

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Ю.Г. Міщенко, В.І. Прасол, Г.А. Давиденко, І.М. Масик,
Е.Р. Ермантраут, В.П. Гудзь

МЕТОДИКА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В АГРОНОМІЇ

Суми - 2024

УДК 631.523:519.8:631.527 (075.8)
М 54

Автори:

Міщенко Ю.Г., д. с.-г. н., професор кафедри агротехнологій та ґрунтознавства Сумського національного аграрного університету (тема 1-5),
 Прасол В.І., к. с.-г. н., доцент кафедри агротехнологій та ґрунтознавства Сумського національного аграрного університету (тема 1, 3),
 Давиденко Г.А., доцент кафедри агротехнологій та ґрунтознавства Сумського національного аграрного університету (тема 1, 3),
 Масик І.М. к. с.-г. н., доцент кафедри агротехнологій та ґрунтознавства Сумського національного аграрного університету (тема 1, 3),
Ермантраут Е.Р. д. с.-г. н., професор кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету МОН України (тема 1-6),
Гудзь В.П. д. с.-г. н., професор кафедри землеробства та гербології Національного університету біоресурсів і природокористування України (тема 1-5),

Рецензенти:

О.І.Цилюрик, д. с.-г. н., професор, завідувач кафедри рослинництва Дніпроаського державного аграрно-економічного університету,
 А.В.Мельник, д. с.-г. н., професор кафедри садово-паркового та лісового господарства Сумського національного аграрного університету.

*Рекомендовано до друку Вченою радою
 Сумського національного аграрного університету
 (протокол № 17 від «26» червня 2024 року)*

М 54 Методика наукових досліджень в агрономії : навчальний посібник / Ю.Г. Міщенко, В.І. Прасол, Г.А. Давиденко, І.М. Масик, Е.Р. Ермантраут, В.П. Гудзь, Суми: СНАУ, 2024, 103 с.

У навчальному посібнику викладені сучасні методи загально наукових і спеціальних методів досліджень, в агрономії, теоретичні основи планування експерименту і основні методи статистичного аналізу, що застосовуються для оцінки та інтерпретації результатів польових, вегетаційних і лабораторних дослідів, що притаманні агрономічному експерименту.

Навчальний посібник відповідає програмі курсу “Методика наукових досліджень в агрономії”. Розрахований на студентів вищих аграрних закладів освіти III – IV рівнів акредитації за спеціальністю 201 “Агрономія”.

УДК 631.523:519.8:631.527 (075.8)

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ОСНОВНІ ТЕРМІНИ З МЕТОДИКИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	6
2. МЕТОДИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
2.1. Класифікація методів досліджень	9
2.2. Спеціальні методи досліджень	17
2.3. Системний підхід вирішення завдань науки	24
3. ЕЛЕМЕНТИ МЕТОДИКИ І ЇХ ВПЛИВ НА ТОЧНІСТЬ ПОЛЬОВОГО ДОСЛІДУ	26
3.1. Кількість варіантів	26
3.2. Площа дослідних ділянок	27
3.3. Форма ділянок та їх орієнтація на місцевості	31
3.4. Повторність і повторювання у дослідях	32
3.5. Метод розміщення варіантів та повторень на площі	35
4. КЛАСИФІКАЦІЯ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДІВ	40
4.1. Загальна класифікація польових дослідів	40
4.2 Класифікація дослідів за вирішенням конкретних завдань	42
4.3 Вимоги до побудови польового дослідів	46
5. ПЛАНУВАННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	60
5.1. Програма досліджень	60
5.2. Етапи планування дослідження	61
6. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	67
6.1 ПОКАЗНИКИ КІЛЬКІСНОЇ ТА ЯКІСНОЇ МІНЛИВОСТІ	67
6.1.1 Статистичні показники кількісної мінливості	67
6.1.2 Статистичні показники якісної мінливості	73
6.2. ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ	75
6.2.1. Однофакторний дослід	75
6.2.2. Двофакторний дослід	81
6.3. КОРЕЛЯЦІЯ І РЕГРЕСІЯ	86
6.4 ПРОБІТ-АНАЛІЗ	90
6.5. КОЕФІЦІЄНТ СПАДКОВОСТІ	93
6.5.1 Визначення коефіцієнта спадковості через кореляційний аналіз	93
6.5.2 Визначення коефіцієнта спадковості через дисперсійний аналіз	94
Додатки	97
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	102

ВСТУП

Перед сільськогосподарською наукою поставлене завдання вирішувати стратегічні проблеми країни з питань перспектив розвитку сільськогосподарського виробництва. Не менш важливими завданнями є участь у вирішенні повсякденних питань виробництва, втіленні збалансованої за ефективністю і екологічною безпекою сільськогосподарської політики держави.

Щоб рекомендувати у виробництво певний технологічний захід, слід спочатку побачити проблему, висунути робочу гіпотезу щодо шляхів її вирішення, розробити програму і методику досліджень, поставити дослід, зробити статистичний і економічний аналіз його достовірності й ефективності.

Експеримент проводиться для того, щоб змусити активно чи пасивно чомусь відбутися. Як правило, дослідження відбувається у обмеженому масштабі, з відповідним контролем за факторами, які є фоном, але таким чи іншим чином впливають як на контрольні варіанти, так і на ті, що вивчаються. Порівняння має користь лише тоді, коли досліджуваний ефект викликає певні зміни. Разом з цим, інші фактори залишаються незмінними. Хороший експеримент повинен бути простим у плануванні, мати широке застосування на виробництві та бути придатним для статистичного аналізу.

Статистика тут стає одним з найбільш важливих інструментів сільськогосподарських досліджень, тому що дозволяє порівняти й оцінити досить малі різниці. Інтерпретація і оцінка саме таких різниць є на багато важчою, ніж демонстрація тих, що є поза сумнівом. Щоб чітко визначити й оцінити невеликі різниці, необхідно постійно вдосконалювати методику досліджень, запроваджувати нову експериментальну техніку, вимірювальні прилади, сучасні ЕОМ і прикладні програми, що базуються на математичній статистиці.

Це особливо стосується сільськогосподарського виробництва, де на результат досліджень впливає безліч факторів, якими ще не може в повній мірі управляти дослідник. В садівництві, луківництві, закритому ґрунті, стаціонарних дослідженнях, де експерименти довго тривалі, та потребують значних

затрат часу і коштів, отримані сумнівні різниці між варіантами часто залишаються без достатнього аналізу і пояснень.

Виходячи з цього, ще до закладання досліду слід чітко сформулювати мету експерименту, яка буде передбачати оптимальне використання експериментальної техніки і наперед заплановані методи прикладної статистики. Методика досліджень, що об'єднує всі технологічні процеси виконання досліду, передбачає автоматизований облік і своєчасне корегування самої технології, забезпечує економію часу, трудових ресурсів, коштів, експериментального матеріалу тощо.

Отже, головним завданням цієї методичної розробки є допомогти досліднику під час вибору теми, висуненні наукових гіпотез і визначенні завдань досліджень, у виборі методів їх втілення, проведенні обліків і спостережень та статистичного аналізу отриманих результатів.

1. ОСНОВНІ ТЕРМІНИ З МЕТОДИКИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Наукове дослідження – це вивчення об'єкта, явища або елемента технології з метою розкриття закономірностей його виникнення і розвитку, що є основою формування нових знань.

Метод дослідження – це упорядкована діяльність дослідника, що спрямована на здобуття нових знань.

Прийоми наукового дослідження - це висунення гіпотези або конкуруючих гіпотез, проведення спостережень та експерименту, розробка нової або удосконалення існуючої теорії.

Методи наукових досліджень:

Загальнонаукові методи – діалектичний, аналізу і синтезу, індукції й дедукції, аналогії, моделювання, конкретизації та інші.

Спеціальні агрономічні дослідження: лабораторний, вегетаційний, лізиметричний, польовий та виробничий досліді. Серед названих методів головним є польовий.

Польовий сільськогосподарський дослід – це дослідження, що виконується в польових умовах на спеціально виділеній площі. Завданням його є встановлення відмінностей між варіантами, кількісної оцінки дії факторів життя, умов чи прийомів вирощування на врожай та його якість.

Методичні вимоги до польового досліді полягають у дотриманні принципів типовості, єдиної відмінності та доцільності; проведенні досліді на спеціально виділеній і вирівняній за родючістю ділянці, вірогідності досліді за суттю і точністю.

Види польових дослідів: за змістом - агротехнічні та з сортовипробування; за кількістю факторів – однофакторні та багатофакторні; строком виконання – короткострокові, тривалі, довгострокові; охопленням території – місцеві та географічні.

Планування польового досліді охоплює етапи: вибір теми, визначення завдань і об'єкта досліджень, вивчення та критичний аналіз історії і сучасного

стану питання, що досліджується; створення робочої гіпотези, складання програми і методики досліджень.

Вимоги до земельної ділянки, що планується під дослід: типовість за ґрунтовим вкриттям (репрезентативність), однорідність за родючістю ґрунту та рельєфом.

Вивчення дослідної ділянки полягає в проведенні посівів, що вирівнюють родючість ґрунту та розвідують його строкатість шляхом дрібних обліків урожаю, що є підставою для встановлення кількості повторювань, розміру і форми ділянок.

Методика польового дослід – це сукупність таких складових елементів: число варіантів (схема дослід); площа, форма та напрямок ділянок; повторність та повторювання; система розміщення ділянок, повторювань і варіантів на території; метод обліку врожаю й організація дослід в часі.

Дослідний варіант - це рослина, яку вивчають (чи сорт), умови вирощування, елемент технології або їх поєднання. Один або декілька варіантів, з якими порівнюють дослідні варіанти, називають *контролем* або *стандартом*. Сукупність дослідних і контрольних варіантів, що об'єднані загальною ідеєю, складає *схему дослід*.

Повторність дослід на території визначається наявністю на площі одноїменних ділянок кожного варіанта, *повторність у часі* – проведення дослід протягом кількох років або одержання декількох урожаїв протягом року.

Повторювання - це частина площі дослід, що містить усі варіанти схеми дослід.

Методи розміщення варіантів у польовому досліді: *стандартні* (ямб, дактиль, стандарт через три ділянки, парний, шаховий); *систематичні* (послідовне розміщення варіантів в один, два і більше ярусів); *рендомізовані* (рендомізованих блоків, латинського квадрата і латинського прямокутника, решітки, розщеплених ділянок, повної рендомізації).

Основні символи, що використані в методиці

X – значення ознаки, що варіює;

$\bar{x}$ - вибіркова середня, середня арифметична;

s^2 - вибіркова дисперсія, середній квадрат;

s - вибірконе стандартне відхилення, середнє квадратичне відхилення;

V – коефіцієнт варіації, мінливості;

$s_{\bar{x}}$ - похибка вибіркової середньої;

$s_{\bar{x}\%}$ - відносна похибка вибіркової середньої (точність досліду);

d - різниця між вибірковими середніми;

s_d - похибка різниці між вибірковими середніми;

l – кількість варіантів;

n – повторність, об'єм вибірки;

N – загальна кількість спостережень;

Σ - сума;

$\div$ - знак довірчого інтервалу;

C – коригуючий фактор (поправка);

C_y, C_p, C_z – суми квадратів відхилень для певних джерел варіювання;

ν - ступінь волі;

P – ймовірність;

P_1 – рівень значущості;

t_ϕ – фактичний критерій Ст'юдента;

t_{01}, t_{05} – теоретичний критерій Ст'юдента на 1 або 5%-му рівнях значущості;

F_ϕ – фактичний критерій Фішера;

p_{01}, p_{05} – процентний критерій Фішера на 1 і 5%-му рівнях значущості;

HIP_{01}, HIP_{05} – найменша істотна різниця на 1 і 5%-му рівнях значущості;

r – коефіцієнт лінійної кореляції;

2. МЕТОДИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методи наукових досліджень поділяються на *загальнонаукові та спеціальні*.

Загальнонаукові методи базуються на всезагальному *діалектичному методі*, який розкриває найбільш загальні закони розвитку природи, суспільства і мислення.

В агрономії із загальнонаукових методів широко застосовують гіпотезу, спостереження і експеримент, аналіз і синтез, індукцію й дедукцію, абстрагування, конкретизацію, аналогію, моделювання, формалізацію, інверсію, узагальнення та ін.

Гіпотеза — це наукове припущення про можливий шлях вирішення проблеми. *Проблема* (з грецької - задача) є складне теоретичне або практичне питання, яке вимагає вивчення або рішення. *В науці проблема - це ситуація, в якій подаються протилежні позиції трактування певного явища, об'єктів, процесів, що вимагають адекватної теорії для їх рішення.*

Гіпотеза може виступати як метод розвитку нових наукових знань, так і як складова частина наукової теорії. Якщо гіпотези використовують для розвитку знань, то спочатку висувають певні припущення, а потім їх перевіряють в експерименті. Як правило, гіпотези висуваються на основі попередніх знань, але вони можуть виникати і як здогадки.

Наприклад. Якщо у господарстві низька врожайність районованого гібриду цукрових буряків, то з метою поліпшення системи удобрення культури можуть висуватись такі робочі гіпотези:

- низький рівень мінерального живлення;
- не відповідне до вимог культури або гібриду співвідношення поживних елементів;
- існуюча система удобрення культури не пов'язана з місцем у сівозміні;
- реакція ґрунтового розчину не відповідає культурі та ін.

Ці гіпотези висуваються на підставі попередніх знань і перевіряються в експериментах.

При висуванні гіпотез треба дотримуватися таких правил:

- 1) гіпотеза повинна відповідати досліджуваним фактам;
- 2) з висунутих гіпотез має переваги та, яка ґрунтується на більшій кількості фактів;
- 3) зв'язок гіпотез і фактів для їх пояснення має бути найтіснішим;
- 4) суперечливі гіпотези не можуть бути одночасно істинними;
- 5) висуваючи гіпотези, треба передбачати імовірність висновків з них.

Гіпотези як здогадки у наукових дослідженнях менш поширені, але вони можуть мати велике значення (наприклад, здогадка Д.М.Менделєєва про періодичний закон зміни маси хімічних елементів)

Експеримент є метод пізнання, коли рослина або елемент технології досліджується у штучних, але досить контрольованих умовах, або створюються спеціальні умови, щоб штучно викликати те чи інше явище. Саме експеримент дає відповідь фактами на питання робочої гіпотези, яка висувалася при плануванні досліджу.

Сучасна наука використовує *якісні, кількісні (вимірювальні), змішані, мислені та обчислювальні види експериментів*.

Метою *якісних експериментів* є виявлення передбачених гіпотезами чи теоріями різниць між якісними ознаками на контрольних та досліджуваних варіантах, скажімо, гібридів цукрових буряків, наявності чи відсутності ураження хворобами та ін.

Більш складними є *кількісні (вимірювальні) експерименти*, у яких досліджують кількісні показники певних властивостей об'єкта. Так, при вивченні рівня врожайності сортів та гібридів цукрових буряків, якості продукції, ступеня ураженості шкідниками, хворобами та ін. визначають кількісні показники (наприклад, масу коренеплодів - $t/га$, їх цукристість - % тощо).

Найчастіше застосовують *змішані експерименти*, де вивчають показники якісної і кількісної мінливості.

У фундаментальних науках проводять *мислені експерименти* над ідеалізованими об'єктами з метою з'ясування узгодженості основних принципів теорії. Обчислювальний експеримент базується на розрахунках математичних моделей з тим, щоб вибрати з них найбільш оптимальну. У таких експериментах для складних розрахунків користуються комп'ютерами.

Спостереження – цілеспрямоване зосередження уваги дослідника на явищах експерименту або природи, їх кількісна або якісна реєстрація. Метою спостережень у науковій агрономії є виявлення кращих сортів та гібридів, елементів технології тощо, які сприяють підвищенню врожаю та поліпшенню його якості. Основними вимогами до спостереження є отримання об'єктивних, повних і однозначних результатів; використання для спостереження точних приладів; своєчасний запис і правильна інтерпретація результатів спостережень.

Спостереження проводять як в експерименті (наприклад, поява сходів), так і поза ним (атмосферні опади, температура та вологість повітря, температура ґрунту тощо).

Обліки та спостереження відповідно до державних стандартів проводяться за спеціальними, добре апробованими методиками.

Експеримент порівняно із спостереженнями має певні переваги. Наприклад, в одному досліді можна вивчати декілька явищ (дослід стає багатофакторним).

Для більш детального аналізу в процесі дослідження усі фактори або явища можна розчленувати, об'єднати або застосувати інші методи аналізу.

Аналіз є метод дослідження, за допомогою якого досліджуваний об'єкт уявно або практично розчленовується на складові частини з метою більш детального вивчення (наприклад, спочатку дослід аналізують за повторюваннями, а потім - за варіантами). Рослини у динаміці їх росту аналізують через певний проміжок часу (один раз за декаду, місяць) або за фазами росту й розвитку рослин. Для визначення хімічного складу рослини аналізують окремі органи — листя, стебла, плоди, коріння тощо. У коренеплодах цукрових буряків визначають вміст цукрів, у зерні бобових та злакових культур – білка тощо.

Метод аналізу часто використовують у поєднанні із синтезом.

Синтез – з'єднання розчленованих та проаналізованих частин досліджуваного об'єкта або кількох об'єктів в єдине ціле. У поєднанні з даними детального аналізу завданням синтезу є одержати нові, більш повні дані й на їх підвалинах зробити глибокі й всебічно обґрунтовані висновки. Синтез як метод дослідження має різні форми: взаємозв'язок теорій як об'єднання конкурентних гіпотез, побудова гіпотетико-дедуктивних теорій та ін. У сучасній науці синтез використовують не тільки для дослідження окремого об'єкта у певній галузі науки, а й окремих наук з виявленням існуючих між ними зв'язків (наприклад, між агрономією, фізикою, математикою, хімією та ін.).

Індукція – метод досліджень, за допомогою якого судження ведуть від фактів до конкретних висновків. Наприклад, якщо листя цукрових буряків набуває фіолетового відтінку, це свідчить про нестачу в рослині фосфору; якщо листя в'яне, - не хватає води.

Дедукція – метод досліджень, який дає змогу за допомогою аналізу загальних положень і фактів робити часткові або поодинокі висновки. Прикладом дедуктивного методу є застосування будь-якого загального положення або закону для пояснення часткових висновків. Наприклад, за методикою UPOV для оцінки сортів рослин цукрових буряків (*Beta vulgaris L. var. vulgaris L*) на відмінність, однорідність та стабільність на підставі порівняння певних морфологічних ознак роблять висновок про відповідність певного гібриду до виданого на нього сертифікату.

Абстракція є мислене виділення основного у об'єкті досліджень, його найбільш суттєвих зв'язків. Використовують два типи абстракцій:

- ототожнення – для створення понять про системи, класи;
- ізолювання – для виділення основного серед стороннього, що є найважливішим питанням абстракції. Отже, серед десятків варіантів експерименту дослідник виділяє найбільш ефективні, які істотно відрізняються від інших за основними показниками. При цьому селекціонер серед багатьох гібридів ви-

діляє найцінніші не лише за врожайністю і якістю продукції, а й за стійкістю до хвороб, шкідників, посухи та іншими цінними властивостями.

Коли з позиції закону діалектики про перехід кількісних змін у корінні якісні пояснюють ріст та розвиток рослин, то абстрагуючись від інших незамінних факторів (скажімо, вологи, світла та ін., які приймають за оптимальні), увагу зосереджують на сумі активних температур. Так, озима пшениця з фази трьох листочків не вступить у фазу кушення доки не отримає суми температур восени 180-200°C.

Так як абстракція базується на теоретичних підвалинах, вона дозволяє прогнозувати результати експериментів і тому є універсальним методом пізнання.

Іноді користуються абстракцією ідеалізації – мисленим уявленням об'єктів або процесів з оптимальними параметрами, які реально не існують. Так, ідеальний ЧС гібрид цукрових буряків повинен мати високі врожайність і цукристість, відмінні технологічні властивості, бути стійким до хвороб і шкідників, жаро й посухостійким тощо. Абстракція ідеалізації використовується спочатку для створення теорії, а потім для застосування її на практиці.

Конкретизація — метод досліджень, за допомогою якого від абстрактного переходять до конкретного. Наприклад, виділивши в системі створення органічної речовини за основу процес фотосинтезу, дослідник завдяки йому мислено знову й знову повертається до рослини, середовища, системи «середовище — рослина», розглядає взаємодію рослини з усіма факторами її життя. Отже, методи абстрагування і конкретизації дуже взаємопов'язані, доповнюють один одного і мають бути використані дослідником разом з іншими методами.

Аналогія — метод, завдяки якому знання про відомі вже об'єкти, предмети або явища переносяться на інші ще невідомі, але схожі з відомими і раніше вивченими. В цьому випадку висновок робиться за аналогією. Так, якщо відомо, що з підвищенням продуктивності ЧС гібриди цукрових буряків знижують стійкість листового апарату до церкоспорозу, то в технології вирощування їх треба передбачити профілактичні засоби боротьби з цією хворобою або як і для

інших культур шукати селекційні методи, що сприяють підвищенню стійкості рослин до церкоспорозу.

Оскільки ізольовано взята аналогія не має доказової сили, її треба використовувати разом з іншими методами пізнання, додержуючись таких вимог:

- аналогія має ґрунтуватись на істотних ознаках і більшому числі загальних властивостей;
- зв'язки між порівнюваними ознаками повинні бути тісними;
- аналогія як метод має показати не лише схожість об'єктів, а й різницю між ними. Метод аналогій, застосований на подібність показників, предметів і явищ, є основою моделювання.

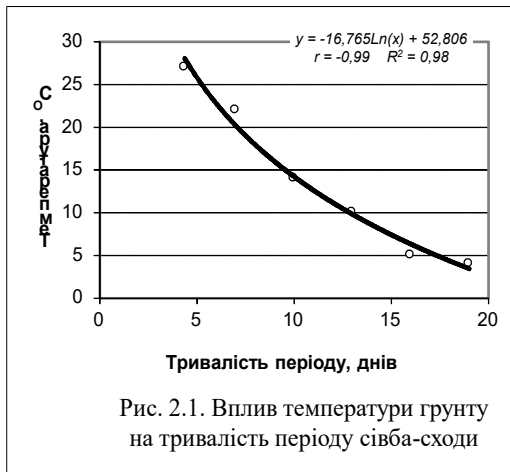
Моделювання — метод штучного дослідження об'єктів, процесів і явищ з допомогою зручних моделей. Ними замінюють об'єкти, які в природних умовах важко вивчати. Модель повинна мати риси оригіналу. Якщо вона зберігає фізичну природу оригіналу, то вона є фізичною моделлю. Наприклад, можна моделювати ґрунт, рослинні клітини, окремі органи. Математична модель описує рівнянням певну залежність.

Наприклад, експериментально встановлено тісний зворотній кореляційний зв'язок між середньодобовою температурою на глибині загортання насіння і тривалістю періоду сівба-сходи цукрових буряків ($r = -0,99$, рис.2.1).

Розрізняють моделювання структури об'єкта і моделювання його поведінки, тобто процесів, які відбуваються в об'єкті досліджень. Чим повніше модель відображає оригінал, тим результати досліджень моделі будуть більше відповідати результатам об'єкта досліджень.

За рівнянням регресії можна прогнозувати час появи сходів залежно від рівня середньодобової температури, що, як і ряд інших залежностей, можна використовувати в системі планування елементів технології вирощування цукрових буряків. Скажімо, визначення потреби елементів мінерального живлення рослин в залежності від зміни певних умов.

Моделювання як метод застосовується разом з іншими методами має назву *модельний експеримент*.



Формалізація — метод вивчення об'єктів за допомогою окремих елементів їх форм, які відображають зміст об'єкта. Найчастіше формалізацію застосовують з використанням математики, подаючи докази у вигляді послідовних формул. Наприклад, урожайність культури залежить від ґрунту — X_1 , вмісту в ньому азоту — X_2 , фосфору —

X_3 , калію — X_4 , вологи — X_5 , повітря — X_6 , та інших факторів — X_n . Формула врожаю послідовно обчислюється спочатку через парну залежність кожного з факторів, а потім виводиться загальна формула

$$Y = f(X_1 X_2 X_3 X_4 \dots X_n),$$

яка є рівнянням множинної регресії.

