

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет «Агротехнологій та екології»
Кафедра Плодоовочівництва, виноградарства та біохімії

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З ДИСЦИПЛІНИ
ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

для здобувачів освітнього рівня «бакалавр» зі спеціальності

201 «Агрономія»

(на основі повної загальної середньої освіти та молодшого спеціаліста)

Мелітополь 2018

Конспект лекцій з дисципліни «Основи наукових досліджень» для здобувачів освітнього рівня «бакалавр» зі спеціальності 201 «Агрономія» (на основі повної загальної середньої освіти та молодшого спеціаліста). - Мелітополь, ТДАТУ. - 2018. - 60 с.

Розробники: Іванова І.Є. к.с.-г.н., доцент
Євстафієва К.С., асистент

Розглянуті та схвалені на засіданні кафедри «Плодоовочевництва, виноградарства та біохімії» протокол № _____ від. «_____» _____ 2018 року

Схвалено і рекомендовано до впровадження в навчальний процес методичною комісією факультету АТЕ

Протокол № _____ від. «_____» _____ 2019 року

Голова _____ (Гранкіна О.В.)
(підпис) (прізвище та ініціали)
«_____» _____ 2019 року

© Іванова І.Є., 2019 рік

ЛЕКЦІЯ 1

ТЕМА: Методи досліджень в агрономії..

1. Класифікація та характеристика методів досліджень наукової агрономії.
 - 1.1. Загальнонаукові методи досліджень
 - 1.2. Спеціальні методи досліджень
2. Вимоги до польового досліджу.

Самостійна робота: Історія виникнення та розвитку сільськогосподарської дослідної справи в Україні.

Література:

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. – К.: Вища школа, 1994. – 334 с.

1. Класифікація та характеристика методів досліджень наукової агрономії.

1.1. Загальнонаукові методи досліджень

Із загальнонаукових методів в агрономії найчастіше застосовують такі: гіпотези, експеримент, спостереження, аналіз, синтез, індукцію, дедукцію, абстрагування, конкретизацію, аналогію, моделювання, формалізацію, інверсію, узагальнення та ін.

Висування робочих гіпотез. Гіпотеза— наукове припущення, істинне значення якого є невизначеним. Розрізняють гіпотези як метод розвитку наукових знань і як складову частину наукової теорії. Якщо гіпотези використовують для розвитку знань, то спочатку висувають певні припущення, які потім перевіряють в експерименті.

Гіпотези можуть висуватись на основі відомих знань, і в такому випадку вони є обґрунтованими припущеннями. Крім того, вони можуть бути просто здогадками. *Наприклад, у господарстві низька врожайність районованого сорту озимої пшениці. При цьому можуть висуватись такі робочі гіпотези: рівень мінерального живлення низький і його треба підвищити; співвідношення поживних елементів не відповідає вимогам культури і сорту; при вирощуванні сорту не беруть до уваги особливості попередників; норми висіву не відповідають родючості ґрунту та ін. Кожна з цих гіпотез висувається на основі чого, що вже спостерігалось у практиці. Гіпотези перевіряють в експериментах, вирощуванням зазначеного сорту пшениці за умов різного мінерального живлення та співвідношення поживних елементів, після різних попередників, з неоднаковими нормами висіву тощо. Якщо при поліпшенні агротехніки рівень урожайності та якості продукції сорту не підвищуються, висувають гіпотезу про можливість використання*

на даному фоні агротехніки інших сортів.

Якщо селекціонер пропонує новий сорт культури, то робоча гіпотеза про перспективність сорту висувається на основі його характеристики, яку дає Держкомісія по випробуванню і охороні сортів.

Існують такі правила висування гіпотез:

- 1) відповідність гіпотез фактам, яких вони стосуються;
- 2) з висунутих гіпотез найбільш придатна та, яка пояснює більшу кількість фактів;
- 3) для пояснення фактів зв'язок гіпотез з ними має бути найтіснішим;
- 4) суперечливі гіпотези не можуть бути одноразово істинними;
- 5) при висуванні гіпотези треба усвідомлювати імовірність їх висновків.

