 0,03 \cdot A_1^2, \\ \text{ц/га,}$$

де  $W_2$  - середні запаси доступної рослинам вологи в метровому шарі ґрунту за період відновлення вегетації - вихід в трубку, мм;  $L_2$  - число стебел на  $1 \text{ м}^2$  під час фази виходу в трубку, шт.;  $A_1$  - сума атмосферних опадів за період відновлення вегетації - вихід в трубку, мм.

При  $W_2 = 90 \text{ мм}$ ,  $L_2 = 920 \text{ шт/м}^2$ ,  $A_1 = 12 \text{ мм}$

$$Y = -12,8 + 0,29 \cdot 90 - 10^3 \cdot 90^2 + 0,04 \cdot 920 - 10^{-5} \cdot 920^2 - 0,72 \cdot 12 + 0,03 \cdot 12^2 \\ = 29,2, \text{ ц/га.}$$

В період початку фази колосіння озимої пшениці очікуваний урожай можна визначити як:

$$Y = -42,8 + 0,35 \cdot W_1 - 11 \cdot 10^{-4} \cdot W_1^2 + 0,02 \cdot L_3 - 7 \cdot 10^{-6} \cdot L_3^2 + 4 \cdot 10^{-2} A_2 - 2 \cdot 10^{-4} \cdot A_2^2 + 3,3 \cdot T - 0,15 \cdot T^2 + 0,24 \cdot h - 4 \cdot 10^{-6} h^2, \text{ ц/га,}$$

де  $W_1$  - запаси доступної рослинам вологи в метровому шарі ґрунту на період відновлення вегетації, мм;

$L_3$  - кількість продуктивних стебел на початок фази колосіння, шт./ $\text{м}^2$ ;

$A_2$  - атмосферні опади за період відновлення вегетації - колосіння, мм;

$T$  - середня температура за цей самий період,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$h$  - середня висота рослин під час фази колосіння, см.

При  $W_1 = 160 \text{ мм}$ ,  $L_3 = 900 \text{ шт/м}^2$ ,  $A_2 = 60 \text{ мм}$ ,  $T = 16^{\circ}\text{C}$ ,  $h = 75 \text{ см}$  маємо:

$$Y = -42,8 + 0,35 \cdot 160 - 11 \cdot 10^{-4} \cdot 160^2 + 0,02 \cdot 900 - 7 \cdot 10^{-6} \cdot 900^2 + 4 \cdot 10^{-2} \cdot 60 - 2 \cdot 10^{-4} \cdot 60^2 + 3,3 \cdot 16 - 0,15 \cdot 16^2 + 0,24 \cdot 75 - 4 \cdot 10^{-6} \cdot 75^2 = 31,43, \text{ ц/га.}$$

### Прогноз середньої обласної врожайності озимої пшениці

Весною для складання довгострокового прогнозу середньої врожайності по області може бути використана залежність:

$$Y = -21,14 + 0,31 \cdot W_1 - 7 \cdot 10^{-4} W_1^2 + 0,023 \cdot L_1 - 8 \cdot 10^{-6} \cdot L_1^2, \text{ ц/га,}$$

де  $W_1$  - середній по області запас доступної рослинам вологи в метровому шарі ґрунту, мм;

$L_1$  - середня по області кількість стебел на  $1 \text{ м}^2$ , шт.



У фазу виходу в трубку:

для південних, східних і центральних областей України:

$$Y = - 35,75 + 0,55 \cdot W_2 - 0,0017 \cdot W_2^2 + 0,03L_2 - 9 \cdot 10^{-6} L_2^2 \text{ ц/га};$$

для західних і північних областей:

$$Y = - 11,32 + 0,3 \cdot W_2 - 8 \cdot 10^{-4} \cdot W_2^2 + 0,014 \cdot L_2 - 4 \cdot 10^{-6} \cdot L_2^2, \text{ ц/га},$$

де  $W_2$  і  $L_2$  - середні по області (відповідно) запаси доступної рослинам вологи (мм) і кількість стебел (шт./м<sup>2</sup>) у дану фазу.

Для прогнозу середньої по області врожайності у фазу колосіння залежно від середніх по області запасів вологи в цей період ( $W_3$ , мм), кількості продуктивних стебел ( $L_3$ , шт./ м<sup>2</sup>), середньої висоти рослин ( $h$ , см) і середньої кількості колосків у колосі ( $n$ , шт.) маємо:

$$Y = -19,92 + 0,29 \cdot W_3 - 0,0013 \cdot W_3^2 + 0,045 \cdot L_3 - 3 \cdot 10^{-5} \cdot L_3^2 + \\ + 0,23 \cdot h - 14 \cdot 10^{-5} \cdot h^2 - 0,805 \cdot n + 0,057 \cdot n^2 \text{ ц/га}.$$

Зрозуміло, що викладений метод прогнозу врожаю за прогностичними залежностями включає такі предиктори, які є інтегральними ( $W$ ,  $L$ ,  $h$ ,  $n$ ) і досить повно враховують як агротехнічні і агрохімічні умови поля, так і агрометеорологічні умови вегетаційного періоду.

Крім розглянутого методу, досить широкого поширення в Україні набув метод В.П. Дмитренка. Суть його полягає в тому, що як окремі періоди вегетації, так і вегетаційний цикл культури в цілому автор оцінює коефіцієнтом продуктивності. Цей коефіцієнт взагалі представляє собою відносний урожай за даних гідротермічних умов (температура і опади). У поєднанні зі статистичним максимумом урожаю, зрідженістю посіву та кущистістю вдається досить надійно прогнозувати врожай озимої пшениці. При цьому на кожний період складання прогнозу мають місце як фактичні умови (для фаз, що минули), так і прогнозні або середні (умови проходження майбутніх фаз).