Інверсія — метод незвичайного вивчення об'єкта, явищ, предметів під певним кутом або навіть з боку, протилежного тому, який вивчали раніше. Це — порушення звичайного порядку вивчення об'єктів або явищ, поєднання несумісного, поділ неподільного. Основним у методі інверсії є відмова від загальноприйнятих поглядів і прийомів у дослідженнях.

Щоб узяти середню наважку, зразки рослин перед хімічним аналізом потрібно спочатку висушити і розмолоти. При висушуванні при високих температурах у рослинних зразках відбуваються перетворення, внаслідок яких може докорінно змінитися біохімічний склад зразка і, як наслідок, результати аналізу будуть недійсними. Отже, не можна висушувати рослинні зразки для біохімічного аналізу при високих температурах. Цю проблему можна вирішити методом інверсії, тобто зневоднити рослинний зразок при низьких температурах шляхом заморожування, внаслідок чого біохімічні зміни у зразку припиняються

і результати аналізу покажуть фактичний вміст тих органічних речовин, які у природі містять органи чи вся рослина.

Узагальнення — метод, за допомогою якого уявно переходять від окремих фактів, явищ та процесів до ототожнювання у думках або від одного поняття, судження до більш загального.

Методи досліджень залежать від виду й рівня наукових досліджень. Вони взаємопов'язані і умовно поділяються на *теоретичні, експериментальні й описово-узагальнюючі*.

Результатом *теоретичного рівня досліджень* є синтез нових знань, формулювання загальних закономірностей у певній галузі науки.

Теорія — це система узагальнених знань, пояснення певних явищ природи, які штучно відтворюються в *розумовому* (логічному мисленні про можливу зміну явищ і процесів при зміні умов) або *фізичному* експериментах. З одного боку узагальнені результати експерименту є частиною певної теорії, а з іншого — сам експеримент є критерієм істини теорії. Теорія також допомагає вірно інтерпретувати результати емпіричних досліджень.

Теорія не є сумою окремих даних експерименту, а новим ступенем пізнання.

На *експериментальному рівні* досліджень за певними гіпотезами ставлять досліди, накопичують факти, аналізують їх і роблять практичні висновки.

З точки зору теорії пізнання під час досліджень *гіпотеза* може бути *підтвердженою або відкинутою*, а *теорія* може бути *уточненою або заново створеною*.

В експерименті об'єкт дослідження вивчають в тих умовах, які плануються експериментатором, процеси контролюють і регулюють, а результати точно враховують. Експерименти можуть бути з урахуванням *якісних показників*, коли враховують пошкоджені рослини шкідниками, уражені хворобами.

У *кількісних експериментах* обліковують показники росту рослин, урожайність культур тощо. В експериментах можна виключати вплив побічних факторів, виділяючи досліджуване явище; вводити нові фактори, ускладнюючи

дослід або відповідно відтворювати результати експерименту; вивчати явища, які не існують у природі, використовуючи для цього уявний експеримент; створювати об'єкти досліджень — нові сорти, пестициди тощо.

Всі **експерименти** є джерелом *теоретичних уявлень*, а результати - основою для *побудови теорій*.

На *описово-узагальнюючому рівні досліджень* експерименти не проводять, а описують явища, які спостерігаються безпосередньо у природі, поза експериментом. Це спостереження за ростом та розвитком рослин залежно від погодних умов, проходженням фенологічних фаз, морозостійкістю, посухостійкістю рослин тощо. При цьому дослідник реєструє всі ці явища і процеси, узагальнює агрономічні об'єкти без активного впливу на них, тобто діє поза експериментом.

Слід зазначити, що на основі цих спостережень і узагальнень можна робити висновки і раціональні пропозиції для виробництва. Для цього використовують такі форми мислення, як судження та умовивід.

Судження - це думка, у якій повідомляється про об'єкт дослідження. Вона може бути об'єктивною або суб'єктивною. Прикладом об'єктивного судження є така думка: якщо пшеницю висівати насінням з низькою схожістю, без відповідної поправки на норми висіву, то сходи будуть зріджені. Помилковим буде судження про те, що співвідношення поживних елементів у добривах не впливає на якість продукції (воно не ґрунтується на даних науки і практики).

Умовивід — це міркування, в наслідок якого на підставі одного або кількох пов'язаних між собою суджень виводять нове. Наприклад, відомо лише те, що новий гібрид кукурудзи має такі самі властивості, як і районований гібрид. Робимо висновок, що врожайність зерна нового гібрида, його якість, стійкість до хвороб, шкідників та інші властивості будуть такими ж самими, як і у районovanого.

2.2. Спеціальні методи досліджень

До спеціальних методів досліджень наукової агрономії відносяться *лабораторний, вегетаційний, лізиметричний, вегетаційно-польовий, польовий, экс-*

педиційний. Кожний з них використовують у поєднанні із спеціальними та загальнонауковими.

Лабораторний метод базується на певних методиках спеціальних дисциплін. Його застосовують для аналізу рослин та їх середовища в лабораторних умовах з метою вивчення взаємодії між рослиною і умовами навколишнього середовища, оцінки якості врожаю, вивчення в рослинах обміну речовин, визначення фізичних, хімічних та мікробіологічних властивостей ґрунту тощо (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Сучасні лабораторні умови

За допомогою хімічних аналізів ґрунту в лабораторних умовах визначають забезпеченість різних ґрунтів основними елементами живлення після попередників, обробітку ґрунту, систем удобрення тощо. Визначаючи у рослинах вміст макро та мікроелементів, масу рослин і зробивши розрахунки, можна одержати дані про виведення з ґрунту поживних елементів

культур. Визначення вологості ґрунту, вмісту в ньому насіння бур'янів, їх кореневищ та корневих паростків, дослідження структури та інших фізико-хімічних властивостей ґрунту дає уяву про його окультуреність, придатність для вирощування сільськогосподарських культур. За допомогою пророщування посівного матеріалу у термостатах визначають схожість насіння рослин та ін. Лабораторний метод передбачає не лише детальні аналізи, а й об'єктивний і всебічний синтез результатів досліджень з наступною перевіркою пропозицій на практиці.

У роки з надмірною кількістю опадів вміст цукру у бур'яках може значно знижуватись, про що свідчать результати лабораторних аналізів. Однак це не означає, що збільшення кількості опадів обов'язково спричинює погіршення

якості цукрових буряків. При цьому треба всебічно проаналізувати інші фактори життя рослин, зокрема поживний, повітряний та температурний режими ґрунту, поліпшення яких при збільшенні кількості атмосферних опадів запобігатиме погіршенню якості врожаю.

Без лабораторного методу дослідження не можна проводити майже всі вегетаційні та польові дослід. Наприклад, без лабораторних аналізів не можна обійтись при виборі земельних площ для дослід, його плануванні і проведенні.

Веgetаційний метод — дослідження рослин, які вирощують у спеціальних скляних будиночках з контрольованими умовами життєзабезпечення. Для багаторічних рослин дослідження можуть тривати кілька років. Основна мета вегетаційного методу полягає в тому, щоб вивчити значення окремих факторів життя рослин, суть процесів, що відбуваються в них, ґрунті та у системі „ґрунт — рослина” (рис. 2.3).



Веgetаційний метод дає змогу підтримувати у межах запланованих дослідом різні умови – вологість, забезпечення поживними речовинами, рН розчину, освітлення, температуру тощо. Завдяки вегетаційному методу було досліджено багато питань агрономічної науки: доступність рослинам фосфору з фосфоритного борошна; необхідність безпосереднього контакту кореневої системи, яка засвоює фосфорит, із самим добривом; роль бульбочкових бактерій у засвоєнні азоту бобовими рослинами з повітря; значення гною як

джерела вуглекислоти для рослин. Веgetаційний метод часто використовують разом з польовим для аналізу і синтезу дії факторів.

Дуже ефективним виявився вегетаційний метод для вивчення впливу різних зовнішніх факторів на мінеральне живлення рослин та обмін речовин у них, для дослідження залежності росту рослин від температури прикореневої

зони й повітря. За допомогою вегетаційного методу вивчають роль води у живленні рослин, явище фотоперіодизму, інтенсивність освітлення, тривалість світлового дня тощо. У вегетаційних будиночках можна порівнювати родючість різних ґрунтів і ефективність вирощування на них культур за однакових умов.

Нажаль вегетаційний метод має ряд недоліків. Так, у вегетаційних посудинах немає всіх шарів ґрунту, які є у полі, немає підґрунтя, що змінює гідрологічні умови дослідження. Поживним субстратом у вегетаційних дослідах є пісок, вода, гравій тощо, тому цей метод не відповідає на питання, як буде впливати трій чи інший фактор на врожайність культур у польових умовах. Одним з недоліків є також значні матеріальні затрати на спорудження вегетаційних будинків та їх обладнання. Проте вегетаційний метод дає змогу точніше моделювати різні умови середовища і виявляти кращі з них для сільськогосподарських рослин. За висловленням Д. М. Прянишникова, вегетаційний метод більш точний, але менш реальний для безпосереднього впровадження його результатів у виробництво; польовий метод, навпаки, менш точний, але більш реальний. Тому ці методи й доповнюють один одного.

Лізиметричний метод досліджень за рослинами і властивостями ґрунту застосовують в польових умовах. За цим методом вивчають баланс вологи і елементів живлення в ґрунті. Такі дослідження проводять у дуже великих посудинах – лізиметрах, які з усіх боків відділені від ґрунту рис. 2.4, 2.5.



Рис. 2.4 Лізиметр, що має окремий вхід для збору рідини

За будовою, розмірами і метою використання лізиметри досить різноманітні, але у дні кожного виду є отвір, через який збирають промивну воду для хімічних аналізів.

Залежно від мети досліджень, виду рослин товща ґрунту в лі-

зиметрах може коливатись від

25 см до 2 м (найчастіше 1-1,5 м). За способом наповнення ґрунтом розрізняють два типи лізіметрів: з насипним ґрунтом, коли порушується його природна будова, і з її збереженням, якщо у лізіметр вкладають моноліт ґрунту. У насипні лізіметри ґрунт насипають пошарово, просіваючи, змішуючи і ущільнюючи його до природного стану. Залежно від завдання дослідів лізіметри можуть бути зайняті рослинами або без рослин.

За використанням будівельного матеріалу лізіметри можуть бути бетонними з об'ємом на 1—2 м³ ґрунту або металевими з діаметром 20—100 см. Іноді для лізіметрів використовують дерево або пластичні матеріали.

Щоб зручніше збирати промивні води, під лізіметрами обладнують освітленим коридором і кімнатою. Для періодичного зважування рідини у лізіметрах роблять спеціальні отвори або перехідні кільця. Деякі лізіметри мають невеликі резервуари, які обладнані системою відсмоктування рідини. Щоб зручніше їх обслуговувати, незалежно від конструкції лізіметри розміщують окремими групами біля лабораторій.

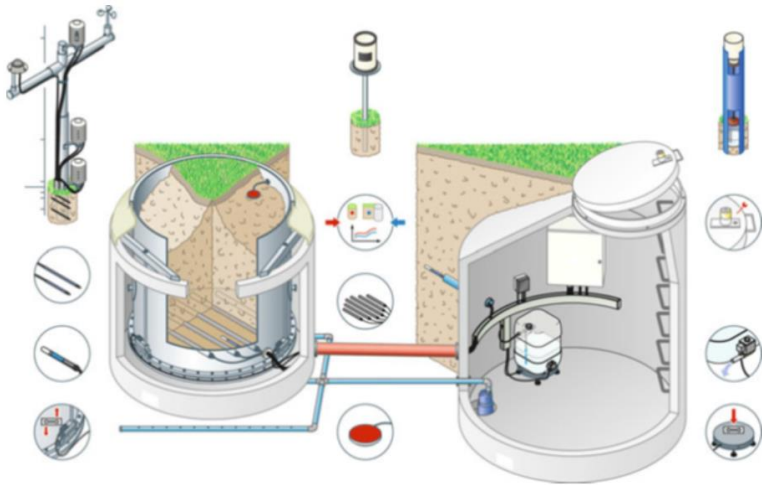


Рис. 2.5 Сучасна конструкція лізіметра

Сучасні лізіметри пристосовані до польових умов, вони зважуються, тиск вологи в нижній частині лізіметрів контролюється, отримані дані передаються дистанційно.

За лізіметричним мето-

дом вивчають такі питання: аелопатичні відносини між росли-

нами в природних і штучних ценозах, промивання атмосферних опадів, склад води, що фільтрується через ґрунт; вимивання мінеральних солей з ґрунту і добрив; транспірація та випаровування вологи ґрунтом, водопроникність ґрунту тощо.

Не зважаючи на те, що лізиметричні дослідження проводять під відкритим небом, умови їх повністю не відповідають польовим. Тому для усунення цього недоліку поряд з ним використовують вегетаційно-польовий метод.

Вегетаційно-польовий метод — дослідження рослин безпосередньо у полі в металевих посудинах без дна (у циліндрах). Цей метод є проміжним між вегетаційним і польовим.

В таких циліндрах ґрунт відокремлюється лише збоку, а знизу він контактує з ґрунтом поля або підґрунтям досліджуваної площі. Такі циліндри встановлюють як на спеціально підготовлених площах, так і безпосередньо у полях сівозмін, де вирощують певні культури на різних агрофонах, створені різні агрофітоценози, на ґрунтах, що різняться за типом, на площах з різною експозицією та крутизною схилів тощо.

Металеві (або інші) циліндри закопують у ґрунт на глибину від 30 до 100 см так, щоб вони виступали над поверхнею ґрунту на 10 см. Повторність таких дослідів має бути, як мінімум, трикратною. У контрольних варіантах створюють такі ж умови, як і в полі, де встановлюють лізиметри. Це дозволяє наблизити умови, що створюються в лізиметричному і вегетаційно-польовому досліді.

За допомогою цього методу вивчають ефективність добрив, родючість окремих генетичних горизонтів ґрунту, моделюють умови ґрунтового середовища. Для цього у циліндри залежно від варіантів дослідів вносять різні елементи живлення в певних дозах і співвідношеннях, створюють різну реакцію ґрунтового розчину, регулюють щільність ґрунту тощо. Разом з тим у циліндри можна висівати різні культури у чистому вигляді і в сумішках, змінювати норму висіву або глибину загортання насіння, режим живлення рослин протягом вегетації та інше.

Для моделювання необхідних умов ґрунтового середовища вегетаційно-польовий метод використовують також у селекційній роботі, агрометеорології, землеробстві, рослинництві. Пересувні кліматичні камери з поліетиленових плівок, які дозволяють регулювати температуру повітря або і його вологість,

дають можливість моделювати різні погодні умови і навіть клімат відповідно до фаз росту і розвитку рослин, сприяють зменшенню негативного впливу різних природних умов на формування врожаю.

Польовий дослід є основним методом проведення досліджень в науковій агрономії. Саме за його допомогою можна поєднати теоретичні дослідження з їх практичним застосуванням: розробляти рекомендації щодо вдосконалення окремих елементів технологій вирощування сільськогосподарських культур і запровадження у сільськогосподарське виробництво нових сортів і гібридів.

Основне завдання польового методу — виявлення достовірних різниць між варіантами досліду, кількісна оцінка впливу факторів життя на врожайність рослин та якість продукції.

Майже всі наукові проблеми агрономічної науки вирішуються за допомогою польового методу досліджень. В землеробстві це визначення оптимальної глибини, строків і способі обробітку ґрунту, методів регулювання поживного режиму ґрунту, боротьби з бур'янами, попередників; в рослинництві, овочівництві, плодівництві та ін. розробка технологій вирощування культур, агрохімії - ефективність органічних та мінеральних добрив, заходи меліорації ґрунтів, селекції – виведення нових сортів і гібриди та ін. Для цього в агрономії використовують різні види польових дослідів, про що буде йтися в наступному розділі.

Польові досліді проводять у наукових установах і в умовах виробництва. На підставі енергетичної та економічної оцінки ефективності досліджуваних варіантів приймається рішення щодо впровадження кращих у виробництво.

Ефективність польового досліду значною мірою збільшується при поєднанні з іншими методами, вибір яких визначається програмою досліджень.

Крім спеціальних методів агрономічних досліджень застосовують й інші, які базуються на окремих спостереженнях та їх узагальненнях.

Наприклад, *експедиційний метод досліджень* застосовують для вивчення і узагальнення агрономічних питань безпосередньо у виробництві за допомогою обстежень полів і посівів культур, які на них вирощують.

Під час експедиційних досліджень можна виявити ступінь поширення злісних і карантинних бур'янів, хвороб та шкідників сільськогосподарських культур, доцільну структуру посівних площ, кращі попередники, найбільш раціональні сівозміни, перспективні сорти і гібриди сільськогосподарських культур для вирощування в конкретних господарствах, районі або певному ґрунтово-кліматичному регіоні.

Експедиційний метод застосовують також для досліджень ґрунту, для чого копають їх розрізи, описують, беруть зразки для фізико-хімічних аналізів. За допомогою геологічних бурів визначають рівень залягання ґрунтових вод, що має велике значення для вивчення гідрологічних умов полів і сівозмін. Постійно або періодично проводять такі дослідження спеціалісти наукових установ, які обслуговують певний регіон чи зону, вчені з навчальних закладів, спеціалісти керівних установ або господарств.

Для визначення ефективності того чи іншого агрозаходу при експедиційних дослідженнях визначають урожайність сільськогосподарських культур з урахуванням якості продукції. Врожайність за попередні роки береться з річних звітів господарств. Зібрані дані коригують відповідно до погодних умов за відповідні роки — температури та вологості повітря, атмосферних опадів, температури ґрунту тощо. Для детальнішого аналізу такої залежності користуються методами математичної статистики.

Дані про родючість ґрунту, вміст у ньому поживних елементів можна взяти у господарствах із книги історії полів або під час експедицій відібрати ґрунтові зразки і проаналізувати їх у хімічних лабораторіях.

Зібраний матеріал аналізують, математично обробляють і узагальнюють. Результати досліджень публікують у науковій літературі або в періодичній пресі відповідних районів та областей.

2.3. Системний підхід вирішення завдань науки

Суть системного підходу полягає у дослідженні об'єктів як екологічних систем, з її складовими частинами, внутрішніми і зовнішніми зв'язками, зведенням основних відомостей про неї в єдине ціле. Прикладом системного підходу

в науці є положення В. І. Вернадського про біосферу, в основу якої покладено новий тип складних системних об'єктів глобального масштабу — біогеоценоз. Ідеї системного підходу застосовують також у систематиці рослин, екології. Зокрема, одним з об'єктів екологічного дослідження є екосистема.

Дослідження складних систем передбачає гармонійне поєднання аналітичних і синтетичних методів вивчення структури об'єкта та його функцій. В деяких розділах сучасної біології застосовують переважно системний напрям. Це дає змогу звести в єдине ціле всі дані при розробці комплексних програм охорони природи, екології, біохімії, генетики тощо.

Для вивчення складних біологічних об'єктів за системним методом треба сконцентрувати і об'єднати не лише комплекс складних методик, а й такі методи досліджень, як описовий, порівняльний, експериментальний та історичний.

Системний підхід дає змогу більш широко пізнати реальність, розчленувати складний об'єкт на окремі частини з їх аналізом та наступним синтезом знань, забезпечити цілісність об'єкта та його зв'язків.

3. ЕЛЕМЕНТИ МЕТОДИКИ І ЇХ ВПЛИВ НА ТОЧНІСТЬ ПОЛЬОВОГО ДОСЛІДУ

Методика експерименту – це єдність ряду елементів, головними з яких є кількість варіантів у схемі досліду, площа, форма й напрямок ділянок, повторність і повторювання, методи розміщення повторювань і варіантів у досліді, методика обліків, спостережень і збирання врожаю, організація досліду в часі.

3.1. Кількість варіантів

Варіанти досліду можуть бути як *кількісними* (дози добрив, норми висіву, площі живлення тощо), так і *якісними* (різні культури або сорти, типи ґрунтів, форми добрив тощо). Підбираючи варіанти у схему досліду, дослідник додержує правила, щоб їх кількість була оптимальною для конкретної теми і умов досліду. Кількість варіантів має бути такою, щоб за вирощеними урожаєм можна було побудувати криву, форма якої була б близькою до параболи, тобто серед варіантів досліду повинні бути такі градації дослідного фактору, які б забезпечили відхилення врожаїв від оптимального в обидва боки.

Математична статистика доводить, що для побудови такої кривої необхідно мати, як мінімум 5 точок. Отже, мінімально у досліді може бути 5 варіантів. У дослідях з якісними варіантами, наприклад із сортами, їх кількість визначається наявністю районованих та перспективних сортів (їх може бути до кількох десятків). Іноді і число кількісних варіантів буває великим.

Різні групи, земельні площі за своєю родючістю мають неоднаковий ступінь строкатості у просторі. Чим більша кількість варіантів у досліді, тим більшою буде його площа, а звідси й більшим варіювання родючості ґрунту. В свою чергу, можлива строкатість родючості призводить до збільшення похибки досліду.

У схемі досліду може бути декілька контролів. Так, при вивченні сортів беруть за контроль (стандарт) не лише районований, а іноді й перспективний сорт. Їх називають груповим контролем.

У дослідах з добривами важливим контролем може бути варіант без добрив або такі дози органічних чи мінеральних добрив, на фоні яких вивчають ефективність доз окремих елементів живлення або дії їх разом. При вивченні доз пестицидів їх порівнюють з тими дозами, якими користувались у виробництві до закладання досліду, а також з варіантом без пестицидів.

Якщо ділянки з контрольними варіантами з певних причин випадають із досліду, а кількість тих, що залишились, недостатня для обчислення точних значень середніх арифметичних, то знецінюється увесь дослід. Саме тому для забезпечення точності досліду кількість контрольних ділянок беруть більшу, ніж повторність інших варіантів досліду. Якщо кількість варіантів досліду велика (кілька десятків), то на кожні 8—10 варіантів виділяють контрольні ділянки. За значної строкатості родючості ґрунту контрольні ділянки розміщують через кожні 1-2 варіанти (ямб або дактиль методи).

3.2. Площа дослідних ділянок

Як уже зазначалося, площа дослідних ділянок складається з облікової і захисної, що оточує облікову. Розміри ділянок — це, як правило, площі облікових частин, тобто без захисних смуг.

Розмір ділянок залежить від виду досліду, теми досліджень, дослідної культури, рівня механізації, форми ділянки, кількості повторності варіантів і повторювань в досліді, розміру площі досліду, варіювання родючості ґрунту тощо. У мікро дослідах площа ділянок може бути меншою за 1 м², у дрібно-ділянкових вона становить 1—10 м². Лабораторно-польові досліді проводять на ділянках площею 10—50 м², польові — від 50 до 200 м².

На розмір ділянки певною мірою впливає об'єкт досліджень. При вивченні добрив, норм і способів сівби, площ живлення, догляду за рослинами тощо розмір дослідних ділянок може бути в межах до 100 м², а при дослідженні глибини і способів обробітку ґрунту, зокрема із застосуванням потужних машин і знарядь, треба застосовувати ділянки площею більшою у декілька разів.

Розмір ділянки залежить також і від досліджуваної культури. Чим менша площа живлення рослин, а отже, чим більше рослин на одиниці земельної площі, тим меншою може бути площа дослідної ділянки. Так, особливості зернових колосових, круп'яних, зернобобових, багаторічних і однорічних трав, льону та культур, подібних ним за площею, живлення можна досліджувати на ділянках площею 20—30 м². У дослідах із соняшником, кукурудзою, картоплею та іншими просапними культурами площі дослідних ділянок становлять 75-150 м², хоча в останні роки спостерігається тенденція до її зменшення. Так, для цукрових буряків оптимальною обліковою площею в селекційних посівах України є 13,5м²(10·1,35м), а Європи навіть 10м².