Гіпотези як здогадки менш поширені у наукових дослідженнях, але вони можуть мати велике значення (наприклад, здогадки Ньютона про закони всесвітнього тяжіння, Резерфорда про одержання енергії від ядерних реакцій, Лібиха — про мінеральне живлення рослин та ін.).

Експеримент — метод пізнання, за допомогою якого в штучних, але контрольованих умовах досліджуються об'єкт та процеси, що відбуваються в ньому. В експерименті перевіряються гіпотези, які висуваються при плануванні досліду. Слід зазначити, що експеримент (дослід) є провідним методом агрономічних досліджень разом з висуванням і гіпотез та спостереженнями.

Сучасна наука використовує різні типи експериментів: якісні, кількісні (вимірювальні), змішані, мислені та обчислювальні.

Основною метою *якісних експериментів* є виявлення передбаченого гіпотезами чи теоріями явища (є чи немає). Так, згідно з характеристикою один сорт пшениці стійкий до ураження сажкою, другий — до вилягання. В експерименті це можна перевірити. У якісних експериментах можна також мати відповідь на такі запитання: морозостійкий сорт чи ні, ранньостиглий чи пізньостиглий тощо.

Більш складними є *кількісні (вимірювальні) експерименти*, у яких досліджують кількісні показники певних властивостей об'єкта. Так, при вивченні попередників для культури визначають її врожайність, якість продукції, ступінь ураженості шкідниками, хворобами та ін. При обліках мають на увазі такі кількісні показники, як маса (ц) або цукристість, білковість, ураженість (%) тощо.

Найчастіше застосовують *змішані експерименти*, коли у них вивчають показники якісної і кількісної мінливості.

У фундаментальних науках використовують і *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.

Експеримент має певні переваги порівняно з іншими методами:

1) в експерименті досліджуваний об'єкт перебуває в штучних умовах, не чекаючи, поки вони з'являться у природі — зрошують або удобрюють рослини, висівають насіння різними нормами, у різні строки, захищають посіви від хвороб і шкідників за допомогою різних хімічних препаратів тощо;

2) в одному досліді можна вивчати кілька явищ і тоді дослід стає багатофакторним.

В експерименті можна вивчати не лише окремі елементи агротехніки, а й технології. *Наприклад, у ньому є можливість порівняти інтенсивну технологію вирощування сіль-ського господарської культури із звичайною, яку застосовували раніше.*

Спостереження— цілеспрямоване зосередження уваги дослідника на явищах експерименту або природи, їх кількісна та якісна реєстрація. Метою спостережень у науковій агрономії є виявлення кращих елементів агротехніки, технологій, сортів, ґрунтів тощо, які сприяють підвищенню врожаю та поліпшенню його якості. Основними вимогами спостереження є такі:

- 1) одержання однозначних результатів досліджень;
- 2) об'єктивність, тобто можливість контролю за допомогою повторного спостереження;
- 3) використання для спостереження точних приладів;
- 4) правильна інтерпретація результатів спостережень.

Прикладами спостережень є визначення морозо-, зимо-, посухостійкості рослин, стійкості їх до вилягання, пошкодження шкідниками та ураження хворобами тощо. Спостереження проводять не лише в експерименті, а й поза ним. Так, спостерігають за явищами природи: випаданням атмосферних опадів, температурою та вологістю повітря, температурою ґрунту, кількістю сонячних днів, настанням перших заморозків восени та останніх навесні, початком вегетації та її кінцем, початком і кінцем цвітіння, проходженням інших фенофаз у рослин безпосередньо в природі, тобто без експерименту. В результаті таких спостережень можна мати дані і зробити цінні висновки про агрокліматичне районування різних культур. Різновидністю спостережень можуть бути обліки врожайності та визначення якості продукції в умовах експерименту чи поза ним.

Обліки та спостереження необхідно проводити за спеціальними апробованими методиками відповідно до державних стандартів. Всі прилади для обліків та спостережень (ваги, термометри, колориметри та ін.) треба перевіряти не менш як один раз за рік Державною інспекцією по стандартах. Результати перевірки оформляють актами.

Аналіз — метод дослідження, за допомогою якого досліджуваний об'єкт уявно або практично розчленовується на складові частини з метою більш детального вивчення (*наприклад, дослід спочатку аналізують по повтореннях, а кожне повторення — по окремих ділянках, варіантах*).