Цей метод дозволяє за коефіцієнтом продуктивності або відповідністю фактичних умов оптимально оцінити як погодні умови конкретного року, так і багаторічні умови з точки зору відповідності їх вимогам культури. При цьому така оцінка може бути проведена і для вегетаційного циклу в цілому, і по окремих періодах вегетації.

## Приклади розрахунку середньої обласної врожайності озимої пшениці

### 1. Ранньою весною для Кіровоградської області:

При  $W_1 = 157$  мм ( чистий пар );  $L_1 = 1200$  шт пагонів

$$Y = -21,14 + 0,31 \cdot 157 - 7 \cdot 0,0001 \cdot 157^2 + 0,023 \cdot 1200 - 8 \cdot 0,000001 \cdot 500^2 = \\ = -21,14 + 48,67 - 17,25 + 27,6 - 11,52 = 26,7 \text{ ц/га.}$$

### 2. У фазу виходу у трубку для південних, східних і центральних областей. ( Кіровоградська область ):

При  $W_2 = 139$  мм ( чистий пар );  $L_2 = 900$  шт стебел

$$Y = -35,75 + 0,55 \cdot 139 - 0,0017 \cdot 139^2 + 0,03 \cdot 900 - 9 \cdot 0,000001 \cdot 900^2 = \\ = -35,75 + 76,45 - 32,85 + 27 - 7,29 = 27,6 \text{ ц/га.}$$

### У фазу виходу у трубку для західних і північних областей. ( Чернівецька область ):

При  $W_2 = 175$  мм ( непарові );  $L_2 = 900$  шт стебел

$$Y = -11,32 + 0,3 \cdot 175 - 8 \cdot 0,0001 \cdot 175^2 + 0,014 \cdot 900 - 4 \cdot 0,000001 \cdot 900^2 = \\ = -11,32 + 52,5 - 24,5 + 12,6 - 3,24 = 26,04 \text{ ц/га.}$$

### 3. У фазу колосіння ( Кіровоградська область ):

При  $W_3 = 109$  мм ( запаси доступної рослинам вологи );

$L_3 = 700$  шт ( кількість продуктивних стебел );

$h = 80$  см ( середня висота рослин );

$n = 18$  шт ( середня кількість колосків у колосі )

$$Y = -19,92 + 0,29 \cdot 109 - 0,0013 \cdot 109^2 + 0,045 \cdot 700 - 3 \cdot 0,00001 \cdot 700^2 + \\ + 0,23 \cdot 80 - 14 \cdot 0,00001 \cdot 80^2 - 0,805 \cdot 18 + 0,057 \cdot 18^2 = -19,92 + 31,61 - 15,45 + \\ + 31,5 - 14,7 + 18,4 - 14,5 + 18,47 = 35,41 \text{ ц/га.}$$





2. Для умов сортодільниці урожайність становить :

$$Y_c = 23,44 \frac{(K - 0,46)}{0,8} \text{ ц/га при коефіцієнті зволоження } 1,6 :$$

$$Y_c = 23,44 \frac{(1,6 - 0,46)}{0,8} = 23,44 \cdot 1,425 = 33,4 \text{ ц/га}$$

Обмеження в застосуванні цієї залежності полягає в тому, що вона є достатньо достовірною ( $\gamma = 0,76$ ) тільки в умовах, коли сума температур за період активної вегетації не менша  $2300^\circ\text{C}$

Визначення середньої по області врожайності ( $Y_0$ ) проводять за умови, що вона буде меншою за врожайність на сортодільниці, для чого складені відповідні залежності.

Для умов Дніпропетровської, Донецької, Запорізької, Кіровоградської, Луганської, Полтавської, Черкаської, Миколаївської, Одеської, Херсонської областей та Криму:

$$Y_0 = 0,61 Y_c + 0,8, \text{ ц/га.}$$

Для умов Вінницької та Сумської областей:

$$Y_0 = 0,63 Y_c - 1,2, \text{ ц/га.}$$

**Приклад розрахунку :** Для умов Вінницької області : при  $Y_c = 33,4$  ц/га

$$Y_0 = 0,63 \cdot 33,4 - 1,2 = 21,04 - 1,2 = 19,84 \text{ ц/га}$$

З урахуванням зміни в рівні агротехніки, з одного боку, та впровадження у виробництво нових сортів — з другого, вважається за доцільне періодично (1 раз у 8-10 років) проводити уточнення цих залежностей.

Перший прогноз складають на початок червня, а в перших числах серпня його уточнюють. Для цього в кожній області вибирають кілька метеостанцій, в зоні яких розміщуються основні площі посіву соняшнику, і по кожній із них визначають коефіцієнт зволоження і його середнє значення.

Для цього необхідно мати:

- 1) суму опадів за осінньо-зимовий період ( $\sum A_1$ ), мм;
- 2) середні багаторічні дати визрівання насіння соняшнику;
- 3) суму опадів за період від дати переходу температури повітря через  $10^\circ\text{C}$  весною (до травня включно) плюс очікувані опади (або норма) до можливої дати визрівання ( $\sum A_2$ ), мм;
- 4) суму температур повітря за період від дати переходу її через  $10^\circ\text{C}$  весною (до травня включно) плюс очікувана температура (або норма) до можливої дати визрівання.