Загальний розмір ділянки визначає її форма. За видовженої форми ділянки із співвідношенням 50·2 м, тобто площі 100 м², і ширині захисних смуг 1м останні займають 50+50+4+4 = 108 м² і загальний розмір ділянки становить 208 м²; за квадратної форми облікової ділянки з параметрами 10·10 м на захисні смуги припадає 20+24 = 44 м², а загальна площа ділянки становитиме 144 м², тобто буде на 64 м² меншою.

На відміну від коротких, видовжені ділянки дозволяють краще враховувати зміну родючості ґрунту, зменшити варіювання врожаю і таким чином підвищити точність дослідів.

Так як велика кількість варіантів у досліді збільшує загальну площу під дослідом, то доцільно зменшити площу дослідної ділянки; зменшення земельної площі під дослідом знівелює варіювання родючості ґрунту і підвищить точність дослідів. Проте при зменшенні площі ділянки треба забезпечити оптимальну повторність у досліді.

Суттєве значення має й ширина облікової частини дослідної ділянки, що певною мірою пов'язано із шириною ґрунтообробних, посівних та збиральних знарядь і машин.

Щоб максимально механізувати сільськогосподарські роботи, для лабораторно-польових і польових дослідів у наукових установах використовують малогабаритну техніку. Якщо у досліді не вивчаються особливості сівби, тобто за-

стосовується однаковий спосіб сівби на всій площі досліду, то робочому захвату сівалки можна не приділяти особливої уваги. В цьому випадку ширина облікової частини ділянки визначається відповідно до захвату збиральних агрегатів.

Вивчаючи питання захисту рослин, зокрема обприскування посівів, застосовують обприскувач ОПШ-15 із захватом 10,5 м (для ділянок з меншою шириною штангу можна зменшити до бажаних розмірів). Для внесення пестицидів на поверхню ґрунту можна користуватись обприскувачем ПОМ-630 із захватом від 2,8 м до 16,2 м, регулюючи ширину захвату залежно від ширини дослідної ділянки.

У дослідах механізованого збирання цукрових буряків ширина ділянки визначається захватом комбайнів КС-6, РКС-6, які збирають 6 рядків із шириною міжрядь 45 см. Отже, ширина облікової частини становитиме $0,45 \times 6 = 2,7$ м.

Довжина дослідної ділянки має бути у кілька разів більшою за її ширину, тому що, як вже зазначалось, точність досліду за видовжених ділянок завжди суттєво вища, ніж на коротких.

Щоб запобігти впливу рослин сусідніх ділянок, роблять *бічні й кінцеві захисні смуги*. Їх ширина залежить від впливу того чи іншого елементу технології, культури або навіть сорту, тому в окремих дослідах вона відповідно різна, але однакова в межах одного досліду. Максимальна ширина захисної смуги розраховується на найбільш сильнодіючий фактор (варіант) досліду. Найбільш сильно на ріст рослин впливають добрива, зрошення, обробіток ґрунту. Залежно від дії цих факторів і визначають ширину бічних захисних смуг.

У дослідах, де вивчають дію добрив, ширина бічних захисних смуг залежить від техніки внесення добрив. За умов ручного розсіювання захисні смуги мають ширину не менше 1 м, при внесенні сівалкою — 50 см, а при заорюванні органічних добрив, які можуть переміщуватися плугом на сусідні ділянки, — не менше 1,5 м.

Щоб запобігти горизонтальному переміщенню води у ґрунті або перенесенню її у повітрі при дощуванні, у дослідах із зрошенням ширину захисних смуг збільшують до 2—3 м. Широкими треба робити бічні захисні смуги у дос-

лідах з обприскуванням посівів пестицидами. Практика свідчить, що при обприскуванні посівів у безвітряну погоду оптимальна ширина захисних смуг становить 2 м.

У дослідах з обробітком ґрунту ширина захисної смуги дорівнює захвату 1-2 корпусів плуга або іншого знаряддя. Якщо ґрунт обробляють уздовж ділянок, такі самі смуги залишають і для інших знарядь, що використовують в досліді.

При вивченні норм висіву насіння і способів сівби цукрових буряків в якості захисних смуг використовують певну кількість рядків, для злакових культур, які висівають із звичайною шириною міжрядь, відводять 2-3, а при вузькорядній сівбі — 3-4 рядки.

Якщо досліджують сорти, на захисні смуги виділяють 2 рядки або під час сівби перекривають крайні сошники.

Кінцеві (поперечні) захисні смуги мають бути такими, щоб у разі необхідності на них можна було розвертати машини й знаряддя, а також провести деякі дослідження. Саме тому їх називають ще лабораторними смугами.

Якщо сівбу проводять упоперек ділянок, від облікової частини ділянки кінцеві смуги можна відокремлювати розширеними міжряддями. При сівбі уздовж ділянок кінцеві смуги відокремлюють прямолінійною доріжкою шириною 25-30 см, яку створюють сапою після появи сходів і поновлюють під час її заростання. Довжиною облікової частини дослідної ділянки є відстань між серединами двох таких доріжок, а шириною – відстань між серединами крайніх міжрядь. Мінімальна ширина кінцевих смуг у більшості дослідів становить 2 м.

Якщо ділянка має велику ширину (3-4 м при сортовивченні або 5—10 м в агротехнічних дослідях), досліди можна закладати без захисних смуг. При квадратній формі ділянки і порівняно великій її площі (100 м² і більше) або коли дослід закладають методом латинського квадрата можна також не створювати захисних смуг.

Без захисних смуг можна проводити досліди на малих за розміром ділянках, якщо метою дослідження є вивчення нових добрив, препаратів захисту

сільськогосподарських культур. Для розмежування варіантів і виконання робіт у таких дослідах залишають доріжки шириною 30 см. Захисні смуги не лише запобігають взаємовпливу на рослини різних технологічних заходів та сортів на сусідніх ділянках, а й захищають дослідні ділянки від потрапи ху-до-бою та інших пошкоджень. Біля доріг ці смуги треба робити значно ширши-ми - до 5-10 м і навіть більше.

3.3. Форма ділянок та їх орієнтація на місцевості

Форму дослідної ділянки визначає співвідношення сторін, яке може бути від 1:1 (квадратна), 1:5-6 (прямокутна) та 1:>10 (видовжена форма).

Близькою до квадратної форми використовують ділянки у дослідах, де ви-вчається питання захисту рослин від шкідників, хвороб, бур'янів з обприску-ванням посівів розчинами пестицидів, бо на вузьких ділянках вітер може зноси-ти розчин на сусідні варіанти. Крім того, з центра квадратної ділянки менше буде переселятися шкідників і переноситися хвороб, ніж з ділянок видовженої форми. Квадратна форма ділянок буде ефективнішою і в багатьох інших дос-лідах, де суміжні варіанти дуже взаємно впливають, або дослід розміщується за методом латинського квадрата.

У дослідах з прямокутними ділянками площею від 20 до 200 м² оптималь-не співвідношення довжини до ширини становить 5-10, а при більших площах ділянок — 10-20.

Ефективність застосування видовжених ділянок збільшується, якщо вони довгим боком орієнтуються вздовж основного напрямку варіювання родючості ґрунту або іншого фактору. Таке варіювання, як правило, спостерігається в на-прямі схилу, тому дослідні ділянки орієнтують від початку до кінця схилу. При цьому довжина ділянок має відповідати довжині схилу, щоб охопити всі його частини.

Земельна площа дослідів може розміщуватися біля лісосмуг, ґрунтових до-ріг, парканів. В цьому випадку дослідні ділянки треба закладати коротшим бо-ком до них, тоді кожний варіант дослідів буде розміщуватися на однаковій відс-

тані від лісосмуг, доріг чи парканів, тобто всі варіанти будуть в однакових умовах. За відношенням до панівних вітрів ділянки орієнтують довгим боком.

Слід звертати увагу на форми земельних ділянок кожного повторення, які мають бути квадратними або близькими до них. Всі повторення повинні мати однакові розміри і співвідношення боків. Це можливо, якщо відношення довжини ділянки до її ширини буде дорівнювати кількості варіантів дослідів.

3.4. Повторність і повторювання у досліді

Щоб досліді були методично достовірними і точними, їх повторюють у просторі й часі. Як уже зазначалося, *повторність у просторі* — це кількість ділянок у досліді з однаковими варіантами. *Повторність у часі* — це кількість короткотермінових дослідів у штучних умовах (у лабораторіях, теплицях, фітотронах) протягом одного року або кількох років, коли ведуться досліді в польових умовах.

Із збільшенням повторювань у просторі точність дослідів підвищується (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Залежність відносної похибки дослідів ($s_x\%$) від числа повторювань і варіювання родючості ґрунту (V)

Коефіцієнт варіювання, V	Кількість повторювань, n				
	2	4	6	8	10
6,44	4,45	3,35	2,54	22,2	2,03
7,82	5,67	4,00	3,22	2,82	2,66
8,55	6,30	4,60	3,83	3,44	2,95
15,08	11,01	7,38	6,69	5,39	5,14
26,45	28,89	14,76	11,93	10,29	9,05

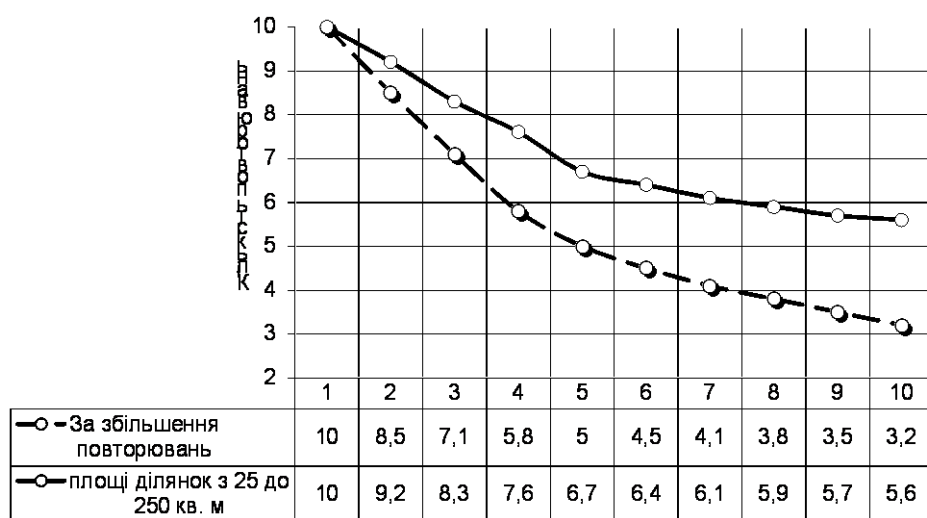
Кількість повторювань обумовлена не лише варіюванням родючості ґрунту площі, що виділена для дослідів. Тут впливають також відношення довжини й ширини ділянки. Так, довгі ділянки забезпечують вищу точність дослідів, тому кількість повторювань у такому досліді може бути меншою, ніж у досліді з коротшими ділянками.

За даними М. Ф. Деревиського (1962), однакову точність дослідів гарантують досліді з такими співвідношеннями довжини й ширини ділянок:

- видовжені у 2 рази за 6 повторювань;
- видовжені у 3 рази за 4 повторюванні;
- видовжені у 5 разів за 3 повторюванні.

Для квадратних ділянок точність дослідів гарантується при 8 повторюваннях. Отже, кількість повторювань у досліді залежить від форми ділянок. Так, за рахунок видовження їх повторювання можна зменшити до 3-4.

Кількість повторювань і розмір ділянок впливають на точність дослідів таким чином (рис. 3.1).



Точність дослідів, %
Рис. 3.1. Залежність похибки дослідів від площі ділянок та кількості повторювань (за Ремером)

При збільшенні кількості повторювань та варіантів на великих ділянках зростає похибка дослідів за рахунок збільшення площі під дослідом, що пояснюється збільшенням варіювання родючості ґрунту. Це є однією з причин, що вимагає оптимізації повторювань відповідно до умов дослідів.

У досліді, розміщених за методом латинського квадрата, повторність повинна дорівнювати кількості варіантів, а за методом латинського прямокутника

- кількість повторювань має бути кратною кількості варіантів. Так, у досліді з 12 варіантами може бути 3, 4 або 6 повторювань, а з 15 – 3 або 5.

Майже неможливо встановити шаблон при виборі кількості повторювань. У дослідях з сортовипробування зернових колосових, круп'яних, зернобобових, кукурудзи, олійних культур, конопель, тютюну, картоплі, лучних трав рекомендується мати ділянки площею 50 м² і 4-6 повторювань. Так як ці культури мають різну площу живлення, неоднакову кількість рослин на одиниці площі, то вони мають і різну точність середніх арифметичних. В окремих ґрунтово-кліматичних зонах, що характеризуються більш вирівняною родючістю ґрунту (Степ та Лісостеп), можна мати менше повторювань, ніж на Поліссі, де спостерігається більша строкатість за типом і механічним складом ґрунтів. В таких умовах повторюваність треба дещо збільшувати, а площу облікових ділянок - зменшувати.

Для визначення оптимальної кількості повторювань М. Ф. Деревиський пропонував користуватися відношенням дисперсії (s^2) до квадрата похибки ($s_{x\%}^2$): якщо $s^2 : s_{x\%}^2 = n$, то кількість повторювань є достатньою; якщо $s^2 : s_{x\%}^2 < n$, то вона вважається недостатньою.

Оптимальну кількість повторювань визначають на підставі рекогносцирувальної сівби культури на зелену масу суцільним способом. Перед збиранням площу ділять на ділянки за розмірами і формами, що й у майбутньому досліді. За рівнем врожайності зеленої маси в межах кожного повторювання визначають коефіцієнт варіювання родючості ґрунту і за найбільшим його значенням розраховують майбутню повторюваність за формулою:

$$n = \left(\frac{V}{s_{x\%}} \right)^2,$$

де n — оптимальна повторність; V — найбільший коефіцієнт варіації врожайності зеленої маси; $s_{x\%}^2$ — відносна похибка дослідів, вище якої проведення дослідів є небажаним.

Повторність у часі - це кількість короткотермінових лабораторних дослідів протягом року або кількість років досліджень у полі, виконаних за однаковою програмою і методикою. Оскільки у лабораторних дослідах варіювання умов незначне, повторюваність у часі може бути мінімальною — 2-3. Повторюваність у часі для польових дослідів (кількість років досліджень) визначається кількістю років з різними погодними умовами за період від початку до закінчення досліджень - 3-5, а іноді й більше років.

3.5. Метод розміщення варіантів та повторень на площі

Це чергування варіантів і повторювань на дослідній ділянці залежно від завдань та конкретних умов – форми земельної площі, строкатості родючості ґрунту, напрямку схилу тощо. Методи розміщення наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Методи розміщення варіантів

Метод	Вид	Суть	Метод має	
			переваги	недоліки
Стандартний	Ямб	Контрольний і дослідний варіанти чергуються між собою через ділянку	Висока точність порівняння	Потрібна велика площа
	Дактиль	Контрольний і дослідний варіанти чергуються між собою через дві ділянки		
	Парний	Порівнюються різні пари варіантів		
Систематичний	Багато рядний	Порівнюються всі варіанти і повторювання разом	У порівнянні з рендомізованим розміщенням більш простий за розміщенням варіантів	У порівнянні з рендомізованим розміщенням суттєво поступається точністю дослідів
	Одно ярусний			
	Багато ярусний	Теж, що й вище; за повторюваннями в кожному ярусі зміщення варіантів		

Рендомізований	За повторюваннями	Зміщення в межах повторювання	Висока інформативність і точність	Великі труднощі при закладанні та виконанні
	Повністю	Зміщення в межах повторення і повторювань		
	Латинський квадрат	Кількість варіантів дорівнює кількості повторювань; кожен варіант зустрічається тільки раз в стрічці й стовпці		
	Латинський прямокутник	Кількість варіантів і кількість повторювань мають кратне число; кожен варіант зустрічається тільки раз в блоці повторювання		
	Розщеплені ділянки	Ділянки дробляться відповідно до факторів (А, В, С)		
	Змішування	Ділянки дробляться відповідно до факторів В і С у межах фактору А		

ПРИКЛАДИ МЕТОДІВ РОЗМІЩЕННЯ ВАРІАНТІВ У ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДАХ

Стандартні методи розміщення варіантів наведені на рис. 3.2.

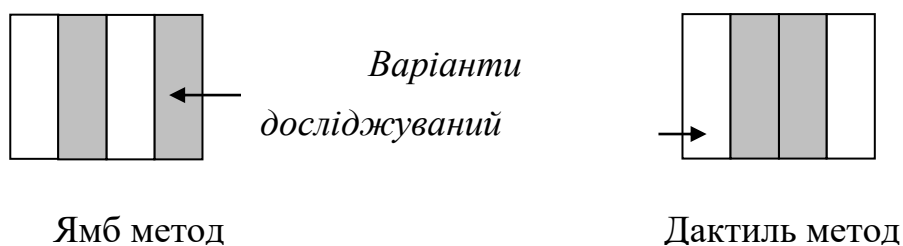


Рис. 3.2. Стандартний метод розміщення варіан-

Систематичне розміщення варіантів передбачає застосування певної системи. Для досліду з п'яти варіантів розміщення має послідовність 1, 2, 3, 4, 5; якщо повторювання йдуть в одну смугу, то така ж схема буде і в інших повторюваннях (рис. 3.3).

<i>I повторення</i>					<i>II повторення</i>					<i>III повторення</i>				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Рис. 3.3. Послідовне систематичне розміщення

5 варіантів у блоці у три

1	2	3	4
---	---	---	---

повторювання

При розміщуванні

повторювань у дві або

більше смуг в наступному ярусі треба робити зміщення варіантів, яке розраховується за формулою:

$$\text{Зміщення варіантів} = \text{Кількість варіантів} / \text{Кількість смуг.}$$

В цьому ж досліді з п'яти варіантів і чотирьох повторювань при розміщенні III і IV повторювань у другому ярусі проти I повторювання йде третє із зміщенням ділянок на 3 варіанти ($5/2 = 2,5 \approx 3$). Отже, якщо в першому повторенні послідовність варіантів буде 1, 2, 3, 4, 5, то в другому відповідно 4, 5, 1, 2, 3.

Більш прогресивним розміщення варіантів є метод змішування (рис. 3.4)

	1	2	3	4	
<i>I</i>	001	111	011	101	<i>II</i>
	100	010	000	110	
<i>III</i>	101	000	111	100	<i>IV</i>
	110	011	001	010	
	5	6	7	8	

Рис. 3.4. Розміщення 8 варіантів, що закладаються методом змішування у два блоки і чотири повторювання

Ще більш сучасним розміщенням варіантів у досліді є за *рендомізованим методом* – за волею жеребка або випадкових чисел. Саме цей метод найкраще відповідає методу дисперсійного аналізу результатів досліджень.

Рендомізований метод передбачає застосування певних стандартних видів (латинського квадрату або прямокутника, рис. 3.5-3.7).

2	3	4	1
3	4	1	2
4	1	2	3

Рис.3.5. Латинський квадрат 4х4
(кількість варіантів дорівнює кількості повторювань,
в кожній стрічці і кожному стовпчику є всі варіанти схеми дослідів)

I	3	13	12	14	11	2	1	5	15	6	7	9	4	10	8
II	9	10	4	8	7	13	14	3	12	11	5	6	1	15	2
III	1	5	6	15	2	8	7	4	9	10	14	12	3	13	11
	I					II					III				

Рис. 3.6. Латинський прямокутник з 15 варіантів (3х3х5)
(кількість варіантів кратна кількості повторювань, розміщення всіх
варіантів проводиться у межах кожної стрічки і кожного окремого блоку)

		блоки											
		I			II			III			IV		
стрічки	I	4	9	11	1	7	2	8	12	10	6	3	5
	II	1	5	2	6	10	12	4	3	7	11	9	8
	III	12	6	8	3	4	9	1	5	11	2	7	10
	IV	3	7	10	5	8	11	9	2	6	4	1	12

Рис. 3.7. Рандомізоване розміщення варіантів за методом
латинського прямокутника (12 варіантів, чотири повторювання)

Метод розщеплених ділянок використовується в багатофакторних дослід-
дах. Головні ефекти, скажімо три факторного дослід-у, досліджуються таким
чином: варіанти фактору А розміщуються по горизонталі, фактору В – по вер-
тикалі, а фактору С – в межах фактору В (по горизонталі або вертикалі, рис.
3.8).



Рис. 3.8. Блок польового дослід-у, що закладено
за методом розщеплених ділянок

Методи обліку врожаю. *Польові дослід-и збирають суцільно кожну діля-
нку або методом пробних снопів. Метод пробних снопів або площадок засто-
совують тоді, коли немає можливості провести облік врожаю суцільним ме-
тодом.*

Організація дослід-у в часі. Якщо дослід-у проводиться на дослідному полі
в спеціальній сівоzmіні, то його розміщують відповідно до прийнятої схеми
чергування культур. Це стосується й стаціонарних дослід-ів.

Площі під тимчасові дослід-и готують заздалегідь.

4. КЛАСИФІКАЦІЯ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДІВ

В агрономії досліді об'єднують у дві групи — *сортівипробування і агро-технічні*. В перших дається оцінка генетичної основи нового сорту або гібриду в певних екологічних умовах регіону, а в других — оцінка певного елементу або технології в цілому із застосуванням районованих в зоні сортів і гібридів.

Такий поділ досить умовний, тому що після районування ЧС гібриду наступним етапом досліджень є розробка для нього сортової агротехніки.

4.1. Загальна класифікація польових дослідів

Польові досліді за зручністю проведення класифікують так: 1) за місцем проведення; 2) за тривалістю; 3) за кількістю факторів; 4) за географічним охопленням об'єктів досліджень.

Досліді за місцем проведення. Розрізняють досліді, які проводять у наукових установах або навчальних закладах, та досліді у виробництві (виробничі).

Досліді в наукових установах або навчальних закладах поділяють на дрібно ділянкові, лабораторно-польовій польові.

Досліді у виробництві поділяють на досліді-проби, точні порівняльні досліді, з обліку ефективності нових агрозаходів, демонстраційні та виробничі.

Дрібно ділянкові досліді проводять на дослідних ділянках площею до 10 м², лабораторно-польові — 11—50 і польові — від 50 до 200 м² і більше.

Досліді-проби закладають на виробничих посівах, де виділяють смуги шириною на один прохід жатки або комбайна (довжина ділянки у 5—10 разів більша за ширину).

У *точних порівняльних дослідях* ширина ділянки з культурами суцільного способу сівби становить 8—16, з просапними — 5—10 м. Загальна площа дослідних ділянок становить від 500 до 2000 м². Як правило, ширина ділянки має бути кратною ширині ґрунтообробних, посівних або збиральних агрегатів (щоб механізувати найбільш трудомісткі процеси).

Для дослідів з обліку ефективності нових агрозаходів у виробництві виділяють контрольні смуги, ширина яких має відповідати ширині збирального агрегату, а довжина — довжині гонів. Загальна площа цих смуг — до 3 га.

Площа дослідних ділянок *демонстраційних дослідів* у 2 рази більша, ніж польових у наукових установах (200-400 м²). Це необхідно для максимальної механізації виробничих процесів.

Виробничі дослід проводять на всій площі сівозміни рілних бригад, окремих господарств або їх групи і навіть цілого адміністративного району.

Поділ польових дослідів за тривалістю їх проведення. Розрізняють *розвідувальні, коротко часові, багаторічні і тривалі дослід*.

Розвідувальні (тимчасові) дослід проводять протягом 1-2 років з метою виявлення тих агрозаходів чи сортів рослин, що треба вивчати.

Тривалість *коротко часових дослідів* — 3-10 років. Коротко часовими є також дослід, які проводять студенти для написання дипломних робіт або аспіранти під час виконання дисертаційної роботи.

Багаторічні дослід проводять 11—50 років у наукових установах або вищих навчальних закладах у спеціально відведених стаціонарах.

Тривалі дослід ведуть понад 50 років в окремих наукових установах і ґрунтово-кліматичних зонах.

Поділ польових дослідів за кількістю факторів, що вивчаються. Фактор — це сорт, гібрид або елемент технології, яким дослідник діє на рослини. Дослід бувають *одно факторними і багатofакторними*. Якщо вивчається вплив одного фактору, то дослід одно факторний, а кількох - багатofакторний.