Рослини у динаміці їх росту аналізують або через певний проміжок часу — один раз за декаду, місяць — або за фазами розвитку рослин. Для визначення хімічного складу рослини спочатку розчленовують на окремі органи — листя, стебла, плоди, коріння тощо. У коренеплодах цукрових буряків визначають вміст цукрів, у зерні злакових культур — білка, у бульбах картоплі — крохмалю тощо.

У наукових дослідженнях застосовують кілька видів аналізу. Один з них полягає в тому, що після розчленування об'єкта на складові частини визначають співвідношення між ними. Іншим видом аналізу є класифікація ґрунтів, рослин, хвороб, шкідників тощо. Відомі також аналізи математичні, формально-логічні та ін. Аналіз як метод досліджень використовують у зв'язку із синтезом.

Синтез— поєднання розчленованих та проаналізованих частин досліджуваного об'єкта або кількох об'єктів в єдине ціле. Завдання синтезу — на основі детального аналізу одержати необхідні дані для більш повних висновків та узагальнень. Певного мірою синтез протилежний аналізу, але вони взаємозалежні та взаємообумовлені. *Наприклад, аналізуючи дані кожного повторення, дослідник обчислює середні арифметичні по кожному варіанту. Аналіз же кожного варіанта призводить до їх об'єднання у досліді, після чого роблять висновки та узагальнення і як кінцевий синтез — дають рекомендації виробництву.*

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. *Якщо листя рослин жовтіє, то роблять висновок про недостатнє азотне живлення; якщо воно набуває фіолетового відтінку — про нестачу фосфору в рослині, якщо листя в'яне, то не є основою для висновку про погіршення водного режиму ґрунту.*

Дедуція— метод досліджень, який дає змогу за допомогою аналізу загальних положень і фактів робити часткові і поодинокі висновки. Застосування будь-якого загального положення, закону або закономірностей для часткових висновків здійснюється також дедуктивним методом. *Наприклад, відомо, що застосування хімічної речовини тур для обприскування рослин пшениці зменшує міжвузля рослин. Чим коротші міжвузля, тим нижчою буде рослина. Звідси конкретним буде висновок, що короткостеблові рослини пшениці більш стійкі до вилягання. Перевірка цього висновку на практиці підтвердила його правильність.*

Абстракція— мислене виділення основного у об'єкті досліджень, найбільш суттєвих зв'язків.

Використовують два типи абстракцій:

- 1) ототожнення — для створення понять про системи, класи;
- 2) 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 виділяє, найцінніші не лише за врожайністю і якістю продукції, а й стійкі до хвороб, шкідників, посухо- та морозостійкі та з іншими цінними властивостями.

Абстракція також передбачає прогнозування результатів експериментів і тому є універсальним методом пізнання.

Конкретизація— метод досліджень, за допомогою якого від абстрактного переходять до конкретного. *Наприклад, виділивши у створенні органічної речовини основний процес — фотосинтез — і зрозумівши його суть, дослідник мислено 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. При цьому висновок робиться за аналогією. *Так, якщо у господарстві впроваджується новий сорт картоплі і про нього відомо, що він аналогічний районуваному сорту Пролісок, то це означає, що новий сорт так само ранньостиглий, стійкий проти раку і картопляної нематоди, високопродуктивний, як і районуваний сорт.*

Аналогію треба використовувати разом з іншими методами додержуючись таких вимог:

- 1) аналогія має ґрунтуватись на істотних ознаках і більшому числі загальних властивостей;
- 2) зв'язки між порівнюваними ознаками повинні бути тісними;
- 3) 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 дослідження об'єктів, процесів і явищ на їх моделях. Суть моделювання — заміна об'єктів, які важко вивчати, спеціально створеним ана-логом зручної моделі. Щоб дослідження на моделях були ефективними, кожна з них повинна маги риси оригіналу. Якщо модель зберігає фізичну природу оригіналу, то вона є фізичною моделлю.

Прикладом найпростішого моделювання у дослідній справі є складання схеми досліду, креслення у масштабі дослідної ділянки з її облікового та захисною частинами, схематичне відображення всього досліду з виділенням повторень і зазначенням місця кожного варіанта тощо.