Складений таким чином прогноз на початок серпня може істотно відрізнятись від червневого прогнозу. Ця різниця буде тим більшою, чим більше будуть відрізнятись фактичні умови зволоження і температурні умови в червні і липні від прийнятих в попередніх розрахунках.



## Тема 6. Прогноз середньої по області врожайності картоплі.

Одним із можливих методів складання прогнозу середньої по області врожайності може бути метод, розроблений А.Г. Новіковим.

Прогностичні залежності за цим методом складені з урахуванням гідротермічного режиму вегетаційного періоду картоплі. При цьому слід відзначити, що окремі періоди вегетації в основному відповідають календарним місяцям, тому залежності врожаю від температури і опадів представлені на основі останніх.

При складанні прогнозів враховується сума опадів за квітень  $(A_4)$ , травень  $(A_5)$ , червень  $(A_6)$ , липень  $(A_7)$ , серпень  $(A_8)$ , вересень  $(A_9)$  та за період листопад - квітень  $(A_0)$ . Сума температур - за квітень  $(T_4)$ , травень  $(T_5)$ , червень  $(T_6)$ , липень  $(T_7)$ , а також за періоди квітень - травень  $(T_1)$ , квітень - червень  $(T_2)$  та квітень - липень  $(T_3)$ . Крім того, для деяких умов істотний вплив на урожай має середня за місяць температура повітря: за травень  $(t_5)$ , за червень  $(t_6)$ , за липень  $(t_7)$  і за серпень  $(t_8)$ .

Прогностичні залежності побудовані так, що предикторами (чинниками) взяті тільки агрометеорологічні показники, а технологічні умови вирощування для середніх умов кожної області опосередковано визначаються емпіричними коефіцієнтами (табл.1). Якщо при прогнозуванні врожаю відсутні деякі дані майбутнього періоду (наприклад, за серпень), їх беруть як норму або по прогнозу.

В умовах кожної області істотними (як позитивними, так і негативними) факторами є досить різні предиктори. Так, в умовах Миколаївської області на продуктивність картоплі позитивно впливають атмосферні опади за липень  $(A_7)$ , а негативно — сума температур за червень  $(T_6)$ . В умовах Івано-Франківської області урожай залежить від атмосферних опадів червня і вересня. При цьому червневі опади знижують продуктивність картоплі, а вересневі - збільшують. Це пояснюється перш за все різними кліматичними умовами кожної області.

**Приклад розрахунку:** В умовах Полтавської області середня кількість опадів за червень складала 60 мм  $(A_6)$ , а за липень - 70 мм  $(A_7)$ . Очікувана середня по області врожайність картоплі складе:

$$Y = 0,166A_6 + 0,222A_7 + 78 = 0,166 \cdot 60 + 0,222 \cdot 70 + 78 = 103,5, \text{ ц/га.}$$

В умовах Житомирської області опади за травень в середньому склали 45 мм  $(A_5)$ , а за вересень середнє їх значення дорівнює 50 мм. Очікуваний на початок серпня урожай:

$$Y = 0,341A_5 + 0,573A_9 + 108 = 0,341 \cdot 45 + 0,573 \cdot 50 + 108 = 152,0, \text{ ц/га.}$$

**Прогностичні залежності середньої по області врожайності  
картоплі (ц/га)**

Область	Рівняння	R
Луганська	$Y=0,111A_5+0,023A_7-4,172t_5-4,485t_7+215$	0,670
Дніпропетровська	$Y=0,342A_7-2,248T_6+174$	0,834
Донецька	$Y=0,284A_5+0,209A_6-2,375T_7+193$	0,593
Запорізька	$Y=0,225A_5-1,502T_6-0,601T_7+168$	0,638
Кіровоградська	$Y=0,452A_7+0,298A_8-0,133T_2-1,090T_7+86$	0,690
Полтавська	$Y=0,166A_6+0,222A_7+78$	0,664
Сумська	$Y=0,559A_6+0,297A_9+1,749T_4+1,1T_6+28$	0,827
Харківська	$Y=0,378A_7-1,249T_6-0,563T_7+154$	0,849
Вінницька	$Y=-0,032A_7+1,441T_6-3,904T_7+259$	0,807
Волинська	$Y=0,156A_0-0,219A_5+0,191A_8+0,023T_3+120$	0,631
Житомирська	$Y=0,341A_5+0,573A_9+108$	0,595
Закарпатська	$Y=-0,525A_4-0,096A_5-0,208A_6+1,682T_5+101$	0,746
Івано-Франківська	$Y=-0,171A_6+0,479A_9+135$	0,606
Київська	$Y=0,223A_7-0,233A_9+115$	0,542
Львівська	$Y=1,715T_1+1,981T_6-50$	0,597
Рівненська	$Y=-0,357A_5+0,578A_9+1,026T_8+132$	0,557
Тернопільська	$Y=0,373A_0-0,238A_6+1,449A_7+0,120T_7-50$	0,642
Хмельницька	$Y=0,156A_5-0,311A_6-0,147A_7-6,801t_7+297$	0,739
Черкаська	$Y=0,251A_7+0,236A_9-1,898T_6+207$	0,665
Чернігівська	$Y=0,084A_5-0,361A_6+0,138A_7+2,386t_5+0,231t_6-10,349t_7+322$	0,695
Чернівецька	$Y=-0,200A_6+0,453A_9+154$	0,807
Миколаївська	$Y=0,264A_7-2,879T_6+212$	0,634
Одеська	$Y=0,199A_5+0,465A_7-0,402A_8+0,196A_9+20$	0,801
Херсонська	$Y=0,256A_5+0,408A_7+0,559T_4+42$	0,550

Поряд з розглянутими існують і інші, більш теоретично обґрунтовані, методи прогнозу врожайності картоплі, які детально розглянуті в спеціальній літературі.