Поділ дослідів за географічним охопленням наукових установ, де вони проводяться. За цією ознакою розрізняють географічні й поодинокі дослід.

Географічні дослід проводять у різних ґрунтово-кліматичних зонах за єдиною методикою, розробленою координаційним науковим центром. Ці центри координують дослідження, приймають звіти, узагальнюють результати дослідів і дають рекомендації. Прикладами таких дослідів у системі Інституту цу-

крових буряків є екологічні за *програмою бетайнтеркрос* та за *програмою координаційного наукового центру з апробації завершених розробок*.

Поодинокі дослід можна проводити також у різних місцях, але не за єдиною схемою. Більш цінними є географічні, що охоплюють різні ґрунтово-кліматичні зони країни.

4.2 Класифікація дослідів за вирішенням конкретних завдань

Дрібноділянкові дослід використовують для вивчення глибини загортання насіння, площі живлення, норми висіву, пошарового або локального внесення добрив тощо. В таких дослідях починають перевіряти нові гербіциди, інсектициди, фунгіциди, дози добрив чи пестицидів, які пригнічують ріст рослин або спричиняють їх загибель.

Переміщення препаратів чи добрив у ґрунті після дощів або поливу краще вивчати в дослідях, закладених на дрібних ділянках. Якщо кількість нових добрив, пестицидів або насіння нового сорту чи гібрида обмежена і їх не вистачає для великих площ, застосовують ділянки малого розміру. Співвідношення боків таких ділянок може бути 1х2 м, 1х4, 2х2, 2х4, 2х5 м. Оскільки їх розміри незначні, захисні смуги не виділяють, а створюють лише доріжки для огляду дослідних варіантів та проведення обліків і спостережень.

Якщо вивчається дуже вузьке питання, кількість варіантів у дослідях може бути обмеженою й великою, коли, наприклад, треба порівняти багато сортів цукрових буряків.

Повторність у дрібно ділянкових дослідях може бути мінімальною (3) і максимальною (до 8 й більше). Як правило, чим менша площа дослідної ділянки, тим більша повторюваність дослідів.

Лабораторно-польові дослід є першим або другим етапом польових досліджень. Виявивши кращі варіанти у дрібно ділянкових дослідях, дослідник перевіряє їх у лабораторно-польових експериментах. Основна мета лабораторно-польових дослідів — виявити взаємозв'язок між рослиною і середовищем. Характерною особливістю цих досліджень є те, що в них, крім чисельних облі-

ків і спостережень у полі, проводять всебічні лабораторні дослідження — аналізи рослин, ґрунту. Ці аналізи дають змогу повніше виявити зв'язки між дослідними рослинами та умовами їх вирощування.

Більшість лабораторно-польових дослідів є багатофакторними (кількість варіантів у них може становити 20—30 і більше).

Оскільки площа дослідних ділянок від 11 до 50 м², повторюваність в досліді збільшують до п'яти або шести.

Польові дослід. Основне завдання їх — вивчити дію факторів життя і елементів технології вирощування на врожайність і якість продукції. Головним тут є виявлення не лише кращих варіантів, а й причин, що вплинули на підвищення чи зниження врожаю або його якості.

Польові дослід в умовах, близьких до виробничих, проводять з максимально можливим використанням засобів механізації, тому площі дослідних ділянок і їх захисні смуги мають бути такими, щоб можна було використати необхідні сільськогосподарські машини й знаряддя. Для культур з малою площею живлення рослин (однолітні та багаторічні трави, злакові зернові та ін.) використовують ділянки площею 50-100 м², для просапних — до 200 м². Слід зазначити, що в конкретних умовах і залежно від мети дослідів розмір дослідних ділянок у польових дослідів може збільшуватись або зменшуватись.

Повторюваність в польових дослідів, як правило, чотири або п'ятикратна. Вона може бути й більшою, якщо родючість ґрунту сильно строката.

В польових дослідів планують 9-12 варіантів. Якщо їх більше, то схему дослідів розбивають на ряд блоків або серій, в яких вводять додаткові контролі. Одним з основних завдань польових дослідів є виявлення кращих варіантів, які можна рекомендувати для впровадження у виробництво.

Досліди-проби проводять у виробництві і основним завданням їх є виявлення агрозаходів, які можна було б використати для вдосконалення технології вирощування певних культур, посилення їх росту, підвищення врожаю або якості продукції безпосередньо на виробничих посівах.

Кращі варіанти дослідів-проб можна додатково вивчити у *точних порівняльних дослідях*, їх проводять відповідно до методики польових дослідів. Розміри дослідних ділянок у них значно більші. Елементи технології в досліді мають бути повністю механізованими.

Ці досліді проводять з метою розробки диференційованої агротехніки, випробування нових технологій, рекомендованих науковими установами чи навчальними закладами. Основна увага тут приділяється обліку врожаю, визначенню якості, економічній та енергетичній оцінці нової технології порівняно до існуючої.

У точних порівняльних дослідях вивчають близько 4 кращих варіантів і не менш як у три або чотирикратній повторюваності. Якщо площа дослідних ділянок становить 2000 м², то за чотирьох варіантах і чотириразовій повторюваності у досліді буде 16 ділянок, а загальна площа його становитиме 3,2 га. Площа ділянок може бути і мінімальною (близько 500 м²), тоді дослід займатиме 1 гектар.

Досліди для обліку господарської ефективності нових агрозаходів або технологій використовують з метою перевірки їх у виробництві після рекомендацій їх до впровадження науковими установами. Другою важливою метою цих дослідів є вдосконалення рекомендацій до конкретних умов виробництва — ґрунтового середовища, культури землеробства, рівня механізації тощо. Для цього на полі, де впроваджують новий агрозахід або нову технологію, у різних місцях виділяють 3-4 контрольні смуги шириною, що є кратною захвату збирального агрегату. Ці смуги є повтореннями і повинні характеризувати родючість поля. На контрольних смугах новий захід чи технологію не застосовують.

Біля кожної контрольної смуги виділяють дослідні. На них, як і на всьому полі, застосовують агрозахід або технологію, господарську ефективність яких досліджують. Розміри контрольних і дослідних смуг мають бути однаковими (з однаковою шириною і довжиною), щоб можна було об'єктивно порівнювати врожайність культур та затрати на вирощування врожаю. Кількість контроль-

них і дослідних смуг також однакова, а їх ширина береться кратною ширині захвату комбайну чи жатки.

Врожай у цих дослідях починають збирати з контрольних смуг, потім переходять на дослідних і в останню чергу — решту поля. Економічну й енергетичну ефективність від впровадження нового агрозаходу чи технології визначають за показниками затрат праці, засобів виробництва, вартості додаткового врожаю, чистого прибутку, рівня рентабельності, коефіцієнтом енергетичної ефективності.

Демонстраційні дослід проводять для пропаганди досягнень науки та передового досвіду. Їх ще називають показовими і закладають у передових господарствах, щоб наочно довести переваги нових технологій чи сортів у конкретних умовах району, а також на опорних пунктах і базах науково-дослідних господарств.

У демонстраційних дослідях вивчають агрозаходи й сорти, які виявилися більш ефективними у польових дослідях. Оскільки ці досліді призначені для демонстрації спеціалістам певного району, на них роблять дороги й доріжки для проходу груп людей під час екскурсії. На кожній дослідній ділянці розміщують етикетки, де зазначають номер повторення і зміст варіанта. Збоку встановлюють стенд, на якому подають схему досліді та його схематичний план. На базі господарств, де проводять демонстраційні досліді, організовують семінари із спеціалістами та керівниками інших господарств.

Методика проведення демонстраційних дослідів аналогічна методиці польових дослідів, які проводять у наукових установах. Повну механізацію вирощування дослідних культур забезпечують тими машинами і знаряддями, що використовують у виробництвах; розмір дослідних ділянок тут може бути дещо більшим.

Виробничі досліді — це комплексне науково поставлене дослідження, метою якого є вивчення не окремих елементів агротехніки, а систем технологій, організаційно-господарських заходів. Такі досліді, як уже зазначалося, проводять на території бригад, окремих господарств і навіть груп господарств.

Виробничі досліді, як правило, закладають у передових господарствах з певною спеціалізацією, де впроваджують нові технології вирощування культур. У цих же дослідіах вивчають економічну ефективність впроваджуваних технологій і систем землеробства.

4.3 Вимоги до побудови польового дослідіу

Досліді набувають наукову і практичну цінність тоді, якщо повністю відповідають таким вимогам:

- єдиної відміни між варіантами,
- доцільності,
- типовості,
- придатності умов для виконання дослідіу,
- можливості відтворення результатів дослідіжень за ідентичних умов і методики,
- можливості у разі необхідності проведення додаткових контролів і варіантів,
- проведення дослідіжень на районованих та перспективних сортах і гібридах,
- проведення супутніх обліків і спостережень,
- наявності необхідної документації,
- визначення достовірності й точності дослідіу,
- визначення взаємозалежності та взаємозумовленості спостережень.

Принцип єдиної відміни. Цього принципу дотримуються при побудові схеми дослідіу, виконанні елементів технології тощо. Суть його в тому, що кожен варіант схеми дослідіу може різнитися тільки за однією ознакою, тобто дослідіник може змінювати лише фактор, що вивчається, за умови незмінності інших умов дослідіу. Наприклад, у дослідіі вивчається продуктивність ЧС гібридів цукрових буряків з густотою рослин 60, 80, 100 і 120 тис. шт./га. За принципом єдиної логічної відміни у дослідіі змінюють лише густоту посівів, всі ж інші умови технології вирощування (попередник, удобрення, обробіток ґрунту,

строки, глибина і спосіб сівби, догляд за посівами, метод збирання) мають бути однаковими. Лише за таких умов можна дослідити, яка густота посіву певного гібриду у конкретній ґрунтово-кліматичній зоні є найбільш оптимальною.

Якщо вивчають переваги нової технології вирощування культури, то у досліді змінюють лише ті її елементи, які характерні для нової технології, а всі інші залишають без змін. Проте нові технології або їх елементи можна вивчати з використанням не одного, а кількох гібридів. У такому разі дослід стає багатofакторним.

Правило доцільності. Серед ЧС гібридів цукрових буряків є ранньостиглі й пізньостиглі. Переваги пізньостиглого гібриду краще проявляється за меншою густотою рослин, тому сіяти ранньостиглі й пізньостиглі гібриди з однаковою густотою є порушенням правила доцільності.

Менші норми висіву озимої пшениці застосовують на родючих і краще забезпечених вологою ґрунтах. Норми висіву диференціюють також залежно від висоти рослин: напівкарликові сорти висівають з розрахунку 5,5-6 млн. схожих зерен /га, середньої висоти — 4,5-5, а середньо високі — 4-4,5 млн. схожих зерен / га.

Відповідно до правила доцільності боротьбу з хворобами рослин проводять лише у варіантах досліді, де поширені хвороби. Якщо серед певних сортів чи в окремих варіантах досліді хвороб немає, застосовувати фунгіциди не доцільно.

Типовість досліді. Відповідно до цієї вимоги дослід необхідно проводити у таких умовах, які б відповідали природній зоні, ґрунтам, особливостям культури й сорту, рівню механізації процесів обробітку ґрунту, залягання ґрунтових вод, організаційно-економічним умовам тощо.

Для кожної ґрунтово-кліматичної зони досліді проводять у типових сівозмінах. Це стосується також використання районованих і перспективними сортів і гібридів

Під час досліджень необхідно також урахувати типовість погоди. Це означає, що в більшості років досліджень кількість і рівномірність атмосферних

опадів, температура і вологість повітря, їх коливання повинні бути близькими до багаторічної норми. Лише за таких умов можна зробити об'єктивні висновки щодо дії досліджуваного фактору.

Системи обробітку ґрунту, удобрення, норми висіву, строки сівби та глибина загортання насіння мають бути також типовими для певного регіону, узгоджуватися з особливостями ґрунту, підґрунтя, схилів тощо. Однак рівень агротехніки у досліді не завжди повинен бути таким, як у більшості господарств району чи області, оскільки не скрізь додержують рекомендацій наукових установ. Технологія вирощування культур у досліді має бути перспективною, орієнтованою на постійне підвищення родючості ґрунту.

Як правило, досліді проводять на типових, окультурених ґрунтах, які займають найбільші площі в зоні. Типовими мають бути також підґрунтя (материнська порода), рівень залягання ґрунтових вод, крутизна схилу тощо. У досліді використовують такі ґрунтообробні машини, посівні та збиральні агрегати та інші знаряддя, які є у передових господарствах.

Отже, типовість досліді — одна з основних умов, порушення якої знецінює дослід і призводить до того, що його результати не можуть бути рекомендованими для виробництва.

Однак слід зазначити, що не всі типові умови можуть бути придатними для успішного проведення досліді.

Придатність умов для досліді. Наприклад, планується провести дослід з вивчення мінеральних добрив для підживлення цукрових буряків дозами від 30 до 150 кг/га діючої речовини. Площа досліді має типовий ґрунт, підґрунтя, рівень ґрунтових вод, але за рік до проведення досліді на всій площі було внесено повне мінеральне добриво у нормі 180 кг/га діючої речовини. Саме це є причиною вважати площу непридатною для досліді, тому що на фоні високої попередньо внесеної норми добрив не можна дослідити дію значно нижчих доз на рослини такою мірою, як це могло б бути на нижчому фоні удобрення.

Непридатною для вивчення дії проти злакових гербіцидів буде площа, коли злакові бур'яни на цьому полі мало поширені. На посівах сортів сільськогос-

подарських культур, що є стійкими до певних хвороб, не доцільно вивчати ефективність фунгіцидів та їх доз. Саме тому, щоб провести дослід на належному методичному рівні, треба завжди дотримувати правила придатності всіх умов для дослідів.

Відтворюваність результатів дослідів. За цією вимогою другий дослідник або виробничник, виконуючи дослід за зазначеною методикою і в ідентичних умовах, має одержати результати, аналогічні попередньому досліді. Таке відтворення результатів надзвичайно важливе, насамперед, для перевірки достовірності одержаних раніше даних, впровадження кращих варіантів дослідів у виробництво.

Щоб дослід можна було відтворювати в аналогічних умовах, дослідник повинен детально описувати як методику, так і умови проведення експерименту. Такими умовами є місце проведення дослідів (населений пункт, район, область), ґрунтові умови (тип ґрунту, його механічний склад, хімічні властивості, рівень залягання ґрунтових вод, експозиція та крутизна схилу), особливості попередників та перед попередників, досліджуваної культури та сортів, суть технології вирощування, назва машин і знарядь для механізації, специфічні особливості проведення дослідів та ін.

Для відтворення результатів експерименту в наукових установах важливим елементом є методика досліджень — схема дослідів і контроль, розмір дослідної ділянки й ширина захисних смуг, повторність, метод розміщення варіантів, методика обліків і спостережень, строки виконання робіт тощо.

Дослід повинен відтворюватися не лише у просторі, а й в часі. Проте у роки з неоднаковими погодними умовами, особливо контрастними за кількістю і особливостями випадання атмосферних опадів, температурою і вологістю повітря, варіанти дослідів за врожайністю і якістю продукції можуть мінятися місцями. Водночас ці зміни можна і необхідно буде пояснити змінами погоди.

Введення додаткових варіантів і контролів. У дослідженнях з вивчення дії органічних та мінеральних добрив для побудови схеми дослідів добрива беруть у нормах, що застосовуються в господарстві. Найчастіше це повне міне-

ральне добриво дозою 60 або 90 кг/га діючої речовини, а гній — 20-30 т/га. При цьому не враховують вміст поживних елементів та їх співвідношення у гною. За результатами такого порівняння не можна дати відповідь, які добрива найбільш ефективні. У схемі досліду має бути ще один варіант мінеральних добрив у дозах, що еквівалентні вмісту цих елементів у гної. Оскільки вміст поживних елементів у різних органічних добривах неоднаковий, у гної, що планують вносити, визначають вміст елементів живлення і розраховують додатковий варіант.

Досліджуючи ефективність добавок мікроелементів до звичайних добрив, наприклад, до суперфосфату марганцю, дослід планують без суперфосфату або з марганізованим суперфосфатом. Щоб визначити ефективність дії марганізованого суперфосфату, необхідно ввести ще один варіант досліду — із суперфосфатом звичайним. Так само, щоб визначити дію марганцю, можна його внести ще й окремо у дозі, яку додають до суперфосфату. Тоді у схемі досліду буде чотири варіанти. Аналогічно складають схеми дослідів з вивчення нових форм добрив.

У дослідах, де вивчають питання підживлення просапних культур під час міжрядного розпушування ґрунту, до варіантів досліду (без підживлення і з підживленням) включають варіант з міжрядним обробітком ґрунту, але без добрив. Якщо у досліді цей варіант не передбачений, то не можна виявити, який фактор діє — підживлення чи розпушування ґрунту. Вивчаючи позакореневе підживлення у розчинах, до варіантів без підживлення та з підживленням доцільно включити варіант обприскування посіву чистою водою.

Чи у всіх дослідях з добривами треба мати абсолютний контроль, тобто без добрив? Наприклад, якщо вивчають дози добрив або співвідношення елементів живлення, за контроль, як правило, беруть один з варіантів, який у господарстві, де буде проведений дослід, є найефективніший. Зрозуміло, що варіант без добрив не завжди буде ефективним. Проте є дослід з добривами, де абсолютний контроль обов'язковий. Такими є дослід з добривами, де абсолютний контроль обов'язковий. Такими є дослід з добривами, де абсолютний контроль обов'язковий.

Введення абсолютних контролів обов'язкове у дослідях, де вивчають дію фунгіцидів, інсектицидів та інших препаратів захисту рослин. Це пояснюється тим, що необхідно обґрунтувати доцільність застосування тих чи інших пестицидів проти конкретних хвороб чи шкідників, що виявляється саме в абсолютних контролях.

Досліджуючи питання протруєння насіння перед сівбою певними препаратами, у схему досліду вводять такі варіанти: 1) без протруєння; 2) з протруєнням; 3) із замочуванням водою. Останній варіант включають для того, щоб розрізнити дію води й пестициду.

Проведення досліджень на районованих і перспективних сортах. Усі дослідження рекомендується проводити, як правило, з районованими сортами для певної ґрунтово-кліматичної зони і навіть для певних умов господарства — попередників, родючості ґрунту тощо. Враховуючи необхідність проведення досліджень у різні за погодними умовами роки, їх тривалість може становити 3-5 років, а в дослідях з багатопільними сівозмінами кількість років відповідає кількості полів у сівозміні. Як уже зазначалося, за тривалий період досліджень деякі районовані сорти можуть замінюватись новими, більш перспективними за багатьма показниками — врожайністю, якістю продукції, стійкістю проти хвороб і шкідників, а також до несприятливих погодних умов тощо. Тому висновки, зроблені відносно знятих з районування сортів, виявляться малопридатними для виробництва. Щоб запобігти цьому, досліджувати треба перспективні сорти. Не можна досліджувати сорти, які на час закладання досліду були зняті з районування.

Обліки й спостереження. Врожайність і якість продукції дозволяє виявити кращі та гірші варіанти досліду порівняно з контролем. Проте у дослідях виникає питання про причини його підвищення чи зниження, що не можна визначити без супутніх спостережень. Саме тому одночасно з основними треба здійснювати у дослідях супутні обліки й спостереження.

Досліджуючи питання про дози, строки, способи внесення добрив, співвідношення в них поживних елементів, види та форми добрив, крім основних по-

казників ефективності, слід вивчати вміст поживних елементів у ґрунті, їх форми та доступність для досліджуваної культури, вміст поживних речовин в основній і побічній продукції.

В порівняльних дослідженнях попередників беруть до уваги забур'яненість посівів, засміченість ґрунту насінням бур'янів на різній глибині орного шару, наявність кореневих паростків та кореневищ злісних бур'янів, поширення хвороб, пошкодження рослин шкідниками, вологість ґрунту, його поживний режим тощо.

При вивченні заходів боротьби з бур'янами слід проводити такі супутні обліки і спостереження, як визначення кількості бур'янів у посівах та їх насіння у ґрунті окремо по видах і біологічних групах, глибини залягання їх насіння та схожість, наявність схожого насіння в органічних добривах, які вносять на дослідних ділянках. При застосуванні хімічних препаратів для боротьби з бур'янами досліджують вміст відповідних пестицидів у рослинній продукції та у ґрунті, їх токсичність для людей і тварин.

При вивченні строків, способів і глибини обробітку ґрунту, крім урожайності, структури врожаю і якості продукції, спостерігають за вологістю ґрунту, його водопроникністю, щільністю тощо.

У дослідках, де вивчають роль зрошення культур (норми, строки і способи), спостерігають за динамікою вологості ґрунту, особливостями проходження фаз росту і розвитку рослин, густотою посівів, приростом надземної маси, поширення у ґрунті кореневої системи тощо.

Досліджуючи сорти й гібриди, проводять фенологічні спостереження і обліковують такі показники: стійкість до ураження хворобами, пошкодження шкідниками, посухо й жаростійкість тощо.

Ведення документації дослідів. Всю наукову документацію ведуть із дотриманням певних правил (своєчасність ведення записів, повнота відомостей про дослід, однотипність записів протягом вегетаційного періоду та по роках, достовірність даних).

Документація складається з первинної й додаткової. До первинної документації належать *щоденник, польовий журнал дослідів і звіт* про науково-дослідну роботу. Додатковою документацією є лабораторний журнал, робочий зошит, таблиці, різні форми для аналізів, стрічки приладів-самописів тощо.

Протягом вегетаційного періоду у щоденнику записують такі дані: місце проведення дослідів (область, район, господарство, сівозміна, номер поля); схематичний план дослідів, повторність, розмір дослідної ділянки, ширина захисних смуг; умови проведення дослідів (грунт, рельєф, попередники, строки і норми внесення добрив, норма висіву насіння, його якість, строки сівби, стан сходів); догляд за посівами і методика обліків та спостережень (фіксуються порушення методики та технології вирощування); причини зрідження посівів чи їх знищення шкідниками; дані фенологічних спостережень; результати обліків ураження і пошкодження рослин хворобами і шкідниками; облік виключок, врожайності та результати аналізів якості продукції; дані фізичних та хімічних аналізів ґрунту; аналіз результатів досліджень методами математичної статистики; результати економічної й енергетичної оцінки ефективності агротехнічних заходів чи сортів.

Зміст щоденника може змінюватись залежно від мети та досліджуваної культури. Наприклад, при вивченні зернових колосових культур, кукурудзи, цукрових буряків, соняшнику у щоденнику записують спостереження, що є типовими лише для цих культур, тому їх перелік і форми таблиць для запису суттєво різняться.

Польовий журнал ведеться в лабораторії. За програмою досліджень в ньому подається:

- гриф установи та назва дослідів,
- робоча гіпотеза або кілька конкуруючих;
- наукове обґрунтування теми;
- методи досліджень;
- схема дослідів з виділеними контролями, розміри дослідних ділянок та ширина захисних смуг; повторність та розміщення варіантів;

– програма основних обліків та спостережень, методика відбирання зразків, строки їх проведення.

У польовий журнал переносять із щоденника результати всіх обліків і спостережень.

Робочу програму складають на весь період проведення дослідів, тобто на кілька років, а наукову роботу планують щороку. Основним розділом плану є календарний план, у якому в хронологічному порядку зазначають усі види робіт і строки їх проведення в досліді.

Допоміжною документацією плану є журнали з розробленими формами таблиць для окремих аналізів: визначення фізичних та хімічних властивостей ґрунту, хімічного складу рослин, дегустаційної оцінки продукції тощо.

Головними документами наукової роботи установи, підрозділу або окремого науковця є *річний звіт* про науково-дослідну роботу та *підсумковий звіт* про багаторічну роботу після завершення виконання теми. Звіти оформляються за певним державним стандартом. У звітах за варіантами дослідів подають тільки значення середніх арифметичних показників, а в додатках — дані за повторюваннями з відповідним аналізом. Головним розділом звіту є висновки та пропозиції виробництву. Для впровадження у виробництво кращих варіантів складають спеціальні акти. За результатами наукових досліджень пишуть статті й реферати (короткий зміст статті), дисертації та автореферати на них.