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

будуть більше відповідати результатам об'єкта досліджень. Моделювання як метод застосовується разом з іншими методами, часто з експериментом і має назву модельного експерименту.

Формалізація — метод вивчення об'єктів за допомогою окремих елементів їх форм, які відображують зміст об'єкта. Найчастіше формалізацію застосовують з викори-станням 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 залежність кожного з них, а потім виводиться загальна формула: $Y = f(X_1 X_2 X_3 X_4 \dots X_n)$. Використання цих та подібних формул є суттю методу формалізації.*

Інверсія— метод незвичайного вивчення об'єкта, явищ, предметів під іншим 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.

висушити і розмолоти. При висушуванні при високих температурах у рослинних *Щоб узяти середню наважку, зразки рослин перед хімічним аналізом потрібно спочатку зразках відбуваються перетворення, внаслідок яких може докорінно змінитись біохімічний склад зразка і результати аналізу будуть недійсними. Отже, не можна висушувати рослинні зразки для біохімічного аналізу при високих температурах. Однак цю проблему можна вирішити методом інверсії, тобто зневоднити рослинний зразок при низьких температурах (виморожуванням). При цьому 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. Спочатку узагальнюють результати досліджень для кожного повторення, потім для всього досліду, конкретного господарства, а далі для всіх госпо-дарств, що розміщуються в аналогічних ґрунтово-кліматичних умовах, для певних культур, сортів тощо. Узагальнювати можна факти, судження і наукові теорії. Для цього використовують абстракцію, конкретизацію, аналіз, синтез, індукцію, дедукцію тощо.

1.2. Спеціальні методи досліджень

До спеціальних методів досліджень належать ті, які застосовують у науковій агрономії, тому їх ще називають конкретно-науковими. До цієї групи належать такі основні методи: лабораторний, вегетаційний, лізиметричний, вегетаційно-польовий, польовий, експедиційний. Кожний з них можна використовувати у взаємозв'язку з іншими спеціальними та загальнонауковими методами.

Лабораторний метод застосовують для аналізу рослин, їх середовища в

лабораторних умовах з метою вивчення взаємодії між рослиною та умовами навколишнього середовища, оцінки якості врожаю, вивчення обміну речовин у рослинах, дослідження фізичних, хімічних та мікробіологічних властивостей ґрунту тощо.

Лабораторний метод передбачає не лише детальні аналізи, а й об'єктивний і всебічний синтез результатів досліджень з наступною перевіркою пропозицій на практиці.

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

Веgetаційний метод— дослідження рослин, які вирощують у скляних будиночках при контрольованих умовах зовнішнього середовища строком від кількох днів до кількох місяців. 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».

Веgetаційний метод дає змогу підтримувати у межах запланованих дослідом різні умови — вологість, забезпечення поживними речовинами, рН розчину, освітлення, температуру тощо. Але цим методом не досліджується вплив окремих факторів, які вивчаються, на продуктивність рослин у мінливих природних умовах. Оскільки у вегетаційних дослідженнях умови середовища регулюються і не змінюються так, як у полі, то кількість вегетаційних періодів, тобто повторень досліджень у часі, можна зменшити до мінімуму.

Веgetаційний метод часто використовують разом з польовим.

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

Основними недоліками вегетаційного методу є такі:

- 1) у вегетаційних посудинах немає всіх шарів ґрунту, які є у полі, немає підґрунтя, що змінює, гідрологічні умови дослідження. Часто у них поживним субстратом є пісок, вода, гравій тощо. Тому цей метод не відповідає на питання, як буде впливати фактор, що вивчається, на врожайність культур у польових умовах.
- 2) значні матеріальні затрати на спорудження вегетаційних будиночків та їх обладнання.

Проте вегетаційний метод дає змогу точніше моделювати різні умови

середовища і виявляти кращі з них для сільськогосподарських рослин. Д. М. Прянишников писав, що 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 і доповнюють один одного.