## Тема 7. Метод прогнозу врожайності цукрового буряку

### 1. Загальні положення

Даний метод ґрунтується на залежності врожайності цукрового буряку від термічних умов, умов вологозабезпеченості посівів, маси коренеплоду на момент складання прогнозу та густоти посіву на 1 серпня ( за методом Конторщикової О.М.).

Термічні умови оцінюються у вигляді суми температур повітря за період від посіву до 1 серпня.

У зоні достатнього зволоження забезпеченість посівів вологою виражається запасами продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту.

У зоні нестійкого та недостатнього природного зволоження вологозабезпеченість посівів набуває особливого значення. Цей показник ( $v$ ) розглядається як співвідношення фактичного сумарного водоспоживання з поля, зайнятого цукровим буряком ( $E$ ), та сумарного водоспоживання при оптимальних умовах зволоження ( $E_0$ ). Тобто для кожної декади після початку росту коренеплоду (як правило, це починається в п'ятій декаді після посіву, а точніше - це відповідає даті, коли  $\sum t > 5^\circ\text{C} = 500^\circ\text{C}$ ) можна визначити вологозабезпеченість посіву:

$$v = \frac{E}{E_0} \times 100, \%$$

При цьому  $v < 100\%$ .

Розрахунки визначення  $E$  і  $E_0$  досить складні і громіздкі, бо враховують досить велику кількість факторів: запаси доступної рослинам вологи на кінець попередньої декади, атмосферні опади за поточну декаду, середню декадну температуру повітря, коефіцієнт біологічної кривої водоспоживання цукрового буряку та суму дефіциту вологості повітря за декаду.

Вологозабезпеченість за попередній період визначається як середнє значення за всі попередні декади.

Для складання прогнозу врожайності необхідно знати не тільки рівень зволоження за попередній період ( $v_1$ ), але і прогнозний або очікуваний за весь вегетаційний період ( $v$ ). Такі прогнозні залежності наведені в табл. 1

Отже, чим пізніша дата складання прогнозу, тим більш надійні прогнозовані дані, і щільність цього зв'язку збільшується з 0,68 до 0,96 (табл. 1).

Таблиця 1

Прогностичні залежності середньої вологозабезпеченості посівів  
за вегетаційний період ( $v$ ) від середньої вологозабезпеченості  
за попередній період ( $v_1$ )

Декада після початку росту коренеплода	Рівняння	Коефіцієнт кореляції
1	$v = 1,5v_1 - 66$	$0,68 \pm 0,03$
2	$v = 1,5v_1 - 61$	$0,72 \pm 0,02$
3	$v = 1,4v_1 - 50$	$0,76 \pm 0,02$
4	$v = 1,4v_1 - 45$	$0,84 \pm 0,02$
5	$v = 1,3v_1 - 33$	$0,87 \pm 0,01$
6	$v = 1,3v_1 - 30$	$0,90 \pm 0,01$
7	$v = 1,1v_1 - 12$	$0,94 \pm 0,01$
8	$v = 1,1v_1 - 10$	$0,94 \pm 0,01$
9	$v = 1,0v_1 - 2$	$0,96 \pm 0,01$
10	$v = 1,0v_1 - 2$	$0,96 \pm 0,01$
11	$v = 0,95v_1 + 5$	$0,96 \pm 0,01$

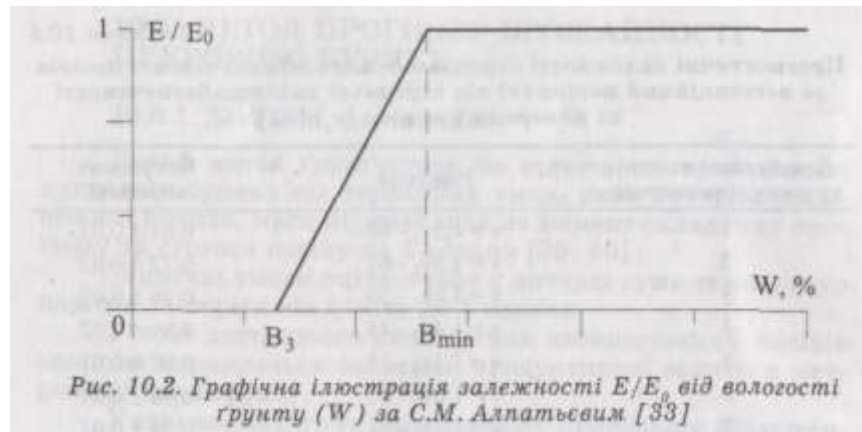
Розглядаючи це питання, відзначимо, що достатньо відомим є положення про те, що співвідношення  $E/E_0$  залежить від вологості ґрунту ( $W$ ), тобто  $E/E_0 = f(W)$ . При цьому дана залежність є прямою і прямолінійною і має місце тільки при зміні вологості ґрунту між вологістю зав'ядання ( $W_3$ ) та мінімальною вологістю ( $W_{\min}$ ). Подальше зростання вологості ґрунту практично не впливає на зазначене співвідношення, тобто в цьому випадку  $E/E_0 = \text{Const} = 1$ . Графічну ілюстрацію такої залежності подано на рис. 1.