Достовірності дослідів за суттю й точністю. Достовірність дослідів визначають шляхом порівняння розрахункового критерію Фішера з теоретичним. Якщо розрахунковий критерій більший за теоретичний, роблять висновок про статистичну достовірність усього дослідів. Це означає, що між деякими середніми арифметичними окремих варіантів дослідів є достовірна різниця. Для оцінки різниць між варіантами розраховують найменшу істотну (достовірну, суттєву) різницю *-HIP*. Якщо різниця між середніми арифметичними варіантами буде більшою або дорівнювати *HIP*, роблять висновок про достовірність різниць на певних рівнях імовірності або значущості.

Іноді в наукових роботах дослідники обмежуються лише розрахунками НІР і не наводять значення відносних похибок, відсутність яких не дає змоги зробити висновок про точність проведеного дослід. Слід зазначити, що точність дослід є одним з основних показників якості дослідної роботи, починаючи від вирівнювання родючості ґрунту земельної площі під дослід, добору вирівняного посівного матеріалу і закінчуючи однаковим доглядом за рослинами та збиранням урожаю. Отже, розрахунок значення відносних похибок у досліді дає змогу мати уявлення про їх точність.

Сучасні статистичні комп'ютерні програми “Statistica-6”, “SPSS-13” оцінку джерел варіації видають за показником p -критерію: якщо він буде $< 0,05$, то відхилення в досліді є достовірними на 5%-ному рівні значущості.

Необхідність виявлення залежностей між окремими показниками дослід. Об'єкти досліджень — ґрунт, рослини, їх органи тощо — взаємопов'язані і залежать від комплексу умов навколишнього середовища. Ці зв'язки дуже різноманітні. Вони можуть бути прямими і оберненими, істотними і неістотними, закономірними і випадковими, постійними і тимчасовими, сильними і слабкими.

Найбільш складними є зв'язки біологічних об'єктів, зокрема залежність рослин від умов середовища. Цими умовами є атмосферні опади, температура і вологість повітря, кількість сонячних і хмарних днів, тривалість дня і ночі, які впливають на ріст і розвиток рослин, їх стійкість проти хвороб і шкідників, формування врожаю тощо. Умовами середовища є також ґрунт — його тип, будова, рН, вміст вологи чи поживних елементів, їх доступність для рослин та інші, що також впливає на фізіологічні процеси у рослинах і, як наслідок, на врожайність.

Складні зв'язки існують між структурними елементами погоди, ґрунту та роботою окремих органів рослин. Існують залежності між кореневою та надземною частинами рослин, між інтенсивністю цвітіння і врожайністю культур, вмістом поживних елементів та біологічно активних речовин у рослині.

Виявити подібні зв'язки звичайним логічним аналізом без застосування методів математичної статистики майже неможливо (скажімо, коефіцієнтів кореляції для лінійних залежностей і кореляційного відношення для криволінійних зв'язків).

Слід зазначити, що аналізи, зроблені для двох показників, наприклад залежність урожаю лише від доз азоту, не можуть дати повної інформації для дослідника. Треба вивчати множинні кореляційні залежності між урожайністю і якістю продукції і багатьма умовами навколишнього середовища. Щоб глибше вивчити ці процеси і певною мірою керувати ними, дослідник має бути добре обізнаним не лише з об'єктом досліджень, а й з науками, які пов'язані з ним. Так, вивчаючи ефективність добрив, досліднику треба досконало знати рослинництво, землеробство, ґрунтознавство, агрохімію, фізіологію рослин, мікробіологію, захист рослин тощо.

Засоби підвищення достовірності дослідів. Точність досліду — це ступінь наближення результатів досліджень до межі достовірного значення. Для підвищення достовірності дослідів треба забезпечити мінімальне варіювання показників і запобігти виникненню похибок підчас роботи.

Розрізняють три види похибок — *систематичні, грубі і випадкові*.

Систематичні похибки виникають під дією певних факторів; вони завищують або занижують результати досліджень. Систематичні похибки не можуть взаємно компенсуватися, тому однобічно впливають на величину середніх арифметичних. Запобігти такі похибки можна шляхом сучасних методів планування й проведення дослідів, використання добре відрегульованих приладів для обліків і спостережень.

Грубі похибки — це прорахунки у процесі роботи. Наприклад, при зважуванні врожаю неправильно записали його масу, хоча самі прилади справні. Прикладом грубих похибок можуть бути похибки з нумерацією ділянок, на одну ділянку двічі вносять добрива, не на заплановану глибину проводять оранку або застосовують різні норми висіву тощо. За наявності таких похибок доводиться бракувати окремі ділянки, повторювання, а то і весь дослід.

Випадкові похибки зумовлені не передбаченими дослідником факторами і є неминучими. Вони виявляються під впливом випадкового варіювання родючості ґрунту або індивідуальної мінливості рослин. Ці похибки можуть завищувати або занижувати результати досліджень, отже, вони різноспрямовані. Основною особливістю випадкових похибок є те, що вони взаємно компенсуються і при збільшенні кількості спостережень (повторювань) зменшуються. Методи математичної статистики дають змогу визначити випадкові похибки і відокремити їх від загального варіювання експериментальних даних, в яких не повинно бути грубих і однобічних похибок. Причиною випадкових похибок може бути нерівномірне, вибіркове пошкодження рослин на окремих ділянках або ураження їх хворобами.

Односпрямовані, однобічні похибки не можуть компенсуватись повторністю, їх не можна виявити при статистичному аналізі даних і запобігти їм можна тільки при закладанні й проведенні дослідів.

Насіння, яке використовують для дослідних посівів, треба вирощувати в однакових ґрунтово-кліматичних умовах, в одному господарстві, в одному з полів сівозміни, у якому родючість ґрунту добре вирівняна.

На врожайність одного і того самого сорту значною мірою впливають погодні умови. Насіння, зібране в різні роки, забезпечує потім різну врожайність, навіть якщо його висіяти в один рік і вирощувати за однакової технології.

Допускаються похибок і при протруюванні насіння. При сухому протруюванні посівні якості насіння варіюють менше, ніж при мокрому і термічному, які суттєво збільшують похибку дослідів. Саме тому за різних способів протруювання обов'язково слід додатково перевірити схожість і енергію проростання насіння. Хоча ці дані матимуть уже після сівби, вони певною мірою допоможуть об'єктивніше оцінити результати дослідів. Слід зазначити, що після мокрого протруювання все насіння треба просушити до однакового стану, інакше схожість його може бути різною, що вплине на точність дослідів.

Багато похибок дослідів пов'язано з сівбою. Звичайно сівбу проводять упоперек ділянок і в короткий строк. Якщо в досліді вивчають строки, глибину сів-

би і норми висіву, то її напрям має бути вздовж ділянок. Якщо у досліді багато варіантів і велика кількість повторювань, сівба триває на 2-3 дні довше, а якщо вона переривається умовами погоди, то й довше. Різниці за строках сівби можуть суттєво вплинути на точність досліду. Щоб запобігти такі похибки, сівбу треба проводити блоками повторювань. Якщо якесь повторювання буде засіяне пізніше, то в його межах варіювання буде мінімальним.

Якщо досліджують сорти і сівба переривається дощем, то після нього для контролю висівають 3-5 сортів з висіяних до дощу.

Причиною зниження точності досліду може бути також різна глибина загортання насіння. Щоб запобігти цьому, треба ретельно налагодити сівалку, перевірити її на виробничих масивах і тільки після цього використовувати у досліді.

Кожний сорт сільськогосподарських культур висівають у досліді з оптимальною нормою висіву. Порухення цього правила не дає змоги об'єктивно розкрити потенційні можливості сорту.

Точність агротехнічних і сортовипробувальних дослідів залежить також від взаємного впливу рослин на сусідніх ділянках. Краще розвинені рослини чи сорти на одних ділянках можуть пригнічувати сусідні, менші за висотою і масою. Щоб запобігти ці похибки, досліді проводять із застосуванням захисних смуг відповідної ширини, про що детально йшлося вище.

У сортовипробуванні ділянки розмежовують одну від одної доріжками. Чим ширші ці доріжки при вузьких ділянках, тим більші похибки можуть допускатись у досліді, що загалом призводить до порушення типовості досліду.

Ряд похибок допускають і під час догляду за рослинами. Так, якщо при прориванні цукрових буряків залишити рослини тільки з двома листочками, то маса їх коренів становитиме 226 г, з чотирма — 580, а з шістьма — 814 г. Отже, щоб зменшити похибки досліду, на дослідних ділянках слід залишати однакове співвідношення сильних і середніх рослин, а не однакову їх кількість на одиниці площі взагалі. Перенесення робіт з догляду за рослинами на другий день у деяких варіантах призводить до зміни врожайності і зниження достовірності

дослідку, тому всі агрозаходи треба виконувати за кілька годин протягом одного дня і з однаковою якістю робіт на всіх ділянках. Щоб якість ручної праці була однаковою на всіх ділянках, роботи з догляду виконують уперек ділянок і кожний працівник має обробити свої рядки до кінця.

Достигання врожаю у різних варіантах може бути неодноразовим, і збирати його треба в міру дозрівання. Грубою методичною похибкою є одноразове збирання врожаю при різній стиглості рослин. Техніка збирання врожаю також має бути однаковою.

Наведені вище похибки не вичерпують усього, що може трапитися в роботі дослідника. Щоб похибок було менше, треба заздалегідь вдумливо аналізувати всі умови дослідку, враховувати відомі й незаперечні закономірності та положення методики дослідної справи.

Однією з таких закономірностей є контролювання закономірних і випадкових варіювань родючості ґрунту. Так, за однакового значення коефіцієнта варіювання співвідношення цих компонентів може бути різним у посівах окремих культур. Так, наявність закономірного варіювання родючості ґрунту призводить до того, що результати обліку врожаю рекогносцирувальних посівів не завжди відповідають закону нормального розподілу, який є основою дисперсійного аналізу результатів досліджень. Це протиріччя усувається, якщо варіанти у дослідках розміщують методом рендомізації, про що йдеться нижче.

5. ПЛАНУВАННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1. Програма досліджень

Головним завданням планування є розробка програми досліджень.

Наукове дослідження складається з наступних діалектично пов'язаних складових: з планування експерименту, проведення польових дослідів й виконання комплексу обліків і спостережень, аналізу й узагальнення отриманих даних.

Найбільш відповідальною частиною є планування експерименту. Воно передбачає:

- визначення завдання та об'єкту досліджень,
- розробку схеми експерименту,
- вибір земельної ділянки,
- визначення оптимальної структури експерименту.

Включаючи джерела фінансування і етапи виконання робіт, ці положення входять до *програми досліджень*.

При плануванні досліджень треба мати на увазі про такі особливості, що постійно супроводжують науковця:

- багатогранність завдань, що треба вирішити;
- наявність багатьох невідомих факторів, які треба передбачити;
- необхідність поєднання дисципліни праці та створення умов для розвитку творчої ініціативи і проявлення суб'єктивізму для кожного члена наукового колективу.

Щоб менше було похибок при плануванні, краще об'єднати зусилля усіх наукових кадрів на вирішення найважливіших теоретичних і практичних завдань, що поставлені в масштабі країни і окремих галузей.

В Україні діє така структура управління наукою: *національна академія наук (НАН), галузеві академії наук (наприклад, УААН), галузеві Інститути та вищі учбові заклади, дослідні станції*. В кожній із цих установ успішно діють *наукові школи, окремі організатори науки*, які координують дії науковців у певних галузях.

Щоб показати масштабність, тривалість турбот і загальнодержавну необхідність вирішення глобальних проблем, досить назвати декілька напрямів досліджень, що турбують науковців як України, так і Світу:

- *енергетика та промислова сировина,*
- *створення і подальше удосконалення ЕОМ та систем АСУ,*
- *глибоке пізнання природи біологічних процесів (біоніка, біотехнологія, нові сполуки і матеріали тощо).*

До виконання останнього завдання причетний і Інститут цукрових буряків УААН, який, в свою чергу, є координаційним центром УААН з питань селекції і технології вирощування культури.

Програма досліджень Інституту містить завдання на довготривалі й короткі перспективи, загальноінститутські та окремі теми, теми співвиконавців інших наукових підрозділів тощо.

5.2. Етапи планування дослідження

Планування досліджень здійснюється в чотири етапи:

1. *Вибір теми, визначення завдань та об'єкту досліджень.*
2. *Вивчення сучасного стану досліджуваного питання.*
3. *Висунення робочої гіпотези або конкуруючих гіпотез.*
4. *Розробка схеми і методики експерименту.*

Вибір теми. Найбільш відповідальним є перший етап. Похибки, що допускаються при плануванні, в майбутньому майже не можна виправити ні самими досконалими методами досліджень, ні сучасними методами статистичного аналізу.

Під час вибору теми чітко формується мета досліджень, будується логічна модель явища, що вивчається, вибирається стратегія, яка обумовлює методи й методики досліджень.

Головна особливість науки полягає в тому, що при вирішенні наукових завдань виникає значно більше питань, ніж при цьому вирішується. Як писав

Карл фон Бер, *“Наука - стабільна в своєму прагненні, невичерпна в своєму обсязі та безмежна у своїй меті ...”*.

Наукова проблема *відкривається!* Її ситуацію не можна звести до питання й відповіді, бо вона належить до *діалектики*, а не *логіки*, тому й вирішується вона за законами *діалектики!*

Проблему не можна вважати визначеною, якщо при цьому не вказані умови вирішення або підходу до неї. Отже, треба визначити *тип проблеми* (теоретична вона чи практична), *метод* (або *методи*) досліджень, *масштаби точності вимірювань та оцінок*.

Успіх вирішення проблеми залежить від того, чи містить вона те питання, на яке природа готова дати відповідь. Р.Ешбі в книзі “Конструкція мозку” будує такий логічний ланцюг пошуку шляху вирішення проблеми: *“Коли ми зможемо чітко сформулювати проблему, ми будемо близькими до її вирішення”*. А Д.Бернал в філософському трактаті “Наука в історії суспільства” застерігає: *“Набагато важче побачити проблему, ніж її вирішити... Для першого треба уявлення, а для другого - тільки вміння!”*

У визначенні проблеми, теми, назви досліджуваної проблеми важлива роль належить науковій школі, що панує в науковому колективі, провідним вченим, методичним та вченим радам наукових установ.

Вивчення сучасного стану досліджуваної проблеми. Коли Ньютона запитали: *“Чи правда, що Ви відкрили закон всесвітнього тяжіння завдяки тому, що вам на голову впало з яблуні яблуко?...”* Він відповів: *“Ні, але про процес... падіння яблука з яблуні я дуже довго думав!”*

Що ж потрібно знати, щоб побачити проблему, знайти шлях до її вирішення і, на кінець, успішно її вирішити?

Отже, на першому місті стоїть рівень освіти дослідника... Тільки опанувавши закони розвитку природи, набувши знання з різних галузей науки й культури можна вважати себе підготовленим до вирішення більш важливих завдань – постановки власних дослідів („опыт – сын ошибок трудных”). Тобто, власний досвід збагачується тільки за рахунок власного досліду!

Людина, що віддає себе науці, в майбутньому стає генієм (генію – притаманно лише 5% везіння, решта ж 95% - припадає на кропітку працю), якому поталанило збагнути *парадокс - істину*, що виглядає неможливою лише на перший погляд.

І самому досліднику повинен трапитись *випадок*, щоб зробити *дійсне відкриття в науці!*

Які ж джерела треба використовувати, щоб вивчити сучасний стан досліджуваної проблеми? В першу чергу, це *монографії, наукові статті, звіти, дисертації тощо*. Важливими джерелами є *реферативні журнали, центри науково-технічної інформації*. В сучасних умовах на перші позиції виходять *мережі Інтернету*.

На підставі вивчення наукових джерел складається облікова картка, яка містить:

- прізвище автора (авторів) джерела,
- назву джерела,
- місто друкування,
- назву видавництва,
- сторінки (С. 12-15 - у середині книги, 75 с. - загальний обсяг книги)
- короткий зміст джерела (якщо є повний конспект - де продовження)

Облікові картки або конспекти використовують для написання огляду літератури.

Основне завдання огляду літератури – показати протилежні позиції у поглядах на проблему, з'ясувати як впливають певні умови на отримані результати, в чому суть протиріч. Завершується огляд визначенням мети і завдань майбутніх досліджень.

Щоб бути на рівні сучасного фахівця, *на пошук нової інформації треба витратити 25-30% щоденного робочого часу!*

Результатом аналізу сучасного стану досліджуваної проблеми є висунення *робочої гіпотези або конкуруючих гіпотез та розробка схеми і методики експерименту.*

Математичні методи планування експерименту. В сучасних умовах при плануванні наукових досліджень широко застосовуються сучасні математичні й статистичні методи. У порівнянні з традиційними методами математичні мають ряд переваг:

- *підвищується надійність експерименту,*
- *без втрати якості в досліді можна зменшити кількість досліджуваних варіантів,*
- *визначити оптимальний варіанту (навіть не запланованого в досліді),*
- *суттєво підвищити продуктивність праці дослідника.*

Математичне планування досліджень - це пошук оптимальних умов росту й розвитку рослин з метою підвищення їх продуктивності. Планування з метою пошуку мінімальної кількості варіантів і умов проведення досліді передбачає побудову фізичної моделі процесу у вигляді диференціальних рівнянь, яка пов'язує параметри оптимізації з факторами життя рослин.

Математичне планування можливе для дослідів, *результати яких можна відтворити, а фактори - можна регулювати.*

Математичний метод планування експерименту передбачає:

- *визначення необхідної кількості повторювань,*
- *контроль варіації між ділянками,*
- *рендомізацію варіантів,*
- *визначення структури дії факторів,*
- *для варіантів з кількісною мінливістю - охоплення всіх зон дії фактору за законами мінімуму, оптимуму та максимуму, визначення одиниці варіації та числа градацій фактору. Інтервал дії факторів визначається так, щоб в зонах дії законів мінімуму та максимуму різниця між варіантами перевищувала HP_{05} (рис. 5.1).*

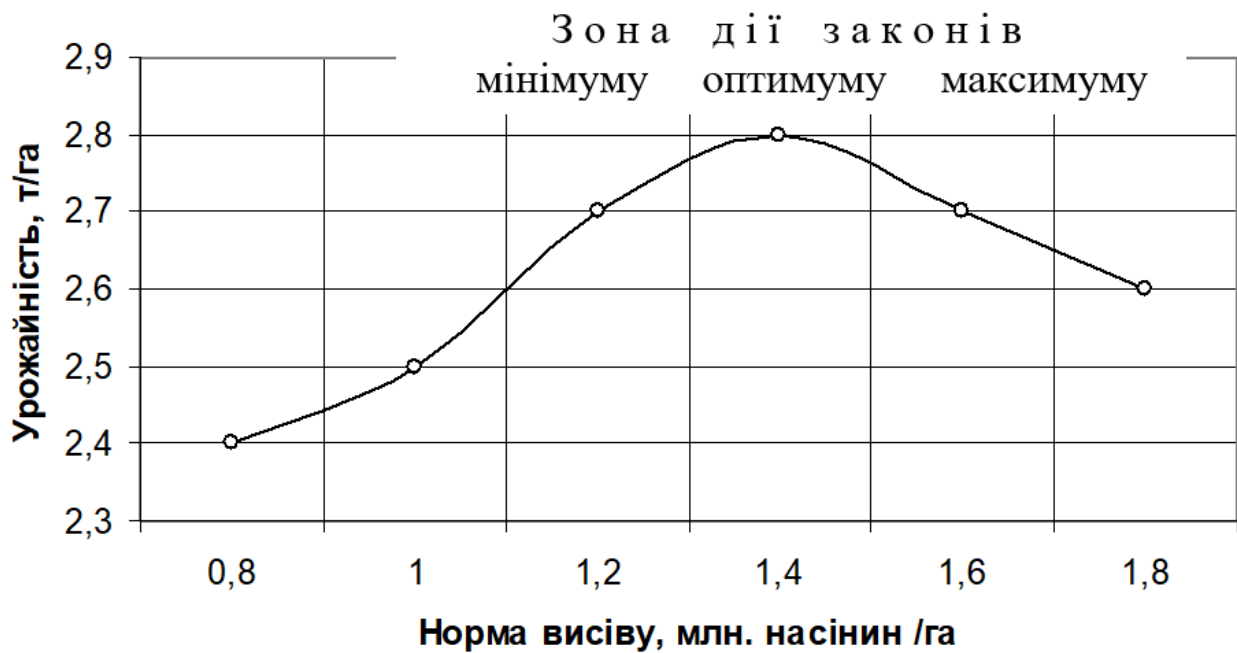


Рис. 5.1 Вплив норми висіву на урожайність гороху

Планування експерименту з *варіантами якісної мінливості* вимагає дотримання принципу *логічної відміни*, за яким кожен варіант дослідіу різниться між собою лише за однією ознакою.

Для підвищення точності дослідіу під час математичного планування одночасно створюють *блоки*, за рахунок яких знижується похибка, що обумовлена середовищем; проводять *рендомізацію* варіантів, що відповідає вимогами дисперсійного аналізу; визначається *кількість повторювань*, що знижує статистичну похибку дослідіу.

Створення блоків проходить шляхом повної рендомізації повних блоків (*Complete*), яка проводиться при випробуванні великої кількості сортів у блоках великих розмірів; частково збалансованих неповних блоків (*Incomplete*); застосування латинських квадрату ($l=n$, $N=ln$) або прямокутника ($l>n$, $l/n = \text{кратному числу}$). Досить прогресивною є схема альфа (*Alpha*), яка застосовується для розміщення варіантів за повторюваннями з формуванням певних блоків. Наприклад, дослід з 24 варіантів ($l=24$), 5 повторювань ($n=5$), при 3 варіантах у блоці ($k=3$) в повторюванні 8 блоків ($b=l/k=24/3=8$) (рис.5.2).

I			II			III			IV			V		
7	15	20	8	17	11	3	17	13	16	1	19	20	5	11
8	21	16	1	12	18	16	20	6	17	14	7	23	14	8
4	17	12	10	7	24	17	4	12	2	9	20	24	15	1
11	24	3	21	15	4	24	11	3	24	13	6	10	19	4
2	10	23	16	5	22	10	2	23	11	4	22	21	12	6
14	19	6	23	9	6	19	14	6	18	8	15	22	13	7
1	9	22	2	19	13	9	1	22	3	10	21	3	18	9
13	18	5	14	3	20	18	13	5	23	5	12	2	16	17

Рис. 5.2. Розміщення варіантів за схемою *Alpha* (блоки йдуть стрічками)

Математичне планування досліджень є єдиною ланкою, яка передбачає виконання електронних обліків і спостережень, створення баз даних, проведення аналізів та інтерпретацію результатів досліджень.

6. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

6.1 ПОКАЗНИКИ КІЛЬКІСНОЇ ТА ЯКІСНОЇ МІНЛИВОСТІ

6.1.1 Статистичні показники кількісної мінливості

Показниками кількісної мінливості є ті, що можна виміряти, зважити, порахувати.

Розрізняють неперервну та перервну кількісну мінливість. Неперервна мінливість записується у вигляді дробових чисел: довжина стебла, висота рослин, площа листя, маса врожаю тощо. Перервна мінливість характеризує поштучні об'єкти: кількість шкідників, листків, коренеплодів, рослин тощо.

Всі досліджувані об'єкти становлять генеральну сукупність (рослини, елементи екологічного середовища). Для економії праці показники цих об'єктів визначають не на всіх членах генеральної сукупності, а на певній частині їх, яка носить назву вибіркової сукупності. Кількість членів генеральної сукупності, що входять до вибірки, називають об'ємом вибірки. Показники в межах вибірки складають варіаційний ряд.

Метод аналізу варіаційних рядів за кількісною мінливістю залежить від об'єму вибірки. Для вибірок кількісної мінливості першочергово обчислюють такі основні статистичні характеристики: середню арифметичну $\bar{x}$ і стандартне відхилення (s), а до таблиці у звіт заносять інтервал $\bar{x} \pm s$.