Лізиметричний метод— дослідження рослин і властивостей ґрунту в полі з метою вивчення балансу вологи і елементів живлення. Проводять такі дослідження у дуже великих посудинах — лізиметрах, які періодично зважують. Цей метод відрізняється від вегетаційного тим, що життя рослин і властивості ґрунту досліджують не у вегетаційних будиночках, а безпосередньо у полі, де лізиметри вставляють у викопані ями так, щоб надземна частина рослин була в таких самих умовах, як і рослин, вирощуваних безпосередньо в полі. У дні кожного лізиметра є отвір, через який збирають промивні води для хімічних аналізів.

Залежно від мети дослідження і рослини висота ґрунту в лізиметрах може коливатись від 25 см до 2 м (найчастіше 1—1,5 м). За способом наповнення ґрунтом розрізняють два типи лізиметрів: з насипним ґрунтом, тобто з порушенням його природного складення і природною будовою (у лізиметр вкладають моноліт ґрунту). У насипні лізиметри ґрунт насипають пошарово, просіваючи, змішуючи і ущільнюючи його до природного об'єму. Залежно від завдання досліду лізиметри можуть бути зайняті рослинами або без рослин.

Лізиметри можуть бути бетонними з об'ємом на 1—2 м³ ґрунту або металевими з діаметром 20—100 см. Іноді для лізиметрів використовують металеві лійки діаметром до 50 см.

Щоб зручніше збирати промивні води, під лізиметрами обладнують освітлені коридори. Для періодичного зважування у лізиметрах роблять спеціальні отвори або кільця. Незалежно від конструкції їх розміщують окремими групами згідно з тематикою досліджень біля лабораторій (щоб зручніше їх обслуговувати).

Основні питання, які вивчають за допомогою лізиметричного методу, такі: динаміка вологості ґрунту; промивання атмосферних опадів; склад води, що фільтрується через ґрунт; вимивання мінеральних солей з ґрунту і добрив; втрата поживних речовин у процесі багаторічного удобрення; транспірація та випаровування вологи ґрунтом, водопроникність ґрунту тощо.

Хоч лізиметричні дослідження проводять у полі, умови їх не дуже близькі до польових. Для усунення цього недоліку 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.

Ґрунт у циліндрах відокремлений від ґрунту поля лише збоку, а знизу він контактує з ним або підґрунтям на досліджуваній площі. Такі циліндри

можна установлювати не лише на спеціально підготовлених площах, а й безпосередньо у полях сівозмін, де вирощують певні культури на різних агрофонах, на ґрунтах неоднакового типу, на площах з різною експозицією та крутизною схилів тощо.

За допомогою цього методу вивчають ефективність добрив, родючість генетичних горизонтів ґрунту, моделюють умови ґрунтового середовища. Для цього у циліндри залежно від варіантів досліду вносять різні елементи живлення в неоднакових дозах і співвідношеннях, створюють різну реакцію ґрунтового розчину, неоднаково ущільнюють ґрунт тощо. Разом з тим у циліндри можна висівати різні культури у чистому вигляді і в сумішках з неоднаковою нормою насіння і на різну глибину, з використанням підживлення рослин або без нього.

У процесі дослідження у ґрунт закопують металеві циліндри висотою від 30 до 100 см так, щоб вони були вище поверхні ґрунту на 10 см. Повторність має бути, як мінімум, трикратного. У контрольних варіантах створюють такі умови, як і в полі, де установлюють лізиметри. Отже, в такому досліді вплив факторів вивчається в умовах, близьких до природних. Вегетаційно-польовий метод використовують також у селекційній роботі, агрометеорології, землеробстві, рослинництві, моделюючи необхідні умови ґрунтового середовища. Використання пересувних кліматичних камер з поліетиленових плівок, де регулюється температура повітря, дає можливість моделювати різні погодні умови і навіть клімат залежно від фаз росту і розвитку рослин. Це сприяє зменшенню негативного впливу різних природних умов на формування врожаю.

Крім зазначених переваг, вегетаційно-польовий метод має і ту, що для його використання не потрібно спеціальних приміщень із складним обладнанням (вегетаційних будиночків, теплиць, фітотронів). Однак слід зазначити, що детальніше вивчення культур можливе при використанні польового методу.

Польовий метод дослідження— це проведення польових дослідів (експериментів). Він є основним методом наукової агрономії, бо саме за його допомогою пов'язуються теоретичні дослідження з практичними: на основі його даних розробляються рекомендації агрозаходів, технологій і сортів для сільськогосподарського виробництва.