Отже, небезпідставним слід вважати вивчення питання про можливу оцінку умов природного зволоження за фактичною вологістю метрового шару ґрунту:

$$v = \frac{E}{E_0} \times 100, \% = f(W_\phi), \text{ при } v < 100\%$$

Така постановка є коректною лише за умови, що  $W_\phi > W_3$ .

Маса коренеплоду і густота посіву є інтегральними показниками попередніх умов розвитку буряку і рівня агротехніки. При цьому маса кореня буряку визначається щодавно, а густота посіву - двічі: в липні і серпні. Оскільки протягом вегетації густота посіву змінюється, то при складанні прогнозу і врахуванні її величини на 20 серпня користуються прогностичними залежностями.



Для західних областей України:

$$P = 0,62P_1 + 31, \text{ тис. шт./га.}$$

Для інших районів бурякосіяння:

$$P = 0,86P_1 + 6, \text{ тис. шт./га,}$$

де  $P$  - середня по області густина посіву на 20 серпня;  $P_1$  - те саме на 1 липня.

При складанні середніх по області прогнозів урожаю необхідно враховувати розподіл посівних площ поблизу метеостанцій через коефіцієнт значення.

## 2. Прогноз урожайності цукрового буряку

Прогноз складається в третій декаді липня, і, з урахуванням умов природного зволоження, по-різному для різних зон.

1. Для умов Львівської, Івано-Франківської, Чернівецької, Тернопільської, Рівненської, Волинської та Хмельницької областей.

Очікувана середня по області врожайність цукрового буряку прогнозується по залежності:

$$Y = 0,07 \sum t + 1,86m + 4,43P + 0,07W - 384,29, \text{ ц/га,}$$

де  $\sum t$  - сума середньодобових значень температури повітря за період від декади, коли було посіяно більше половини площ, або від дати переходу середньої декадної температури через  $10^\circ\text{C}$ , якщо буряк був посіяний раніше, до 1 серпня,  $^\circ\text{C}$ ;

$m$  - середня по області маса коренеплоду на 20 липня, г;

$P$  - середня по області густина посівів на 20 серпня, тис. шт./га;

$W$  - середні по області запаси доступної рослинам вологи в метровому шарі ґрунту за період від посіву до 1 серпня, мм.

2. Для умов Київської, Вінницької, Житомирської, Чернігівської, Сумської, Черкаської, Полтавської, Харківської, Кіровоградської та Дніпропетровської областей.

Очікувана середня по області врожайність цукрового буряку прогнозується по залежності:

$$Y = 1,57Y_1 + 0,90v - 0,09 \sum t + 2,19v_1 - 16,5, \text{ ц/га,}$$

де  $U_1$  - середній по області біологічний урожай на 20 липня (маса коренеплодів на 20 липня помножена на густоту посіву  $P$ , ц/га;

$v$  - середня по області вологозабезпеченість посівів цукрового буряку (табл. 1), %;

$V_j$  - середня по області вологозабезпеченість посівів буряку за період від посіву до початку росту коренеплоду, %.



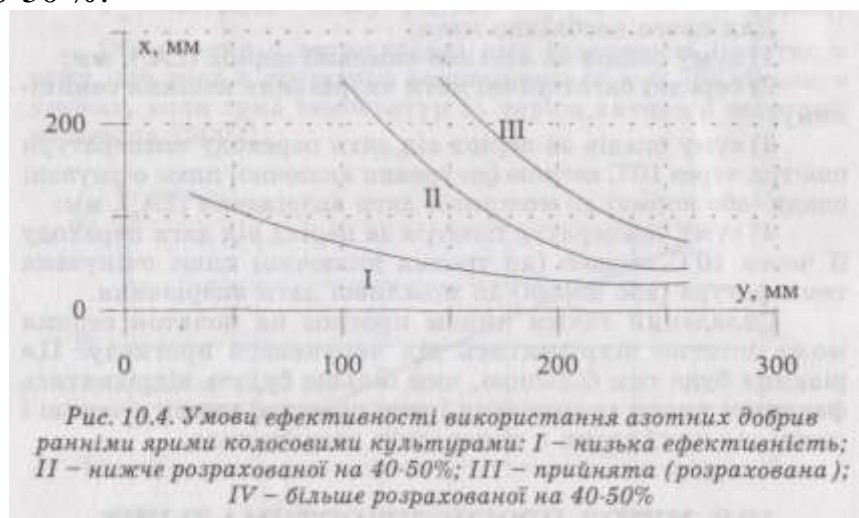
## Тема 8. Метод прогнозів оптимальних доз азотних добрив під зернові культури

### 1. Прогноз оптимальних доз добрив під ранні ярі колосові культури

Відомо, що ефективність добрив, і особливо азотних, значною мірою коливається по роках залежно від особливостей агрометеорологічних умов. У першому наближенні по кількості опадів за осінньо-зимовий період можна вже ранньої весни визначитися з оптимальними дозами азотних добрив, які вносять під ярі культури.

По цьому методу необхідно враховувати атмосферні опади, які випали за період з 1 серпня до дати переходу температури через  $+5^{\circ}\text{C}$  восени ( $x$ ), і атмосферні опади за період від дати переходу середньодобової температури  $+5^{\circ}\text{C}$  восени до 31 грудня ( $y$ ). Після цього з наведеного графіка (рис. 10.4) визначають рівень забезпеченості вологою, або поле графіка.

Якщо точка з конкретним співвідношенням опадів ( $x$  і  $y$ ) потрапляє в зону I, то застосування азотних добрив малоефективне і доцільність їх внесення є проблематичною. При співвідношенні умов зони II - рекомендується встановлену раніше дозу азотних добрив зменшити на 40-50 %. В умовах зони III вносять встановлену чи розраховану дозу, а IV - цю дозу рекомендується збільшити на 40-50 %.