При повнішому аналізі кількісної мінливості розраховують ряд похідних показників. Крім названих вище середньої арифметичної і стандартного відхилення розраховують: дисперсію (s^2); похибку середньої арифметичної $s_{\bar{x}}$, коефіцієнт варіації (V); відносну похибку (точність дослідження, $s_{x\%}$), довірчий інтервал на певному рівні значущості (скажімо, 5%-му $\bar{x} \pm t_{05} s_{\bar{x}}$).

В агрономічній практиці частіш всього використовують *середню арифметичну просту і зважену*. Середня арифметична проста використовується для характеристики малих вибірок, а зважена - великих. Середня арифметична є основною статистичною характеристикою кожного варіаційного ряду. Всі інші лише всебічно характеризують середню арифметичну.

Завдання. Визначить статистичні показники кількісної мінливості

Малі вибірки ($n < 30$). Їх характеризують: середня арифметична, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації, похибка вибіркової середньої, відносна похибка та ін.

Прикладом малих вибірок може бути врожайність картоплі за повторностями (кількість повторень (n), наприклад, 5; урожайність по ділянках (X), т /га: 44; 45; 46; 47; 43).

Середню арифметичну просту ($\bar{x}$) обчислюють за формулою:

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n} = (44 + 45 + 46 + 47 + 43) / 5 = 45 \text{ т/га}$$

Стандартне відхилення (s) є показником, який характеризує можливі кількісні коливання в межах середньої арифметичної. Стандартне відхилення розраховується за формулою:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{(44 - 45)^2 + (45 - 45)^2 + (46 - 45)^2 + (47 - 45)^2 + (43 - 45)^2}{5 - 1}} = 1,58 \text{ т /га.}$$

Коефіцієнт варіації (V) - це відношення стандартного відхилення до середньої арифметичної, яке виражають у процентах і обчислюють за формулою:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} 100 = (1,58 / 45) * 100 \% = 3,51\%.$$

Якщо $V =$ до 10%, показники у виборці вирівняні, $V=10-20\%$ - їх строкатість середня і при $V > 20\%$ - дані дуже строкаті.

Наші дані характеризуються як вирівняні.

Похибка вибіркової середньої ($s_{\bar{x}}$) – кількісна різниця між вибірковою і генеральною середньою сукупності. Ці похибки властиві лише вибіркового методу досліджень, їх чисельне значення залежить від ступеня мінливості досліджуваних ознак і обсягу вибірки. Її обчислюють за формулою:

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{1,58}{\sqrt{5}} = 0,71 \text{ т /га.}$$

Відносна похибка вибіркової середньої або точність дослідження ($s_{x\%}$) - це відношення похибки вибіркової середньої до її середньої арифметичної, яке виражають у процентах. Визначають відносну похибку за формулою:

$$s_{x\%} = \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100 = (0,71 / 45) * 100\% = 1,57\%.$$

Точність дослідження вважається відмінною, якщо $s_{x\%} = 1-2\%$; доброю - $s_{x\%} = 2-5\%$; задовільною - $s_{x\%} = 5-8\%$ і незадовільною - $s_{x\%} > 8\%$.

Довірчий інтервал на 5%-ному рівні значущості розраховується за отриманими даними:

$$\bar{x} \pm t_{05} s_{\bar{x}} = 45 \pm 2,78 \times 0,71 = 45 \pm 1,97 = 43,0 \div 47,0,$$

де при чотирьох ступенях волі (табл.1 додатків, $v=n-1=5-1=4$) $t_{05}=2.78$.

Великі вибірки ($n>30$). Статистичні характеристики великих вибірок обчислюють за способом добутоків. Якщо дані містять багатозначні числа, застосовують спосіб умовної середньої (довільного початку (A), що за значенням є числом, яке наближається до середнього арифметичного (для зручності можна

взяти цілим). Експериментальні дані розміщують у порядку збільшення або зменшення показників, групують їх за певним інтервалом (i), у межах якого визначають частоту (f), тобто кількість членів варіаційного ряду, що містить кожна група. Таким чином утворюється *варіаційний ряд*, що містить значення ознак, що варіюють (X), і відповідні їм частоти (f).

Приклад. Вибірка із 40 коренеплодів цукрових буряків ($n=40$) за масою коренеплодів у грамах склала варіаційний ряд:

430	630	444	454	485	501	515	557	568	575
594	516	525	531	544	651	452	461	475	481
485	494	495	497	497	531	564	505	506	506
607	688	550	730	545	516	517	520	525	530

Групування даних проводять у табл. 6.1 у такій послідовності.

1. Визначають *кількість груп* (k). Це роблять або за формулою $k = \sqrt{n}$, або за прийнятими в статистиці інтервалами: при кількості показників у виборці у межах 30—60 можна взяти 6-7 груп, 60-100 - 7-8, більше 100 – 8-15 груп. При виборці з 40 варіант можна створити 6-7 груп. Ми будемо дотримуватись формули:

$$k = \sqrt{40} = 6.$$

2. *Інтервал групи* (i) обчислюють за формулою:

$$i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{k} = \frac{730 - 430}{6} = 50 \text{ г},$$

де $X_{\max}$ та $X_{\min}$ максимальне та мінімальне значення показника.

3. Формують групи. Нижня межа першої групи починається найменшим значенням маси коренеплоду – 430 г. Нижні межі інших груп визначають шляхом додавання інтервалу групи " i ", який дорівнює 50 г. Верхня межа дорівнює: *нижня межа + інтервал групи – мінімальний показник різниці між варі-*

антами ($X_{min}+i-1=430+50-1=479$) і так далі; в останній групі верхня межа дорівнює $X_{max}=730$. Якщо досліджувані показники розмістити в порядку збільшення або зменшення ознаки і відповідних їм частотах, то відбудеться *ранжування варіаційного ряду*.

4. Обчислюють середнє значення груп, одне з них, яке має найбільшу частоту ($f=18$), беруть як довільний початок ($A=505$). Якщо дані мають нормальне розподілення, довільний початок буде у середині таблиці.

Таблиця 6.1. Допоміжні розрахунки для визначення статистичних показників, що належать до великої вибірки з великими числами

Група	Середнє значення групи, X_v	Частоти, f (кількість ділянок в групі)	Відхилення від довільного початку, $A, (X_v-A)/i$	Добуток, $f[(X_v-A)/i]$	Квадрат відхилення $[(X_v-A)/i]^2$	Добуток, $f[(X_v-A)/i]^2$
430-479	455	6	-1	-6	1	6
480-529	505	18	0	0	0	0
530-579	555	10	+1	+10	1	10
580-629	605	2	+2	+4	4	8
630-679	655	2	+3	+6	9	18
680-730	705	2	+4	+8	16	32
		Сума 40	-	+22	-	74

5. Наступне опрацювання таблиці йде за вказівками, що подані у назвах колонок, підрахунками сум в тих колонках, де це передбачено.

Визначення статистичних показників проводять за формулами.

1. *Середня арифметична зважена:*

$$\bar{x} = A + \frac{[\sum f(X_v - A)]i}{n} = 505 + \frac{22 \times 50}{40} = 532,5$$

2. *Дисперсія:*

$$s^2 = \frac{[\sum f(X_v - A)]^2 i^2}{n - 1} = \frac{74 \times 50^2}{40 - 1} = 4744$$

3. Стандартне відхилення:

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{4744} = 68,9 \text{ г}$$

4. Коефіцієнт варіації:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} 100 = \frac{68,9 \times 100}{532,5} = 12,9\%$$

5. Похибка середньої арифметичної:

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{68,9}{\sqrt{40}} = 10,9 \text{ г}$$

6. Точність дослід:

$$s_{\bar{x}\%} = \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100 = \frac{10,9 \times 100}{532,5} = 2,0\%$$

7. Довірчий інтервал середньої арифметичної на 5%-му рівні значущості:

$$\bar{x} \pm t_{05} s_{\bar{x}} = 532,5 \pm 2,0 \times 10,9 = 532,5 \pm 21,8 = 510,7 \div 554,3 \text{ г}$$

Гістограму та криву розподілення (рис. 6.1) будують на підставі даних табл. 6.1 та проведених розрахунків.

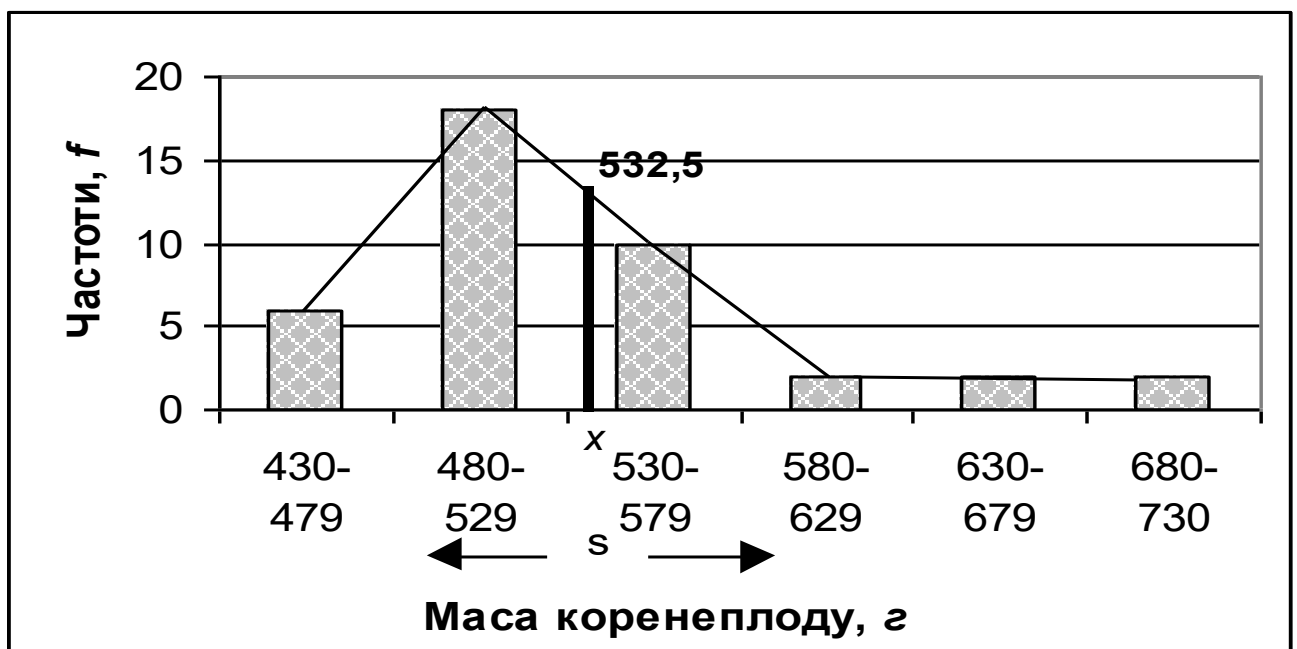


Рис. 6.1. Гістограма і крива розподілення маси коренеплоду.

На вісі ординат відкладають частоти, а вісі абсцис – інтервали груп. Контури прямокутників, де один бік є частота, а другий – розмір групи, утворюють гістограму. З'єднані центри прямокутників є кривою розподілення.

Середня арифметична і стандартне відхилення, що наведені на гістограмі, інтерпретують головні статистичні показники кількісної мінливості.

Висновок: Середня маса коренеплоду цукрових буряків на 5% рівні значущості коливається в межах 510,7÷554,3 г; дані у вибірці середньої строкатості ($V=12,9\%$), точність дослідження – відмінна ($s_{x\%}=2\%$).

6.1.2. Статистичні показники якісної мінливості

Якісна мінливість характеризує внутрішню структуру кількісної мінливості.

Основними статистичними характеристиками її є частки якісних ознак ($p_1, p_2 \dots p_n$), стандартне відхилення (S), помилка частки (S_p), коефіцієнт варіації (V) і довірчий інтервал частки при певному рівні ймовірності або значущості.

Завдання. Визначіть статистичні показники альтернативної мінливості та порівняйте ці вибірки (табл.6.2).

Таблиця 6.2. Кількість червоних (n_1) і зелених (n_2) томатів, що отримані з рослин ранньо-та пізньостиглого сортів

Показник	Формула	Досліджувані пари	
		I	II
<i>Критерій Стюдента, t_{05}</i>	$\gamma = N - 1$ Табл.І додатків	2,01	1,96
Кількість показників з однією ознакою	n_1	45	114
Кількість показників з другою ознакою	n_2	21	87
Всього показників	N	66	201
Частка першого показника	$p = n_1/N$	0,68	0,57
Частка другого показника	$q = 1 - p$	0,32	0,43
Стандартне відхилення	$S = \sqrt{pq}$	0,47	0,50
Коефіцієнт варіації	$Vp = S * 100 / S_{max}$	0,93	0,99
Помилка частки	$S_p = \sqrt{pq / N}$	0,057	0,035
Довірчий інтервал на 5%-ному рівні значущості	$p \pm t_{05} S_p$	0,57	0,50
Для порівняння пар, що досліджувались, між собою розраховуємо:			
Різницю між частками	$d = p_1 - p_2$	0,11	
Помилку різниці	$S_{dp} = \sqrt{S_{p1}^2 + S_{p2}^2}$	0,067	
Фактичний критерій істотності	$t_{\phi} = d / S_{dp}$	1,71	

Довірчий інтервал пар, що досліджувалися, коливається в межах: 0.57...0.8 та 0.5...0.64. Різниця між ними – неістотна ($t_{\phi} < t_{05}$).

6.2. ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ

Дисперсійний аналіз - це вид статистичного аналізу, який базується на теорії ймовірності. У біології вперше був застосований у 1912 році Р.Фішером, який відкрив закон розподілення відношення середніх квадратів (дисперсій):

$$\frac{S_1^2}{S_2^2} = F_\phi,$$

де S_1^2 - середній квадрат вибіркового середніх, S_2^2 - середній квадрат об'єктів, F_ϕ - фактичний критерій Фішера.

Суть дисперсійного аналізу полягає у розкладанні загальної суми квадратів (S_y) та загального ступеня волі на складові, що відповідають структурі експерименту; визначенні середніх квадратів (дисперсій s^2) та відношення їх до дисперсії залишку ($F_\phi = S_v^2 / S_z^2$), порівнянні фактичного та теоретичного відношення дисперсій (F_ϕ та F_{05}).

Достовірність різниці між варіантами оцінюється шляхом її порівняння з найменшою істотною різницею (HIP_{05}).

6.2.1. Однофакторний дослід

Завдання. *Проведіть дисперсійний аналіз даних однофакторного польового дослід, дайте загальну оцінку та визначіть достовірність різниць між варіантами.*

Рішення. Дисперсійний аналіз проводять в декілька етапів. Кількість їх залежить від структури експерименту. Найбільш простим є однофакторний дослід, але й він виконується за певними етапами.

Перший етап. Складають підсумкову таблицю, де знаходять суми за варіантами та повтореннями, визначають середню врожайність (табл. 6.3).

Таблиця 6.3. Урожайність бульб картоплі, m / ga

Варіанти (l)	П о в т о р е н н я (n)				$\sum V$	Середня
	I	II	III	IV		
1(St)	42,5	44,3	46,2	45,3	178,3	44,6
2	42,1	43,6	47,5	46,4	133,2	44,4
3	44,1	45,3	46,1	45,2	135,5	45,2
4	46,8	48,9	49,2	48,7	144,9	48,3
5	44,2	45,3	46,4	45,7	135,9	45,3
$\sum P$	219,7	227,4	235,4	231,3	$\sum X = 591,9$	$\bar{x}_0 = 45,6$

Завершується перший етап *перевіркою*: $\sum P = \sum V = \sum X$.

Якщо цього рівняння немає, обчислення за першим етапом повторюють.

Середню врожайність дослідів ($\bar{x}_0$) обчислюють за формулою:

$$\bar{x}_0 = \frac{\sum X}{N},$$

де $N = ln$, l - кількість варіантів, n - кількість повторень.

Другий етап. Якщо в табл. 6.3 цифрові показники мають великі значення, то для полегшення розрахунків вводять довільний показник, який за значенням близький або дорівнює середньому з дослідів (у нас $A = \bar{x}_0 = 45,6$ і обчислюють від нього відхилення: $X_1 = (X - A) = (42,5 - 45,6) = -3,05$ і так далі (табл. 6.4).

Цю таблицю теж завершують перевіркою:

$$\sum P_1 = \sum V_1 = \sum X_1 \text{ або } \sum X - An = \sum X_1 \text{ (за даними табл. 6.3).}$$

У разі помилки в розрахунках, відхилення варіантів та повторень перевіряють за формулами:

$$\sum V - An = \sum V_1 \text{ та } \sum P - An = \sum P_1.$$

Таблиця 6.4. Відхилення від довільного показника $X_1 = (X-A)=(X-45,7)$

Варіанти	Повторення				$\sum V_1$
	I	II	III	IV	
1(St)	-3,05	-1,25	0,65	-0,25	-3,9
2	-3,45	-1,95	1,95	0,85	-2,6
3	-1,45	-0,25	0,55	-0,35	-1,5
4	1,25	3,35	3,65	3,15	11,4
5	-1,35	-0,25	0,85	0,15	-0,6
$\sum P_1$	-8,05	-0,35	7,65	3,55	$\sum X_1 = 2,8$

Третій етап - за даними табл. 6.4 розраховують квадрати відхилень (табл. 6.5).

Таблиця 6.5. Квадрати відхилень

С о р т	Повторення				$\left(\sum V_1\right)^2$
	I	II	III	IV	
1(St)	9,30	1,56	0,42	0,06	15,21
2	11,90	3,80	3,80	0,72	6,76
3	2,10	0,06	0,30	0,12	2,25
4	1,56	11,22	13,32	9,92	129,96
5	1,82	0,06	0,72	0,02	0,36
$\left(\sum P_1\right)^2$	64,80	0,12	58,52	12,60	$\left(\sum X_1\right)^2 = 7,84$

Четвертий етап.

Розраховують суми квадратів відхилень, для чого визначають такі показники:

1. Коригуючий фактор: $C = \left(\sum X_1\right)^2 / \ln = 7,84 / (5 \cdot 4) = 0,39$.

2. Розсіювання загальне: $C_y = \sum X_1^2 - C = (9,3+1,56+0,42+\dots+0,72+0,02) - 0,39 = 72,44$.

3. Розсіювання повторень: $C_p = \sum (\sum P_1)^2 / l - C = (64,8 + 0,12 + 58,52 + 12,6) / 5 - 0,39 = 26,82$.

4. Розсіювання варіантів: $C_v = \sum (\sum V_1)^2 / n - C = (15,21 + 6,76 + 2,25 + 129,96 + 0,36) / 4 - 0,39 = 38,24$.

5. Розсіювання залишку (похибки): $C_z = C_y - C_p - C_v = 72,44 - 26,82 - 38,24 = 7,38$.

Перевірка: якщо розрахунки цього етапу проведені вірно, то розсіювання залишку C_z завжди має позитивне значення; якщо ж C_z - від'ємне, то розрахунки четвертого етапу треба повторити.

Отримані дані заносять до таблиці 6.6.

Таблиця 6.6. Результати дисперсійного аналізу

Дисперсія	Сума квадратів	Ступінь волі, n-1	Середній квадрат, s^2 (*)	$F_\phi^{(**)}$	$F_{05}^{(***)}$
Загальна C_y	72,44	19			
Повторень C_p	26,82	3			
Варіантів C_v	38,24	4	9,56	15,55	3,26
Залишку C_z	7,38	12	0,61		

*) s^2 - середній квадрат; $s^2 = 38,24 / 4 = 9,56$.

**) F_ϕ - відношення дисперсій; $F_\phi = [C_v / (l-1)] / [C_z / (n-1)(l-1)] = 9,56 / 0,61 = 15,55$.

*** F_{05} - теоретичне відношення дисперсій Фішера, знаходять його в табл. 2 додатків: в горизонтальному рядку - кількість ступенів волі варіантів 4, у вертикальній колонці - залишку 12, $F_{05} = 3,26$.

П'ятий етап - підведення підсумків дисперсійного аналізу.

Якщо позначити відношення сум квадратів (C_v/C_y) через показник η^2_v (η - грецька літера “ета”), то за результатами дисперсійного аналізу можна встановити частку впливу фактора:

- що вивчається: $\eta^2_v = C_v / C_y = 38,24 / 72,44 = 0,528$ або 52,8%;

- строкатості родючості ґрунту дослідної ділянки: $\eta^2_p = C_p / C_y = 26,82 / 72,44 = 0,37$ або 37,2%;

- інших, випадкових факторів: $\eta^2_z = C_z / C_y = 7,38 / 72,44 = 0,102$ або 10,2%.

За даними табл. 6.6 роблять загальний висновок про дослід:

Якщо $F_\phi > F_{05}$, відхилення між певними варіантами в досліді істотні, тобто обумовлені фактором, що вивчається; у цьому разі для визначення величини істотної різниці між варіантами необхідно розрахувати $НІР_{05}$.

Якщо ж $F_\phi < F_{05}$, різниці між варіантами не істотні, тобто знаходяться в межах похибки дослідів і потреба в подальших розрахунках відпадає.

У нашому прикладі відхилення між врожаями бульб картоплі істотні, тобто, обумовлені фактором що вивчається. Отже, для оцінки достовірності різниць між варіантами необхідно визначити $НІР_{05}$.

Шостий етап - розрахунки точності дослідів ($s_{x\%}$) та найменшої істотної різниці на 5%-му рівні значущості ($НІР_{05}$).

Точність дослідів:

$$s_{x\%} = \left(100 \sqrt{\frac{s^2}{n}} \right) / \bar{x}_0 = \left(100 \sqrt{\frac{0,61^2}{4}} \right) / 45,6 = 0,86\%$$

Якщо точність польового досліджу коливається в межах до 2%, вона рахується відмінною, 2-5% - доброю, 5-8% - задовільною і вище 8% - незадовільною.

Найменша істотна різниця (HIP_{05}):

$$HIP_{05} = t_{05} \sqrt{2s^2/n} = 2,18 * \sqrt{2 * 0,67/4} = 1,21 \text{ т/га},$$

де t_{05} - критерій Ст'юдента на 5%-ному рівні значущості, який знаходять у табл. І додатків при ступені волі залишку $(n-1)(l-1) = 12$, $t_{05} = 2,18$; s^2 - дисперсія залишку, 0,67.

Поряд з абсолютним показником HIP_{05} доцільно використовувати також і відносний:

$$HIP_{05} \% = (t_{05} \sqrt{2s^2/n}) * 100 / \bar{x}_0 = 1,21 * 100 / 45,6 = 1,8\%,$$

де $\bar{x}_0$ - середня врожайність бульб картоплі у досліді.

Сьомий етап - порівняння достовірності абсолютних і відносних різниць між варіантами.

Відхилення між стандартом і варіантами, що вивчаються, вираховують таким чином (див. табл. 6.7):

а) абсолютне: $44,4 - 44,6 = -0,2$;

б) відносне: $-0,2 * 100 / 44,6 = -0,39\%$.

Таблиця 6.7. Урожайність бульб картоплі, т/га

Варіант	Середня	Відхилення від стандарту		Група відносно різниці до HIP_{05}
		абсолютне	відносне, %	
1(St)	44,6	-	-	St
2	44,4	-0,2	-0,39	II
3	45,2	+0,6	1,33	II
4	48,3	+3,7	8,36	I
5	45,3	+0,7	1,63	II
	HIP_{05}	1,21	2,65	

Оцінку різниць між варіантами проводять на підставі порівняння їх з HIP_{05} .

Якщо різниця між варіантом та стандартом перевищує $НІР_{05}$, то вона істотна; якщо ж коливається в межах $НІР_{05}$, то не істотна.

За різницями між варіантами, що вивчаються, і стандартом у державному сортовипробуванні визначають такі групи:

I – сорти або гібриди, що істотно переважають стандарт (стандарти);

II - різниця між ними знаходиться в межах $НІР_{05}$;

III - сорти за врожайністю істотно поступаються перед стандартом (стандартами).

Отже, порівняно зі стандартом за врожайністю істотна надвишка виявлена у 4 варіанті; у варіантах 2, 3 та 5 урожай знаходився в межах помилки дослід.