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. *Наприклад, глибина, строки і способи обробки ґрунту вивчаються безпосередньо у полі. Так вивчають і різні технології — вирощування культур, структуру посівних площ, кращі попередники, способи і норми зрошення, заходи боротьби з водною та, вітрового ерозією ґрунтів, ефективність органічних та мінеральних добрив, заходи меліорації ґрунтів нові сорти, гібриди та ін.*

В агрономії використовують різні види польових дослідів. Польові досліді проводять у наукових установах і в умовах виробництва. Їх кінцевою метою є оцінка економічної ефективності варіантів і впровадження кращих з них у виробництво.

Хоч польовий метод і є основним у науковій агрономії, його не можна протиставляти іншим спеціальним та загальнонауковим методам. Ефективність цього методу значною мірою збільшується при поєднанні з іншими методами, вибір яких визначається програмою досліджень.

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

Метою експедиційних обстежень є з'ясування причин вилягання хлібів; загибель озимих та багаторічних трав; дослідження умов вирощування високих та низьких урожаїв в окремих господарствах, у районі чи області; вивчення причин погіршення або поліпшення якості продукції; дослідження вмісту у продукції пестицидів, радіонуклідів та нітратів, які перевищують допустимі норми. Під час експедиційних досліджень виявляють також поширення злісних і карантинних бур'янів, хвороб та шкідників сільськогосподарських культур, доцільну структуру посівних площ, кращі попередники, найбільш раціональні сівозміни, перспективні сорти для конкретних господарств, їх груп, цілого району або певної ґрунтово-кліматичної зони. Цим методом доцільно також досліджувати ефективність способів, строків і глибини обробки ґрунту. Для боротьби з ерозією ґрунту за допомогою експедиційного методу спочатку виявляють причини її поширення та фактори, які сприяють її виникненню в конкретних господарствах чи районах.

Експедиційний метод застосовують також для ґрунтових досліджень. При цьому копають ґрунтові розрізи, описують їх, беруть зразки ґрунту для фізико-хімічних-аналізів.

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.

У складі експедиції доцільно мати спеціалістів із землеробства (або рослинництва), захисту рослин, агрохіміка-ґрунтознавця та ін. Зібраний матеріал аналізують, математично обробляють і узагальнюють. Результати досліджень публікують у науковій літературі, а в популярній формі — у газетах відповідних районів та областей.

2. Вимоги до польового дослідю.

Основними вимогами до дослідів є такі:

- 1) додержання принципу єдиної логічної відміни;
- 2) додержання правила доцільності;
- 3) дослід має бути типовим;
- 4) умови проведення повинні бути придатними для будь-якого дослідю;
- 5) можливість відтворення результатів досліджень в ідентичних умовах;
- 6) у разі необхідності можливість проведення додаткових контролів і варіантів;
- 7) проведення досліджень на перспективних культурах і сортах;
- 8) у кожному досліді має бути необхідна документація;
- 9) облік, крім основних показників (урожайності та якості продукції), супутніх показників;
- 10) визначення точності та достовірності дослідю;
- 11) визначення взаємозалежності та взаємозумовленості спостережень.

Принцип єдиної логічної відміни. За цим принципом (правилом) дослідник може змінювати лише фактор, який вивчається, за умови постійності інших умов дослідю. Наприклад, у досліді вивчається продуктивність посівів соняшнику з густотою рослин на 1 га 40, 50, 60 і 70 тис. шт. За принципом єдиної логічної відміни у досліді змінюють лише густоту посівів, а всі інші умови технології вирощування мають бути. Лише за таких умов можна дослідити, яка густота посіву даного сорту у конкретній ґрунтово-кліматичній зоні є найбільш ефективною.

Правило доцільності. Відповідно до правила доцільності боротьбу з хворобами рослин проводять лише у посівах тих сортів чи. у варіантах дослідю, де поширені хвороби. Якщо серед певних сортів чи в окремих варіантах дослідю хвороб немає, застосування фунгіцидів недоцільне. У дослідях, де вивчають різні норми зрошення, рослини досягають у різні строки. Чим більша норма поливу, тим пізніше закінчується вегетація, отже, пізніше збирають урожай. Тому і збирання проводять не в один строк, як цього вимагало б правило єдиної відміни, а у різні, відповідно до строку збиральної стиглості, тобто у господарсько доцільні строки. Те ж саме стосується і строків основного обробітку ґрунту для окремих культур після різних попередників.