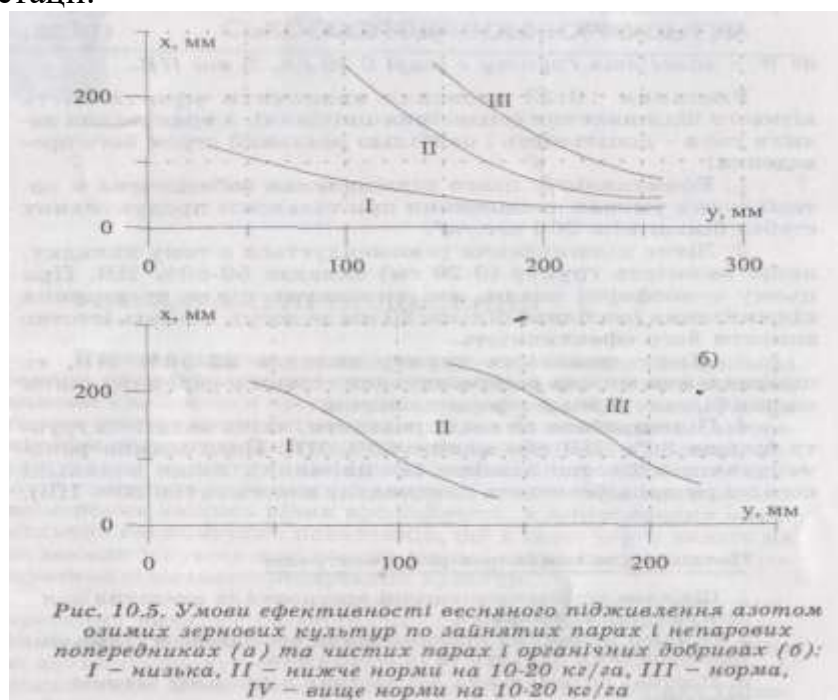
### 2. Прогноз оптимальних доз весняного азотного підживлення озимих культур

Загальновідомо, що ефективність весняного підживлення озимих культур азотними добривами досить велика. Багаторічними спостереженнями встановлено, що в умовах достатнього забезпечення вологою доцільність цього заходу досягає 90-100% , а по мірі зростання засушливих умов - 50-70% і менше. Таким чином, визначальними умовами ефективності весняного азотного підживлення є умови забезпеченості посівів вологою.

Техніка складання прогнозу оптимальної дози азотного підживлення весною така ж, як і для ярових.

Крім того, існують рекомендації щодо коригування дози азотного підживлення залежно від строків відновлення вегетації. При ранніх строках відновлення весняної вегетації (СВВВ) дозу зменшують порівняно з розрахунковою, а при пізніх - збільшують. Це відхилення складає близько 3% на кожний день відхилення від середньої багаторічної дати відновлення вегетації.

Зазначене вище дозволяє стверджувати, що при проведенні двох весняних підживлень (по мерзло - талому ґрунті і у фазі кущіння - трубкування) доза першого може бути обґрунтована співвідношенням опадів, а другого - строком відновлення вегетації.



### 3. Прогноз літнього азотного підживлення зернових культур

Для підвищення вмісту білка в зерні велике значення має літнє підживлення азотними добривами. Ефективність цього заходу залежить від метеорологічних умов і перш за все від вологості верхнього шару ґрунту та тривалості бездошового періоду після внесення азотних добрив.

Залежність прибавки протеїну ( $\Delta\P$ ) від вологості ґрунту при літньому підживленні зернових культур може бути виражена формулою:

$$\Delta\P = 0,058W - 5 \times 10^{-6}W^3 - 0,55,$$

де  $W$  - вологість ґрунту в шарі 0-20 см, % від НВ.

Рівняння дозволяє визначити ефективність літнього підживлення (колосіння-цвітіння), а врахування деяких умов - доцільність і найбільш реальний строк його проведення:

1. Ефективність цього підживлення забезпечена в оптимальних умовах зволоження при кількості продуктивних стебел більш ніж 360 шт./м<sup>2</sup>.

2. Літнє підживлення рекомендується в тому випадку, якщо вологість ґрунту (0-20 см) складає 50-80% НВ. При цьому атмосферні опади, які



випадають після проведення підживлення (особливо більше 20 мм за добу), можуть істотно знизити його ефективність.

3. Якщо вологість ґрунту складає 25-50% НВ, то підживлення можна рекомендувати тільки у разі випадання опадів більше 5 мм до фази цвітіння.

4. Підживлення не слід проводити, якщо вологість ґрунту більше 80% НВ або менше 25% НВ. Його можна рекомендувати провести пізніше (до цвітіння), якщо подальші погодні умови забезпечать оптимальну вологість (50-80% НВ).

## ПОЯСНЕННЯ ДЛЯ НАПИСАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

З даних методичних рекомендацій студент повинен виписати для контрольної роботи п'ять питань у відповідності з індивідуальним шифром. Номери питань знаходяться в тому квадраті таблиці, де перетинаються колонки з передостанньою і останньою цифрою шифру.

Відповіді даються конкретно, стисло, використовуючи рекомендовану літературу. У тексті необхідно посилатися на використані джерела, а в кінці контрольної роботи додавати список літератури, звітів та іншої інформації.

Дані методичні вказівки розроблені у відповідності до програми курсу “Прогнозування та програмування врожаїв” для вищих навчальних закладів за спеціальністю 7.130102 – “Агрономія”.

## ПИТАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

1. Коротка історія прогнозування та програмування врожаю сільськогосподарських культур.
2. Що таке спеціальні прогнози?
3. Особливості прогнозування урожайності ячменю ярого.
4. Гідротермічні, хімічні, фізичні, біологічні та організаційно-господарські лімітуючі фактори програмування урожайності. Необхідність їх комплексного врахування.
5. Особливості прогнозування врожайності пшениці озимої в середньому по області.
6. Загальні передумови і принципи програмування врожайності польових культур.
7. Прогнозування врожайності пшениці озимої на конкретному полі.
8. Особливості програмування врожайності кукурудзи на зерно і силос. Значення гібридів і сортів.
9. Особливості програмування врожайності соняшника.
10. Що таке моделі продукційного процесу? Моделі продукційного процесу різних польових культур. Важливість врахування агроекотипів і сортів польових культур.
11. Методи розрахунку врожайності польових культур для одержання запрограмованих врожаїв. Потенційна і дійсно можлива врожайність польових культур.
12. Особливості прогнозування врожайності ячменю ярого.
13. Врахування родючості ґрунту, як важлива умова одержання запрограмованих врожаїв. Водний і поживний режим ґрунту.
14. Основні фактори вегетації рослин і їхній вплив на продуктивність польових культур.
15. Фактори, що впливають на ефективність добрив у системі програмування врожайності польових культур.
16. Необхідність і методи зниження затрат праці і коштів при програмуванні врожаїв польових культур.
17. Що означають терміни: валова, обмінна і сукупна антропогенна енергія?
18. Методи і способи прогнозу доз добрив у системі прогнозування і програмування врожайності.
19. Метод експертних оцінок при прогнозуванні врожайності сільськогосподарських культур.
20. Особливості складання технологічних проектів в системі програмованих врожаїв. Відмінності технологічних проектів від технологічних карт.
21. Оптимізація прийомів вирощування польових культур в системі програмування. Використання комп'ютерних програм.
22. Основні закони землеробства і рослинництва.
23. Приклад складання технологічного проекту окремої

- сільськогосподарської культури.
24. Застосування обчислювальної техніки при програмуванні, плануванні та прогнозуванні врожайності польових культур.
  25. Особливості прогнозування врожайності кукурудзи. Значення врахування особливості гібридів сортів кукурудзи.
  26. Основні фактори росту і розвитку рослин.
  27. Особливості прогнозування і програмування врожайності проміжних культур (озимі, післяжнивні, післяукісні посіви). Рівняння регресії для прогнозу врожайності.
  28. Особливості прогнозування врожайності цукрових буряків.
  29. Основи прогнозу умов водного режиму при вирощуванні ранніх ярих колосових культур.
  30. Актуальність проблеми ефективності використання добрив у системі програмування урожайності польових культур.
  31. Що таке структура врожаю сільськогосподарських культур, як визначити структуру врожаю (кукурудзи, пшениці, цукрових буряків, соняшника)?
  32. Органічні добрива, їх ефективність і післядія.
  33. Що означає поняття програмування, прогнозування і планування врожайності.
  34. Посів, як фотосинтезуюча система. Оптимальні показники площі листової поверхні при вирощуванні зернових і технічних культур.
  35. Метод аналогій при прогнозуванні врожайності сільськогосподарських культур.
  36. Метод вирівнювання динамічних рядів при прогнозуванні врожайності сільськогосподарських культур.
  37. Значення прогнозування в умовах реформування сільськогосподарського виробництва.
  38. Метод кореляційно–регресійного моделювання при прогнозуванні врожайності сільськогосподарських культур.
  39. Прогноз оптимальних доз весняного азотного підживлення озимих культур. Значення цього підживлення.
  40. Основні принципи програмування за І.С. Шатіловим.
  41. Загальні передумови і принципи прогнозування та програмування врожайності польових культур.
  42. Прогнозування врожайності кукурудзи на зерно. Значення врахування гібридів і сортів.
  43. Загальні передумови і принципи прогнозування та програмування врожайності польових культур.
  44. Основні фактори росту і розвитку рослин.
  45. Методи прогнозів літнього азотного підживлення зернових культур.
  46. Суть методу експертних оцінок при прогнозуванні врожайності
  47. Зміст поняття методу аналогій при прогнозуванні врожайності.
  48. Програмування оптимальної густоти посіву і норми висіву.
  49. Метод вирівнювання динамічних рядів врожайності та їхня

- екстраполяція.
50. Розрахунок норм добрив під запрограмовану врожайність.
  51. Метод кореляційно-регресійного моделювання.
  52. Розрахунок ресурсів вологи та дійсно можливої урожайності за ресурсами вологи.
  53. Врахування рівня родючості ґрунту при програмуванні врожайності польових культур.
  54. Розрахунок коефіцієнта засвоєння ФАР посівами.
  55. Прогнози агрометеорологічних умов.
  56. Зміст поняття програмування, прогнозування і планування врожайності.
  57. Екологічні, біологічні, агрохімічні та агротехнічні основи програмування урожайності польових культур.
  58. Поняття – „фенологічні прогнози”.
  59. Що таке мінімалізовані агрокомплекси (агробіокомплекси) вирощування польових культур? Дбайливі агробіокомплекси. Проблеми і можливості застосування.
  60. Значення прогнозування в умовах реформування сільськогосподарського виробництва.