6.2.2. Двофакторний дослід

Завдання. Проведіть дисперсійний аналіз даних двофакторного польового дослід. Дайте йому загальну оцінку та визначіть достовірність різниць між варіантами.

Рішення. Результати двофакторного дослід, що за структурою має дві градації першого та три градації другого факторів і чотириразове повторення, наведені в табл. 6.8.

Таблиця 6.8. Вплив густоти рослин на урожайність зерна гібридів кукурудзи, $t/га$

Варіанти		Повторення				$\sum v$	Середня
Гібрид	Густота	I	II	III	IV		
A	a1	6,52	6,57	6,45	6,53	26,07	6,52
	a2	7,11	7,22	7,25	7,32	28,90	7,23
	a3	8,11	8,23	8,17	8,21	32,72	8,18
B	b1	7,23	7,31	7,27	7,24	29,05	7,26
	b2	8,11	8,17	8,23	8,19	32,70	8,18
	b3	7,77	7,68	7,65	7,55	30,65	7,66
$\sum P$		44,85	45,18	45,02	45,04	$\sum X = 180,09$	$\bar{x}_0 = 7,50$

Перший етап - опрацювання таблиці врожайності проводиться так, як і при однофакторному досліді: визначають суми за варіантами та повтореннями, середню врожайність варіантів.

Завершується етап перевіркою:

$$\sum P = \sum V = \sum X.$$

Наступні етапи роботи такі ж, як і для однофакторного досліді. Проте розглянемо тепер дещо інший метод, який не передбачає використання довільного початку (А). Так можна робити, якщо дані в досліді подані невеликими числами або дослідник користується калькулятором з пам'яттю.

Другий етап - розраховують суми квадратів відхилень, для чого визначають такі показники:

1. Корируючий фактор: $C = (\sum X)^2 / l_a * l_b * n = 180,09^2 / 2 * 3 * 4 = 1351,35$.
2. Розсіювання загальне: $C_y = \sum X^2 - C = (6,52^2 + 6,57^2 + \dots + 7,65^2 + 7,55^2) - 1351,35 = 8,24$.
3. Розсіювання повторень: $C_p = \sum (\sum P^2) / (l_a * l_b) - C = (44,85^2 + \dots + 45,04^2) / (2 * 3) - 1351,35 = 0,01$.
4. Розсіювання варіантів: $C_v = \sum (\sum V^2) / n - C = (26,07^2 + \dots + 30,65^2) / 4 - 1351,35 = 8,17$.
5. Розсіювання залишку (похибки): $C_z = C_y - C_p - C_v = 8,24 - 0,01 - 8,17 = 0,06$.

Перевірка: C_z - має позитивне значення, що свідчить про правильність розрахунків.

Третій етап - розкладання суми квадратів варіантів C_v та ступенів волі варіантів на складові - факторів А, В, та їх взаємодії АВ, для чого проводять перегрупування сум врожаїв $\sum V$ (табл. 6.9)

Таблиця 6.9. Визначення головних ефектів та їх взаємодії

Гібриди А	Густоти рослин, В			□ □ □ □ □ □
	1	2	3	□ □ □ $\sum A$ □
1	26,07	28,90	32,72	87,69
2	29,05	32,70	30,65	92,40
$\sum B$	55,12	61,60	63,37	$\sum V = 180,09$

Перевірка: $\sum A = \sum B = \sum V$

Обчислюємо:

1. Суму квадратів і ступінь волі фактора А:

$C_a = \Sigma(\Sigma A)^2 / l_b * n - C = (87,69^2 + 92,40^2) / (3 * 4) - 1351,35 = 0,92$ при ступені волі $l_a - 1 = 2 - 1 = 1$.

2. Суму квадратів і ступінь волі фактора В:

$C_b = \Sigma(\Sigma B)^2 / l_a * n - C = (55,12^2 + 61,60^2 + 63,37^2) / (2 * 4) - 1306,11 = 4,71$ при ступені волі $l_b - 1 = 3 - 1 = 2$.

3. Суму квадратів і ступінь волі взаємодії факторів АВ:

$C_{ab} = C_v - C_a - C_b = 8,17 - 0,92 - 4,71 = 2,54$ при ступені волі $(l_a - 1)(l_b - 1) = (2 - 1)(3 - 1) = 2$.

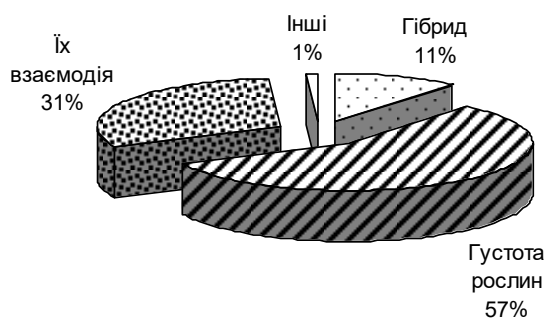
Перевірка: C_{ab} - має позитивне значення; отже, розрахунки вірні.

Четвертий етап - підведення підсумків дисперсійного аналізу (табл. 6.10).

Отже, відхилення за врожаєм у досліді істотні ($F_\phi > F_{05}$). Вони обумовлені особливостями сортів (фактор А), густотою рослин (фактор В) та взаємодією між цими факторами (АВ).

Таблиця 6.10. Результати дисперсійного аналізу

Дисперсія	Сума квадратів	Ступінь волі, n-1	Середній квадрат, s ²	F _ф	F ₀₅
Загальна C _y	8,24	23			
Повторень C _p	0,01	3			
Варіантів C _a	0,92	1	0,92	230,00	4,54
C _b	4,71	2	2,35	487,50	3,60
C _{ab}	2,54	2	1,27	317,50	3,60
Залишку C _z	0,06	15	0,004		



Частка впливу факторів, що вивчалися, становила (див. рис. 6.2):

- гібридів - $\eta^2_a = (C_a/C_y) \cdot 100 = (0,92/8,24) \cdot 100 = 11\%$;

- густоти рослин - $\eta^2_b = (C_b/C_y) \cdot 100 = (4,71/8,24) \cdot 100 = 57\%$.

- взаємодія гібрид x густота рослин - $\eta^2_{ab} = (C_{ab}/C_y) \cdot 100 = (2,54/8,24) \cdot 100 = 31\%$.

П'ятий етап - розрахунки найменшої істотної різниці на 5%-му рівні значущості (HIP₀₅):

$$HIP_{05} A = t_{05} \sqrt{2s^2/nl_b} = 2,13 \cdot \sqrt{2 \cdot 0,004/4 \cdot 3} = 0,06 \text{ т/га},$$

- фактора В:

$$HIP_{05} B = t_{05} \sqrt{2s^2/nl_a} = 2,13 \cdot \sqrt{2 \cdot 0,004/4 \cdot 2} = 0,07 \text{ т/га},$$

- взаємодії факторів (AB):

$$HIP_{05} \text{ взаємодія } AB = t_{05} \sqrt{2s^2/n} = 2,13 \cdot \sqrt{2 \cdot 0,004/4} = 0,10 \text{ т/га},$$

де t_{05} - критерій Ст'юдента на 5%-му рівні значущості, який знаходять у табл. І додатків при ступені волі залишку $(n-1)(l_a l_b - 1) = 15$, $t_{05} = 2,13$; s^2 - дисперсія залишку, 0,004.

Шостий етап - порівняння достовірності різниці між варіантами в абсолютних показниках (табл. 6.11).

Таблиця 6.11. Вплив густоти рослин на врожайність зерна гібридів кукурудзи, $t / \text{га}$

Гібриди, фактор А	Густота рослин, фактор В			Середня А	Різниця, $\text{HIP}_{05} A = 0,06$
	В1	В2	В3		
А1	6,52	7,23	8,18	7,31	-
А2	7,26	8,18	7,66	7,70	0,39
Середня В	6,89	7,71	7,92		
Різниця, $\text{HIP}_{05} B = 0,07$	-	0,82	1,03		
$\text{HIP}_{05} \text{ загальна} = 0,10$					

За врожайністю зерна кукурудзи, істотна різниця була як між гібридами, що вивчалися (фактор А), так і варіантами густоти рослин (фактор В); для першого гібриду кращою густотою була у варіанті В3, а для другого - В2.

6.3. КОРЕЛЯЦІЯ І РЕГРЕСІЯ

Кореляційною є залежність, коли із збільшенням середньої величини першої ознаки збільшується середня величина другої, або, навпаки, із збільшенням середньої величини першої ознаки друга зменшується. У першому випадку кореляція є пряма або позитивна, у другому - оберненою або від'ємною.

На відміну від функціональної залежності при кореляції одному значенню першої ознаки відповідає не одна, а кілька значень другої ознаки.

Кореляція є парна, якщо досліджується зв'язок між двома ознаками і множинною, коли на величину однієї результативної ознаки впливають декілька факторіальних.

Парна лінійна кореляція між ознаками x та y позначається коефіцієнтом (r) і розраховується за формулою:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} = \frac{\sum xy - \sum x \sum y / n}{\sqrt{[\sum x^2 - (\sum x)^2 / n][\sum y^2 - (\sum y)^2 / n]}}.$$

Значення коефіцієнта кореляції лежить в межах від $+1$ до -1 , Вважають, що при $r < \pm 0,3$ кореляційна залежність між ознаками слабка, $r = \pm 0,3-0,7$ – середня і $r > \pm 0,7$ – сильна.

Квадрат коефіцієнта кореляції (r^2) називається коефіцієнтом детермінації і позначається d_{yx} . Він показує частку або відсоток тих вимірювань, які в даному явищі залежать від фактора, що вивчається.

Критерій істотності коефіцієнта кореляції розраховують за формулою:

$$t_r = r / S_r.$$

Якщо $t_r > t_{\phi}$, то кореляційний зв'язок істотний, а коли $t_r < t_{\phi}$ - неістотний. Теоретичне значення критерію t знаходять по таблиці І додатків при ступені волі $n - 2$.

Регресія показує кількісну зміну на одиницю виміру результативної (залежної) ознаки (функції Y) при зміні факторіальної ознаки (аргументу X). Вона

теж є проста, якщо функція досліджується в залежності від одного аргументу ($y = f(x)$), і множинною - від двох чи більше аргументів ($y = f(k, z, v)$).

Залежність функції від аргументу при лінійній регресії виражається коефіцієнтом регресії (b_{yx} або b_{xy}), який показує, в якому напрямі і на яку величину змінюється одна ознака при зміні іншої на одиницю виміру:

$$b_{yx} = r\sigma_y/\sigma_x \quad \text{або} \quad b_{xy} = r\sigma_x/\sigma_y.$$

Коефіцієнт регресії має знак коефіцієнта кореляції. Добуток коефіцієнтів регресії дорівнює квадрату коефіцієнтів кореляції (коефіцієнту детермінації):

$$b_{yx} b_{xy} = r^2.$$

Кореляція може бути зображена графічно у вигляді лінії регресії. Для побудови графіка по осі абсцис відкладають значення ознаки x , а по осі ординат - значення ознаки y ; кожне спостереження над двома змінними відмічають точкою з координатами (x, y) .

Завдання. *Визначіть коефіцієнт прямолінійної кореляції та складіть рівняння регресії про залежність олійності соняшнику гібриду Богун (y) від його норми висіву (x). Зробіть висновок і графічну інтерпретацію регресивної залежності* (табл. 6.12).

Таблиця 6.12. Вміст цукру і маса коренеплоду цукрових буряків

№ пари	Значення ознаки		x^2	y^2	xy
	$x, \text{г}$	$y, \%$			
1	40	46,3	1600	2143,69	1852
2	45	47,2	2025	2227,84	2124
3	50	48,1	2500	2313,61	2405
4	55	48,5	3025	2352,25	2667,5
5	60	48,8	3600	2381,44	2928
6	65	49	4225	2401	3185
7	70	49,1	4900	2410,81	3437
8	75	49,3	5625	2430,49	3697,5
9	80	49,4	6400	2440,36	3952
10	85	49,5	7225	2450,25	4207,5
Суми	625,0	485,2	41125,0	23551,7	30455,5

Рішення. Знаходимо:

Кількість пар: $n = 10$.

Середнє значення $\bar{x} : \bar{x} = \sum x : n = 625 : 10 = 62,5$.

Середнє значення $\bar{y} : \bar{y} = \sum y : n = 485,2 : 10 = 48,5$.

Суми квадратів відхилень x і y від їх середнього показника:

$$\sum (x - \bar{x})^2 = \sum x^2 - (\sum x)^2 : n = 41125 - (625)^2 : 10 = 2062,5$$

$$\sum (y - \bar{y})^2 = \sum y^2 - (\sum y)^2 : n = 23551,7 - (485,2)^2 : 10 = 9,8.$$

Добуток відхилень x і y від їх середнього показника:

$$\sum (x - \bar{x}) \sum (y - \bar{y}) = \sum xy - (\sum x \sum y) : n = 30455,5 - (625 * 485,2) : 10 = 130,5.$$

Коефіцієнт кореляції:

$$r = \frac{130,5}{\sqrt{2062,5 * 9,8}} = 0,92.$$

Коефіцієнт регресії:

$$b_{yx} = \frac{\sum xy - \sum x \sum y / n}{\sum (x - \bar{x})^2} = \frac{130,5}{2062,5} = 0,063 \text{ \%/тис.}$$

Рівняння регресії:

$$y = \bar{y} + b_{yx}(x - \bar{x}) = 48,52 + 0,0633 * (x - 62,5) = 44,57 + 0,063x.$$

Помилка коефіцієнта кореляції:

$$S_r = \sqrt{(1 - r^2) / (n - 2)} = \sqrt{(1 - 0,92^2) / (10 - 2)} = 0,14 \text{ \%/тис..}$$

Помилка коефіцієнта регресії:

$$S_{b_{yx}} = S_r \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2 / \sum (x - \bar{x})^2} = 0,14 * \sqrt{9,869 / 2062,5} = 0,0098 \text{ \%/г.}$$

Відхилення від регресії:

$$S_{yx} = Sr\sqrt{\sum (y - \bar{y})^2} = 0,14 * \sqrt{9,836} = 0,44 \text{ \%}.$$

Критерій істотності коефіцієнту кореляції:

$$t_r = r/Sr = 0,92/0,14 = 6,47 \quad \text{при } \gamma = n - 2 = 10 - 2 = 8, \quad t_{05} = 2,31.$$

Довірчі інтервали коефіцієнтів:

- кореляції: $r \pm t_{05} * Sr = 0,92 \pm 2,31 * 0,14 = 0,92 \pm 0,33$.
- регресії: $b_{yx} \pm t_{05} * Sb_{yx} = -0,063 \pm 2,31 * 0,009782 = -0,063 \pm 0,023$.

Висновок. Між олійністю та нормою висіву соняшника гібриду Богун встановлено тісний прямий зв'язок, який є істотний на 5%-му рівні значущості ($t_\phi > t_{05}$). Довірчі інтервали коефіцієнтів кореляції та регресії на 5%-ному рівні значущості наведені вище. Графічне зображення лінії регресії подано на рис. 6.3.

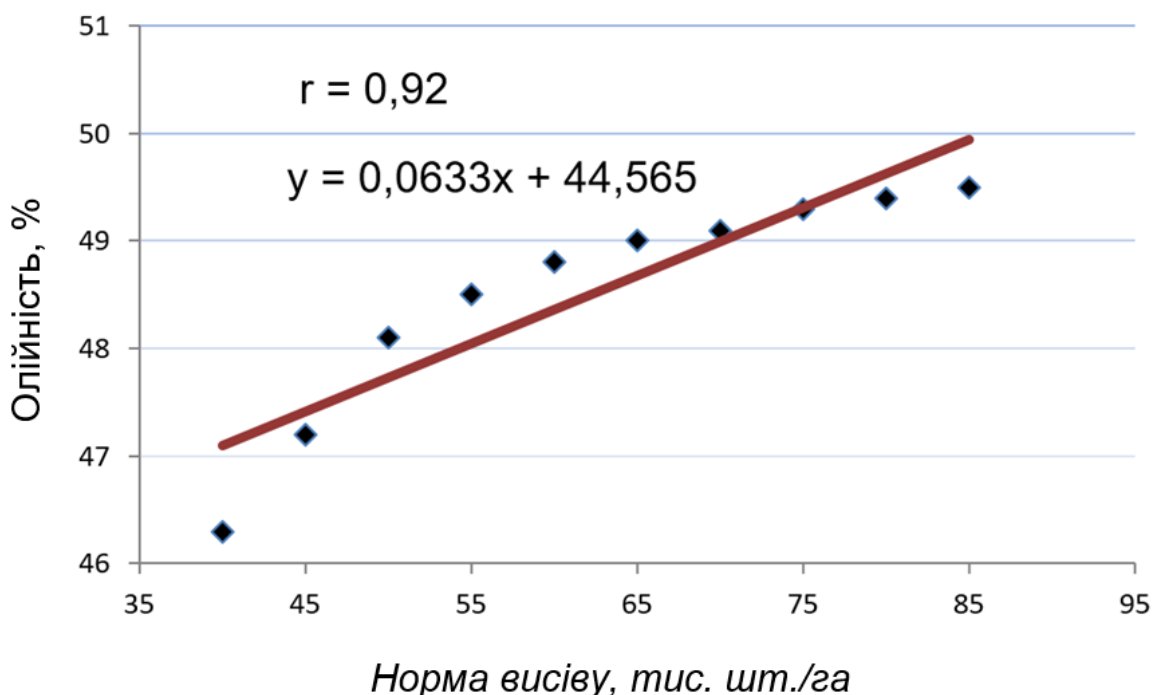


Рис. 6.3 Залежність вмісту олії від норми висіву гібриду соняшника Богун

6.4 ПРОБІТ-АНАЛІЗ

У досліджах, в яких вивчають отруйні препарати для боротьби з шкідниками й хворобами, визначають 50% та 95% летальні дози препарату (LD_{50} та LD_{95}). Визначення їх ускладнюється тим, що із прогресивним зростанням дози ефективність дії препарату

дещо сповільнюється.

Графічне зображення розподілення загиблених шкідників або збудників хвороб має вигляд S-подібної кривої (рис. 6.4), яка в такому вигляді потребує досить складного статистичного опрацювання.

У виробничій практиці, щоб усунути спалах появи шкідника або хвороби і не нанести великої шкоди навколишньому середовищу, прийнято застосовувати $1/2$ повної дози препарату (LD_{50}), яка знищує 50% шкідників чи хвороб, а іншу їх частку – істотно пригнічує.

В інших випадках виникає потреба у визначенні доз пестициду для досягнення повного технічного ефекту.

Щоб визначити потрібну дозу препарату, треба S-подібну криву трансформувати в пряму лінію. Для цього відсотки загибелі перетворюють в *пробіти* (табл. 6.13), а дози препарату – в *логарифми доз* (натуральні чи десяткові), які знаходять за допомогою відповідних таблиць або клавіш наукового калькулятора.

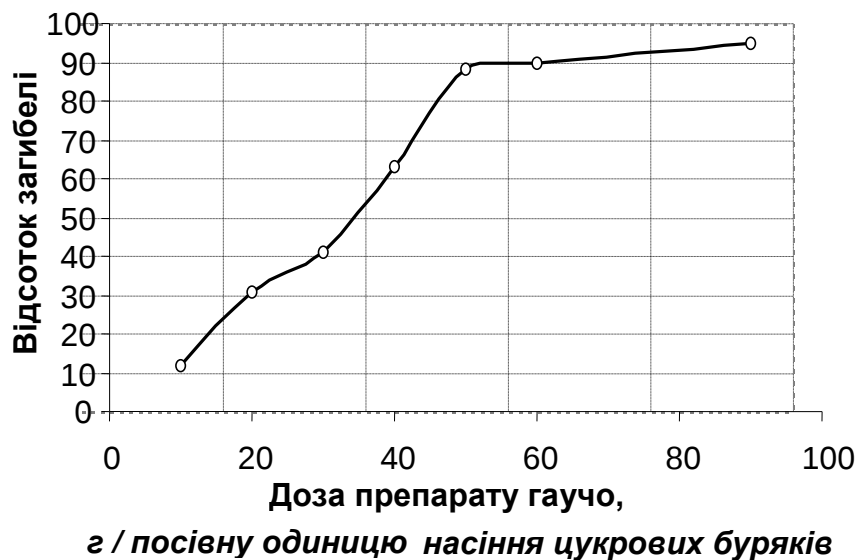


Рис. 6.4. Загибель сірого бурякового довгоносика, %

Таблиця 6.13. Пробіти, які відповідають проценту загибелі особин

Заги- бель, %	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	5,48	6,55	6,64	6,75	6,83	7,05	7,33

Рішення.

На підставі даних про дози препарату розраховують їх логарифми, а відсотки загибелі довгоносиків перетворюємо в пробіти (колонки вісей X і Y, табл. 6.14).

Таблиця 6.14. Загибель жуків сірого бурякового довгоносика, %

Доза препарату Гаучо, г/ посівну одиницю насіння	Середня заги- бель довгоносиків, %	Перетворені значення доз і відсотків загибелі	
		Lg D (вісь X)	Пробіт (вісь Y)
10	12	1,000	3,72
20	31	1,301	4,19
30	41	1,477	4,50
40	63	1,602	5,33
50	88	1,699	6,18
60	90	1,778	6,28
90	95	1,954	6,64

За отриманими даними будуюмо графік, на якому пробіти відкладаються на вісі Y , а логарифми доз – на вісі X (рис. 6.5).

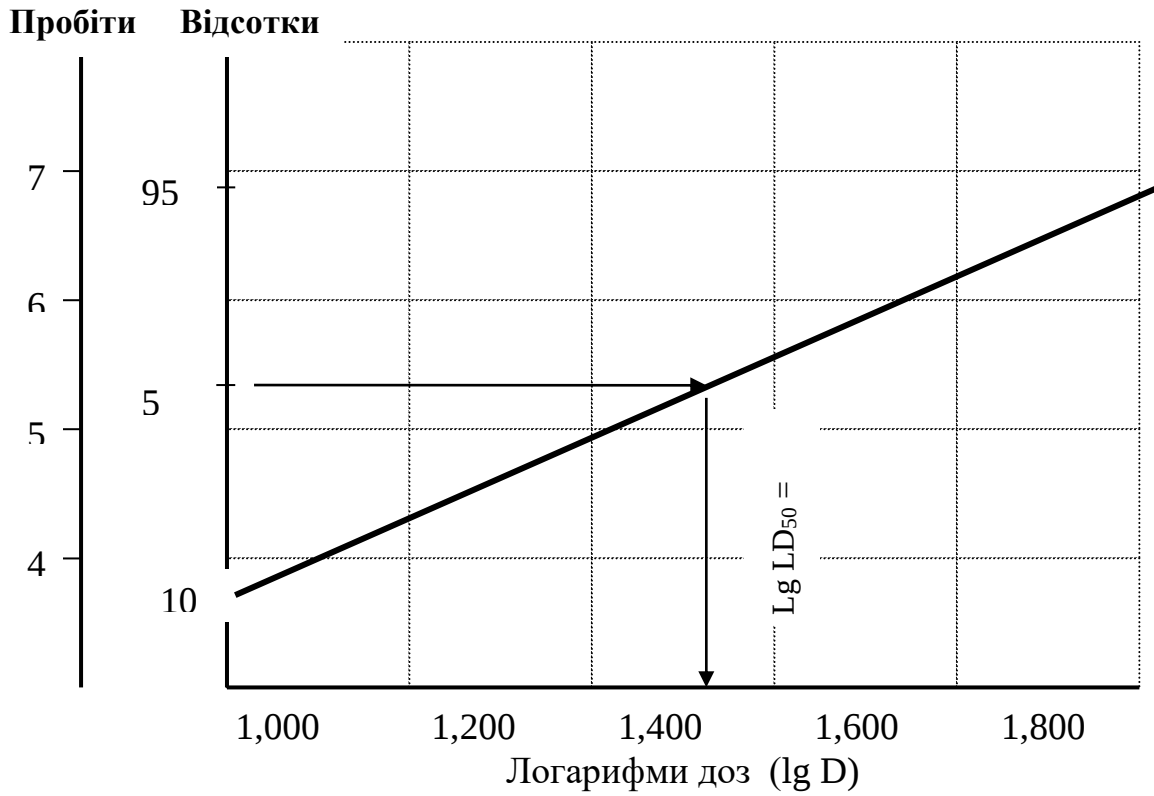


Рис. 6.5. Графік визначення дози препарату Гаучо для захисту сходів цукрових буряків від сірого бурякового довгоносика

6.5. КОЕФІЦІЄНТ СПАДКОВОСТІ

У роботі селекціонерів доводиться визначати наявність генетичної мінливості у появі необхідної ознаки. Наприклад, який вплив має материнська форма на частку цукристості у гібриду буряків цукрових або ж який відсоток білка успадковує рослина пшениці від материнської форми, тощо.