Типовість дослідю. Відповідно до цієї вимоги дослід необхідно проводити у таких умовах, які б відповідали природній зоні, ґрунтам, особливостям культури і сорту, рівню механізації процесів обробітку ґрунту, заляганню ґрунтових вод, організаційно-економічним умовам тощо. Для кожної ґрунтово-кліматичної зони добирають відповідні культури з певним їх співвідношенням у структурі посівних площ. Дослідю проводять у типових для даної зони сівозмінах.

У кожній ґрунтово-кліматичній зоні треба використовувати районовані та перспективні сорти.

Під час досліджень необхідно також ураховувати типовість погоди.

Системи обробітку ґрунту, удобрення, норми висіву, строки сівби та глибина загортання насіння мають бути також типовими для певної зони відповідно до особливостей 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.

Придатність умов для досліді. Наприклад, планується дослід з вивчення дози мінеральних добрив від 30 до 150 кг/га діючої речовини. Площа досліді має типові схил, ґрунт, підґрунтя, рівень ґрунтових вод. За рік до проведення досліді на всій площі було внесено повне мінеральне добриво з розрахунку по 180 кг/га діючої речовини. Однак така площа для досліді непридатна, тому що на фоні високих попередніх доз добрив не можна дослідити дію значно нижчих доз на рослини такою мірою, як це могло б бути на попередньому нижчому фоні удобрення.

На посівах сортів сільськогосподарських культур, комплексно стійких проти певних хвороб, не можна вивчати ефективність фунгіцидів та їх доз. Саме тому, щоб провести дослід на належному методичному рівні, треба завжди додержувати правила придатності всіх умов для досліді.

Відтвореність результатів досліді. Згідно з цією вимогою дослідник, повторюючи дослід за аналогічною методикою і в ідентичних умовах, має одержати результати, аналогічні одержаним у попередньому досліді. Таке відтворення результатів надзвичайно важливе насамперед для перевірки достовірності одержаних раніше даних, впровадження кращих варіантів досліді у виробництво.

Щоб досліді можна було відтворювати в аналогічних умовах, дослідник має детально описувати всі необхідні умови їх проведення.

Дослід повинен відтворюватись 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 досліді за врожайністю і якістю продукції можуть мінятися місцями. Водночас ці зміни можна і необхідно буде пояснити змінами погоди.

Введення додаткових варіантів і контролів. У досліді, де вивчають питання підживлення просапних культур під час міжрядного розпушування ґрунту, до варіантів досліді (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, що ж діє— підживлення чи розпушування ґрунту. Вивчаючи позакореневе підживлення у розчинах до варіантів (без підживлення та з підживленням), у схему досліді треба додатково включити варіант з чистою водою (щоб виявити дію самого

добрива).

Введення чистих контролів обов'язкове у дослідах, де вивчають дію фунгіцидів, інсектицидів та інших препаратів захисту рослин. Досліджуючи питання протруєння насіння перед сівбою певними препаратами, у схему досліду вводять такі варіанти: 1) безпротруєння; 2) з протруєнням (наприклад, фундазолом чи гранозаном — 10 л води на 1 т зерна); 3) із замочуванням водою з розрахунку 10 л на 1 т зерна. Останній варіант включають для того, щоб розрізнити дію води і пестициду.

Проведення досліджень на 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. Для виявлення перспективних сортів досліднику треба консультиватись на держсортодільницях, які обслуговують певні ґрунтово-кліматичні райони, та у відповідних інспекціях. Не можна досліджувати сорти, які на час закладання досліду були виключені з районування.

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

Документацію можна поділити на первинну і додаткову. До первинної належать щоденник науковця, головна книга досліду і звіт про науково-дослідну роботу. Додатковою документацією є лабораторний журнал, робочий зошит, таблиці різних форм для аналізів, стрічки приладів-самописів тощо.