**Варіанти питань для контрольної роботи**

№		Остання цифра шифру									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Передостання цифра шифру	<b>1</b>	1,14, 29,36, 47	8,16, 31,37, 58	9,23, 33,47, 50	7,13, 21,38, 58	4,10, 28,32, 51	2,16, 25,44, 58	10,21, 30,45, 53	5,18, 25,37, 50	3,16, 28,33, 47	8,11, 25,36, 45
	<b>2</b>	5,15, 25,35, 40	7,18, 24,42, 52	6,15, 27,36, 60	8,11, 22,39, 54	4,13, 20,35, 53	9,19, 27,37, 48	3,13, 29,35, 47	1,15, 25,37, 58	1,15, 24,35, 59	10,16, 27,39, 56
	<b>3</b>	8,22, 38,48, 59	6,19, 29,36, 48	7,16, 28,34, 55	5,12, 30,40, 58	9,19, 33,,37, 57	1,13, 23,36, 46	4,14, 23,39, 44	2,17, 28,34, 44	6,12, 21,35, 45	3,16, 29,35, 54
	<b>4</b>	6,18, 30,39, 60	5,12, 26,32, 50	8,18, 26, 43,52	7,18, 26,37, 50	3,12, 23,36, 48	10,20, 32,39, 56	9,12, 29,42, 57	4,14, 23,33, 60	1,11, 21,32, 45	2,17, 26,38, 44
	<b>5</b>	9,19, 26,40, 51	3,13, 25,41, 53	5,18, 24,38, 57	1,10, 22,32, 45	2,18, 34,44, 54	7,13, 29,33, 52	6,15, 27,45, 56	4,11, 24,46, 47	8,19, 27,37, 44	10,20, 28,41, 60
	<b>6</b>	2,17, 31,46, 57	6,14, 28,39, 59	4,11, 22,37, 49	3,19, 31,40, 53	1,14, 20,31, 54	5,15, 23,32, 53	4,12, 25,44, 59	7,18, 27,40, 57	8,17, 30,39, 53	10,20, 29,41, 57
	<b>7</b>	3,11, 21,33, 53	4,15, 23,35, 60	1,12, 21,32, 49	9,20, 30,45, 57	8,19, 29,42, 55	2,14, 30,43, 53	5,16, 31,44, 50	3,16, 26,38, 45	7,20, 30,43, 57	10,20, 32,46, 59
	<b>8</b>	4,12, 27,37, 50	1,17, 30,40, 51	2,10, 21,38, 59	6,16, 35,45, 58	5,15, 23,47, 59	3,13, 21,34, 47	2,14, 29,41, 48	8,22, 31,41, 58	9,18, 23,40, 55	4,14, 29,38, 53
	<b>9</b>	7,13, 28,11, 52	2,19, 27,13, 54	9,20, 25,39, 51	4,17, 26,34, 52	6,12, 27,38, 49	1,14, 29,41, 54	3,24, 31,45, 56	8,14, 24,35, 46	5,13, 22,34, 54	6,13, 30,42, 51
	<b>0</b>	10,20, 34,12, 55	3,13, 24,44, 50	10,17, 24,32, 56	2,11, 22,36, 56	7,11, 20,33, 41	4,24, 33,40, 55	8,12, 28,34, 46	9,17, 28,38, 53	6,21, 31,49, 58	3,11, 25,35, 59

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Програмування врожайності сільськогосподарських культур: Підручник /О.І.Зінченко. – Умань. Редакційно–видавничий відділ Уманського НУС, 2015. –376 с.
2. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред. О.І. Зінченка. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
3. Біологічне рослинництво: Навч. посібник /О.І. Зінченко, О.С. Алексєєва, П.М. Приходько та ін.; За ред. О.І. Зінченка. – К.: Вища шк., 1996. – 239 с.
4. Харченко О.В. Основи програмування врожаїв сільськогосподарських культур: Навчальний посібник /За ред. академіка УААН В.О. Ушкаренка. – 2-е вид., перероб. і доп. – Суми: ВТД “Університетська книга”, 2003. – 296 с.
5. Рослинництво з основами програмування врожаю /О.Г. Жатов, Л.Т. Глущенко, Г.О. Жатова та ін.; За ред. О.Г. Жатова. – К.: Урожай, 1995. – 256 с.
6. Рослинництво. Лабораторно-практичні заняття /За ред. М.А.Бобро та ін. - К.: Урожай, 2001. – 389 с.
7. Рослинництво. Практикум (лабораторно-практичні заняття) /За ред. О.І.Зінченка та ін. - Вінниця.: Нова книга, 2008. – 536 с.
8. Харченко О.В. Ресурсне забезпечення та шляхи оптимізації умов вирощування сільськогосподарських культур у Лісостепу України: Монографія. – Суми: ВТД “Університетська книга”, 2005. – 342 с.
9. Щербаков В.Я. Збірник агрономічних задач з рослинництва (умови і розв’язання) . – К.: Урожай, 1999. – 176 с.

### Інформаційні ресурси

1. [www.agroua.net](http://www.agroua.net)
2. [www.minagro.kiev.ua](http://www.minagro.kiev.ua)
3. [www.uga-port.org.ua](http://www.uga-port.org.ua)

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА .....	3
Тема № 1 .....	5
Тема № 2 .....	10
Тема № 3 .....	12
Тема № 4 .....	15
Тема № 5 .....	20
Тема № 6 .....	23
Тема № 7 .....	26
Тема № 8 .....	31
ПОЯСНЕННЯ ДЛЯ НАПИСАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ ...	34
ПИТАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ .....	35
ТАБЛИЦЯ ВАРІАНТІВ ПИТАНЬ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ.....	38
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	39
ЗМІСТ .....	40