Для розв'язання подібних задач застосовують коефіцієнт успадкування, який може визначатись як через кореляційний, так і дисперсійний аналіз.

6.5.1. Визначення коефіцієнта спадковості через кореляційний аналіз

Завдання. *Визначіть коефіцієнт спадковості через коефіцієнт регресії, який є показником кількісної зміни успадкування ознаки накопичення цукру в коренеплодах гібридів цукрових буряків.*

Якщо використовувати кореляційний аналіз, то найкоротший шлях до коефіцієнта спадковості (h^2) через коефіцієнт регресії (b_{yx}):

$$h^2 = 2b_{yx}.$$

Для визначення коефіцієнтів кореляції і регресії складають варіаційний ряд досліджуваного показника материнської форми X та ряду гібрида Y (табл. 6.15).

Таблиця 6.15. Вміст цукру в коренеплодах гібрида цукрових буряків

№	X, материнська форма	Y, гібрид	X^2	Y^2	XY
1	19,2	19,1	368,64	364,81	366,72
2	19,4	19,7	376,36	388,09	382,18
3	19,6	19,4	384,16	376,36	380,24
4	19,1	19,2	364,81	368,64	366,72
5	19,0	18,9	361,00	357,21	359,10
6	18,9	19,1	357,21	364,81	360,99
7	19,7	19,2	388,09	368,64	378,24
8	18,9	19,0	357,21	361,00	359,10
9	19,7	19,4	388,09	376,36	382,18
10	19,1	19,1	364,81	364,81	364,81
Сума	192,6	192,1	3710,38	3690,73	3700,28

За даними табл. 6.15, обчислюють значення коефіцієнтів кореляції та регресії, помилку коефіцієнта регресії та критерій істотності коефіцієнта кореляції.

$$r = \frac{\sum xy - \sum x \sum y / n}{\sqrt{(\sum x^2 - (\sum x)^2 / n)(\sum y^2 - (\sum y)^2 / n)}} = \frac{3700,28 - 192,6 * 192,1 / 10}{\sqrt{(3710,38 - 192,6^2 / 10)(3690,73 - 192,1^2 / 10)}} = 0,65.$$

$$b_{yx} = \frac{\sum xy - \sum x \sum y / n}{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n} = \frac{3700,28 - 192,6 * 192,1 / 10}{3710,38 - 192,6^2 / 10} = 0,48\%.$$

$$S_r = \sqrt{(1 - r^2) / (n - 2)} = \sqrt{(1 - 0,65^2) / (10 - 2)} = 0,27.$$

$$t_r = r / S_r = 0,65 / 0,27 = 2,44, \quad t_{05} \text{ (при } \gamma = n - 2 = 10 - 2 = 8) = 2,23.$$

Висновок. Якщо на один відсоток вмісту цукру у коренеплодах цукрових буряків материнської форми цукристість гібриду змінюється на 0,48% ($b_{yx} = 0,48\%$), то коефіцієнт успадкування цукристості від материнської форми становитиме $h^2 = 2b_{yx} = 2 \times 0,48 = 0,96$ частки або 96%.

Якщо коефіцієнт регресії достовірний (тобто $t_{bx} > t_{05}$), то достовірною буде й спадковість.

6.5.2. Визначення коефіцієнта спадковості через дисперсійний аналіз

Завдання. Визначить через дисперсійний аналіз коефіцієнт спадковості, що характеризує рівень успадкування материнською формою гібридів кукурудзи показника маси зерна з одного качана (табл. 6.16).

Таблиця 6.16. Маса зерна з одного качана гібридів кукурудзи, г

Номер гібрида		Повторення				Сума V	Середнє
мате-ринська форма	батьківська форма	I	II	III	IV		
A1	S ₁	323	332	348	334	1337	334
A1	S ₂	345	354	341	348	1388	347
A1	S ₃	315	323	327	335	1300	325
A1	S ₄	353	345	352	353	1403	351
A1	S ₅	327	332	324	333	1316	329
Сума P		1663	1686	1692	1703	6744	337

Рішення. Дисперсійний аналіз проводять за схемою однофакторного досліду. Кінцеві результати його наведено в табл. 6.17.

Таблиця 6.17. Результати дисперсійного аналізу

Дисперсія	Сума квадратів	Ступінь волі	Середній квадрат	Відношення	
				Fф	F ₀₅
Загальна	2735,2	19			
Повторень	170,8	3			
Варіантів	2017,7	4	504,4	11,1	3,42
Похибки	546,7	12	45,6		

Коефіцієнт спадковості (h^2) через дисперсійний аналіз визначається за формулою:

$$h^2 = \frac{S_e^2}{S_\phi^2} = \frac{(S_v^2 - S^2)/n}{(S_v^2 - S^2)/n + S^2},$$

де S_z^2 - дисперсія генотипічна, S_ϕ^2 - дисперсія фенотипічна,
 S_v^2 - середній квадрат варіантів, S^2 - середній квадрат залишку.

$$h^2 = \frac{S_z^2}{S_\phi^2} = \frac{(S_v^2 - S^2)/n}{(S_v^2 - S^2)/n + S^2} = \frac{(504,4 - 45,6)/4}{(504,4 - 45,6)/4 + 45,6} = 0,72 \text{ або } 72\%.$$

Висновок, Коефіцієнт успадкування маси качана гібридами кукурудзи від материнської форми склав $h^2 = 0,72$ частки або 72%.

Додатки

Додаток А

Значення критерію Ст'юдента
(t на 5, 1 і 0,1% рівні значущості або 95, 99 і 99,9% рівні ймовірності)

Ступінь волі	Рівень значущості		
	05	01	001
1	12,71	63,66	-
2	4,30	9,93	31,60
3	3,18	5,84	12,94
4	2,78	4,60	8,61
5	2,57	4,03	6,86
6	2,45	3,71	5,96
7	2,37	3,50	5,41
8	2,31	3,36	5,04
9	2,26	3,25	4,78
10	2,23	3,17	4,59
11	2,20	3,11	4,44
12	2,18	3,06	4,32
13	2,16	3,01	4,22
14	2,15	2,98	4,14
15	2,13	2,95	4,07
16	2,12	2,92	4,02
17	2,11	2,90	3,97
18	2,10	2,88	3,92
19	2,09	2,86	3,88
20	2,09	2,85	3,85
21	2,08	2,83	3,82
22	2,07	2,82	3,79
23	2,07	2,81	3,77
24	2,06	2,80	3,75
25	2,06	2,79	3,73
26	2,06	2,78	3,71
27	2,05	2,77	3,69
28	2,05	2,76	3,67
29	2,05	2,76	3,66
30	2,04	2,75	3,65
50	2,01	2,68	3,50
100	1,98	2,63	3,39
∞	1,96	2,58	3,29

Додаток Б

Кут-арксинус $\sqrt{\text{відсоток}}$

Відсо- ток	Частки відсотку									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,0	1,8	2,6	3,1	3,6	4,0	4,4	4,8	5,1	5,4
1	5,7	6,0	6,3	6,6	6,8	7,0	7,3	7,5	7,7	7,9
2	8,1	8,3	8,5	8,7	8,9	9,1	9,3	9,5	9,6	9,8
3	10,0	10,1	10,3	10,5	10,6	10,8	10,9	11,1	11,2	11,4
4	11,5	11,7	11,8	12,0	12,1	12,2	12,4	12,5	12,7	12,8
5	12,9	13,0	13,2	13,3	13,4	13,6	13,7	13,8	13,9	14,1
6	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,8	14,9	15,0	15,1	15,2
7	15,3	15,4	15,6	15,7	15,8	15,9	16,0	16,1	16,2	16,3
8	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	17,0	17,1	17,2	17,3	17,4
9	17,5	17,6	17,7	17,8	17,8	18,0	18,0	18,2	18,2	18,3
10	18,4	18,5	18,6	18,7	18,8	18,9	19,0	19,1	19,2	19,3
11	19,4	19,5	19,6	19,6	19,7	19,8	19,9	20,0	20,1	20,2
12	20,3	20,4	20,4	20,5	20,6	20,7	20,8	20,9	21,0	21,0
13	21,1	21,2	21,3	21,4	21,5	21,6	21,6	21,7	21,8	22,0
14	22,1	22,1	22,1	22,2	22,3	22,4	22,5	22,6	22,6	22,7
15	22,8	22,9	23,0	23,0	23,1	23,2	23,3	23,3	23,4	23,5
16	23,6	23,7	23,7	23,8	23,9	24,0	24,0	24,1	24,2	24,3
17	24,4	24,4	24,5	24,6	24,6	24,7	24,8	24,9	25,0	25,0
18	25,1	25,2	25,2	25,3	25,4	25,5	25,6	25,6	25,7	25,8
19	25,8	25,9	26,0	26,1	26,1	26,2	26,3	26,4	26,4	26,5
20	26,6	26,6	26,7	26,8	26,9	26,9	27,0	27,1	27,1	27,2
21	27,3	27,4	27,4	26,5	27,6	26,6	27,7	27,8	27,8	27,9
22	28,0	28,0	28,1	28,2	28,2	28,3	28,4	28,4	28,5	28,6
23	28,7	28,7	28,8	28,9	28,9	29,0	29,1	29,1	29,2	29,3
24	29,3	29,4	29,5	29,5	29,6	29,7	29,7	29,8	29,9	29,9
25	30,0	30,1	30,1	30,2	30,3	30,3	30,4	30,5	30,5	30,6
26	30,7	30,7	30,8	30,9	30,9	31,0	31,0	31,0	31,2	31,2
27	31,2	31,3	31,4	31,5	31,6	31,6	31,7	31,8	31,8	31,9
28	32,0	32,0	32,1	32,1	32,2	32,3	32,3	32,4	32,5	32,5
29	32,6	32,6	32,7	32,8	32,8	32,9	33,0	33,0	31,1	33,2
30	33,2	33,3	33,3	33,4	33,5	33,5	33,6	33,6	33,7	33,8
31	33,8	33,9	34,0	34,0	34,1	34,1	34,2	34,3	34,3	34,3
32	34,4	34,5	34,6	34,6	34,7	34,8	34,8	34,9	35,0	35,0
33	35,1	35,1	35,2	35,2	35,3	35,4	35,4	35,5	35,6	35,6
34	35,7	35,7	35,8	35,9	35,9	36,0	36,0	36,1	36,2	36,2
35	36,3	36,3	36,4	36,5	36,5	36,6	36,6	36,7	36,8	36,8
36	36,9	36,9	37,0	37,0	37,1	37,2	37,2	37,3	37,4	37,4
37	37,5	37,5	37,6	37,6	37,7	37,8	37,8	37,9	37,9	38,0
38	38,1	38,1	38,2	38,2	38,3	38,4	38,4	38,5	38,5	38,6
39	38,6	38,7	38,8	38,8	38,9	38,9	39,0	39,1	39,1	39,2
40	39,2	39,3	39,4	39,4	39,5	39,5	39,6	39,6	39,7	39,8
41	39,8	39,9	39,9	40,0	40,0	40,1	40,2	40,2	40,3	40,3
42	40,4	40,5	40,5	40,6	40,6	40,7	40,7	40,8	40,9	40,9
43	41,0	41,0	41,1	41,2	41,2	41,3	41,3	41,4	41,4	41,5
44	41,6	41,6	41,7	41,7	41,8	41,8	41,9	42,0	42,0	42,1
45	42,1	42,2	42,2	42,3	42,4	42,4	42,5	42,5	42,6	42,6
46	42,7	42,8	42,8	42,9	42,9	43,0	43,1	43,1	43,2	43,2
47	43,3	43,3	43,4	43,4	43,5	43,6	43,6	43,7	43,7	43,8
48	43,8	43,9	44,0	44,0	44,1	44,1	44,2	44,3	44,3	44,4
49	44,4	44,5	44,5	44,6	44,7	44,7	44,8	44,8	44,9	44,9

Продовження додатку Б

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	45,0	45,0	45,1	45,2	45,2	45,3	45,3	45,4	45,5	45,5
51	45,6	45,6	45,7	45,8	45,8	45,9	45,9	46,0	46,0	46,1
52	46,2	46,2	46,3	46,3	46,4	46,4	46,5	46,6	46,6	46,7
53	46,7	46,8	46,8	46,9	47,0	47,0	47,1	47,1	47,2	47,2
54	47,3	47,4	47,4	47,5	47,5	47,6	47,6	47,7	47,8	47,8
55	47,9	47,9	48,0	48,0	48,1	48,2	48,2	48,3	48,3	48,4
56	48,4	48,5	48,6	48,7	48,7	48,7	48,8	48,8	48,9	49,0
57	49,0	49,1	49,1	49,2	49,3	49,3	49,4	49,4	49,5	49,5
58	49,6	49,7	49,7	49,8	49,8	49,9	49,9	50,0	50,1	50,1
59	50,2	50,2	50,3	50,4	50,4	50,5	50,5	50,6	50,6	50,7
60	50,8	50,8	50,9	50,9	51,0	51,1	51,1	51,2	51,2	51,3
61	51,4	51,4	51,5	51,5	51,6	51,6	51,7	51,8	51,8	51,9
62	51,9	52,0	52,1	52,1	52,2	52,2	52,3	52,3	52,4	52,5
63	52,5	52,6	52,6	52,7	52,8	52,8	52,9	53,0	53,0	53,1
64	53,1	53,2	53,3	53,3	53,4	53,4	53,5	53,6	53,6	53,7
65	53,7	53,8	53,8	53,9	54,0	54,0	54,1	54,2	54,2	54,3
66	54,3	54,4	54,4	54,5	54,6	54,6	54,7	54,8	54,8	54,9
67	54,9	55,0	55,1	55,1	55,2	55,2	55,3	55,4	55,4	55,5
68	55,6	55,6	55,7	55,7	55,8	55,9	55,9	56,0	56,0	56,1
69	56,2	56,2	56,3	56,4	56,4	56,5	56,5	56,6	56,7	56,7
70	56,8	56,8	56,9	57,0	57,0	57,1	57,2	57,2	57,3	57,4
71	57,4	57,5	57,5	57,6	57,7	57,7	57,8	57,9	57,9	58,0
72	58,0	58,1	58,2	58,2	58,3	58,4	58,4	58,5	58,6	58,6
73	58,7	58,8	58,8	58,9	59,0	59,0	59,1	59,2	59,2	59,3
74	59,3	59,4	59,5	59,5	59,6	59,7	59,7	59,8	59,9	59,9
75	60,0	60,1	60,1	60,2	60,3	60,3	60,4	60,5	60,5	60,6
76	60,7	60,7	60,8	60,9	60,9	61,0	61,1	61,1	61,2	61,3
77	61,3	61,4	61,5	61,6	61,6	61,7	61,8	61,8	61,9	62,0
78	62,0	62,1	62,2	62,2	62,3	62,4	62,4	62,5	62,6	62,6
79	62,7	62,8	62,9	62,9	63,0	63,1	63,2	63,2	63,3	63,4
80	63,4	63,5	63,6	63,6	63,7	63,8	63,9	63,9	64,0	64,1
81	64,2	64,2	64,3	64,4	64,4	64,5	64,6	64,7	64,8	64,8
82	64,9	65,0	65,0	65,1	65,2	65,3	65,4	65,4	65,5	65,6
83	65,6	65,7	65,8	65,9	66,0	66,0	66,1	66,2	66,3	66,3
84	66,4	66,5	66,6	66,7	66,7	66,8	66,9	67,0	67,0	67,1
85	67,2	67,3	67,4	67,4	67,5	67,6	67,6	67,8	67,9	67,9
86	68,0	68,1	68,2	68,3	68,4	68,4	68,5	68,6	68,7	68,8
87	68,9	69,0	69,0	69,1	69,2	69,3	69,4	69,5	69,6	69,6
88	69,7	69,8	69,9	70,0	70,1	70,2	70,3	70,4	70,4	70,5
89	70,6	70,7	70,8	70,9	71,0	71,1	71,2	71,3	71,4	71,5
90	71,6	71,7	71,8	71,8	72,0	72,0	72,2	72,2	72,3	72,4
91	72,5	72,6	72,8	73,0	73,0	73,0	73,2	73,3	73,4	73,5
92	73,6	73,7	73,8	73,9	74,0	74,1	74,2	74,3	74,4	74,6
93	74,7	74,8	74,9	75,0	75,1	75,2	75,4	75,5	75,6	75,7
94	75,8	75,9	76,1	76,2	76,3	76,4	76,6	76,7	76,8	77,0
95	77,1	77,2	77,3	77,5	77,6	77,8	77,9	78,0	78,2	78,3
96	78,5	78,6	78,8	78,9	79,1	79,2	79,4	79,5	79,7	79,9
97	80,0	80,2	80,4	80,5	80,7	80,9	81,1	81,3	81,5	81,7
98	81,9	82,1	82,3	82,5	82,7	83,0	83,2	83,4	83,7	84,0
99	84,3	84,6	84,9	85,2	85,6	86,0	86,4	86,9	87,4	88,2
100	90,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Значення критерію Пірсона χ^2

Число ступенів волі	Рівень значущості							
	0,99	0,95	0,75	0,50	0,25	0,10	0,05	0,01
1	,,,	,,,	0,10	0,45	1,32	2,71	3,84	6,63
2	0,02	0,10	0,58	1,39	2,77	4,61	5,99	9,21
3	0,11	0,35	1,21	2,37	4,11	6,25	7,81	11,34
4	0,30	0,71	1,92	3,36	5,39	7,78	9,49	13,28
5	0,55	1,15	2,67	4,35	6,63	9,24	11,07	15,09
6	0,87	1,64	3,45	5,35	7,84	10,64	12,59	16,81
7	1,27	2,17	4,25	6,35	9,04	12,02	14,07	18,48
8	1,65	2,73	5,07	7,34	10,22	13,36	15,51	20,09
9	2,09	3,33	5,90	8,34	11,39	14,68	16,92	21,67
10	2,56	3,94	6,74	9,34	12,55	15,99	18,31	23,21
11	3,05	4,57	7,58	10,34	13,70	17,28	19,68	24,72
12	3,57	5,23	8,44	11,34	14,85	18,55	21,03	26,22
13	4,11	5,89	9,30	12,34	15,98	19,81	22,36	27,69
14	4,66	6,57	10,17	13,34	17,12	21,06	23,68	29,14
15	5,23	7,26	11,07	14,34	18,25	22,31	25,00	30,58
16	5,81	7,96	11,91	15,34	19,37	23,54	26,30	32,00
17	6,41	8,67	12,79	16,34	20,49	24,77	27,59	33,41
18	7,01	9,39	13,68	17,34	21,60	25,99	28,87	34,81
19	7,63	10,12	14,56	18,34	22,72	27,20	30,14	36,19
20	8,26	10,85	15,45	19,34	23,83	28,41	31,41	37,57
21	8,90	11,59	16,34	20,34	24,93	29,62	32,67	38,93
22	9,54	12,34	17,17	21,34	26,04	30,81	33,92	40,29
23	10,20	13,09	18,01	22,34	27,14	32,01	35,17	41,64
24	10,86	13,85	18,86	23,34	28,24	33,20	36,42	42,98
25	11,52	14,61	19,71	24,34	29,34	34,38	37,65	44,31
26	12,20	15,38	20,56	25,34	30,43	35,56	38,89	45,64
27	12,88	16,15	21,41	26,34	31,53	36,74	40,11	46,93
28	13,56	16,93	22,26	27,34	32,62	37,92	41,34	48,28
29	14,26	17,71	23,11	28,34	33,71	39,09	42,56	49,59
30	14,95	18,49	23,96	29,34	34,80	40,26	43,77	50,89
40	22,16	26,51	29,05	33,66	45,62	51,80	55,76	63,39
50	19,71	34,76	37,69	42,94	56,33	63,17	67,50	76,15
60	37,48	43,19	46,46	52,29	66,98	74,40	79,08	88,38
70	45,44	51,74	55,33	61,70	77,58	85,53	90,53	100,42
80	53,54	60,39	64,28	71,14	88,13	96,58	101,88	112,33
90	61,75	69,13	73,29	80,62	98,64	107,56	113,14	124,12
100	70,06	77,93	82,36	90,13	109,14	118,50	124,34	135,81

Значення критерію Фішера (F на 5% рівні значущості або 95% рівні ймовірності)

Ступінь волі для меншої дисперсії, знаменника	Ступінь волі для більшої дисперсії (чисельника)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24	50	100
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	249	252	253
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36	19,37	19,38	19,39	19,41	19,45	19,47	19,49
3	18,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81	8,78	8,74	8,64	8,58	8,56
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,25	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,77	5,70	5,66
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78	4,74	4,68	4,53	4,44	4,40
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,27	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,84	3,75	3,71
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63	3,57	3,41	3,32	3,28
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,34	3,28	3,12	3,03	2,98
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13	3,07	2,90	2,80	2,76
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97	2,91	2,74	2,64	2,59
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,86	2,79	2,61	2,50	2,45
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,80	2,76	2,69	2,50	2,40	2,35
13	4,64	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,84	2,77	2,72	2,67	2,60	2,42	2,32	2,26
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77	2,70	2,65	2,60	2,53	2,35	2,24	2,19
15	4,54	3,60	3,29	3,06	2,90	2,79	2,70	2,64	2,59	2,55	2,48	2,29	2,18	2,12
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,24	2,13	2,07
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,62	2,55	2,50	2,45	2,38	2,19	2,08	2,02
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,15	2,04	1,98
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,55	2,48	2,43	2,38	2,31	2,11	2,00	1,94
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,52	2,45	2,40	2,35	2,28	2,08	1,96	1,90
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25	2,05	1,93	1,87
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,47	2,40	2,35	2,30	2,23	2,03	1,91	1,84
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,45	2,38	2,32	2,28	2,20	2,00	1,88	1,82
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,43	2,36	2,30	2,26	2,18	1,98	1,86	1,80
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,41	2,34	2,25	2,24	2,16	1,96	1,84	1,77
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,15	1,95	1,82	1,76
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,36	2,29	2,24	2,19	2,12	1,91	1,78	1,72
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,34	2,27	2,21	2,12	2,09	1,89	1,76	1,69
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,07	2,00	1,79	1,66	1,59
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07	2,02	1,95	1,74	1,60	1,52
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,30	2,19	2,10	2,03	1,97	1,92	1,85	1,63	1,48	1,39

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, П. В. Костогриз; В. П. Опришко. За ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

Методика наукових досліджень в агрономії [текст] : навч. посіб. / В. Г. Дідора, А. С., Смаглій О. Ф., Ермантраут Е. Р. [та ін.] К. : «Центр учбової літератури», 2013. 264 с.

Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник /В.О.Єщенко, П.Г. Копитко, В.П.Опришко, П.В.Костогриз; За ред. В.О.Єщенка. Дія. 2005. 288 с.

Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «Нічлава». 2003. 320 с.

Лісовал А.П. Методика агрохімічних досліджень. К.: НАУ, 2001. 247 с.

Міщенко Юрій Григорович
Прасол Володимир Іванович
Давиденко Геннадій Анатолійович
Масик Ігор Миколайович
Ермантраут Едуард Рудольфович
Гудзь Володимир Павлович

Методика наукових досліджень в агрономії

Навчальний посібник

Суми, РВВ, Сумський національний аграрний університет,
вул. Г.Кондратьєва, 160

Підписано до друку: червень, 2024 р. Формат А5: Гарнітура Times New Roman

Тираж: 100 примірників Замовлення _____ Ум. друк. арк.