Облік основних показників — урожайності та якості продукції — дає змогу виявити кращі та гірші варіанти досліду, тобто підвищення або зниження врожаю і його якості порівняно з контролем. Проте у досліді виникає питання про причини його підвищення чи зниження, що неможна визначити без супутніх досліджень. Саме тому одночасно з основними треба здійснювати і супутні обліки та спостереження у досліді. Без обліку супутніх показників дослідження не можна вважати повноцінними, бо без них не можна виявити причинності результатів тих чи інших агрозаходів або сортів.

Необхідність визначення достовірності різниць середніх арифметичних і точності досліду. Достовірність досліду визначають порівнянням розрахункового критерію Фішера з теоретичним. Слід зазначити, що точність досліду є одним з основних показників якості дослідної роботи. Отже, розрахунок значення відносних похибок у досліді дає змогу мати уявлення про їх точність.

Необхідність виявлення залежностей між окремими показниками досліду. Об'єкти досліджень — ґрунт, рослини, їх органи тощо — взаємопов'язані і залежать від комплексу умов навколишнього середовища. Ці зв'язки дуже різноманітні. Найбільш складними є зв'язки біологічних

об'єктів, зокрема залежність рослин від умов середовища.

Як показує практика наукової роботи, виявити подібні зв'язки звичайним логічним аналізом майже неможливо без застосування методів математичної статистики, зокрема кореляційних аналізів (розрахунок 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.

ЛЕКЦІЯ 2

ТЕМА: Роль науки в розвитку сільськогосподарського виробництва.

1. Агрономія – комплексна наука.
2. Структура та основні завдання наукових установ.

Самостійна робота: Методика основних агрономічних спостережень за межами наукового кола інтересів студента.

Література:

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Мойсейченко В.Ф., Єшенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. – К.: Вища школа, 1994. – 334 с.

1. Агрономія – комплексна наука.

Вона займається розробкою теоретичних основ та агротехнічних заходів подальшого підвищення продуктивності культурних рослин та покращення якості врожаю. Для вирішення цих завдань необхідне постійне розширення наукових знань, пошук шляхів направленої зміни рослин, виведення нових форм та сортів сільськогосподарських культур, найбільш пристосованих до умов середовища, та зміна умов існування в залежності від потреб рослин. це досягається науково-дослідною справою, пошуком нових можливостей підвищення продуктивності землеробства.

С того часу, як людина почала вирощувати рослини, поступово почали накопичуватися знання щодо росту рослин та їх врожаю, саме те, що ми тепер називаємо народним досвідом, який довгий час був єдиним джерелом сільськогосподарських знань.

Наукова агрономія почала розвиватися під впливом нагальних потреб матеріального виробництва. З ростом потреби в продуктах харчування та зменшенням вільних для освоєння земель практичне землеробство вже не могло на основі одних емпіричних знань задовольнити потреби населення, що постійно збільшувалось. Необхідно було більш детальне вивчення рослин та їх відношення до умов існування, потрібний був науковий метод вивчення питань, що цікавили землеробів та люди, які б володіли цим методом. Так створювались об'єктивні умови зародження наукової агрономії та формування її в самостійну науку. Експериментальні роботи по агрономії велись спочатку на невеликих польових ділянках – дослідних полях, потім виникли дослідні станції, наукові інститути та інші сільськогосподарські установи.

2. Структура та основні завдання наукових установ

Елементарною одиницею серед наукових установ є **науковалабораторія**, яка входить до складу наукового відділу установи або є складовою частиною кафедри вузу. Лабораторія може бути й окремою науковою установою на виробництві або у складі академії наук. У вузах утворюють ще проблемні лабораторії для розв'язання науково-технічних проблем з фундаментальних наук, а також галузеві лабораторії, де вирішують актуальні прикладні завдання галузі. Лабораторії можуть бути складовою частиною опорного пункту.

За спеціалізацією створюють лабораторії агрохімії, фізіології рослин, захисту рослин та ін.

Опорний пункт— це підрозділ дослідної станції або науково-дослідного інституту. Організують опорні пункти також на виробництві. Діяльність цих пунктів планується науковими установами, яким вони підпорядковані. За тривалістю функціонування опорні пункти можуть бути тимчасовими і постійними, залежно від по-кладених на них завдань. Вони ведуть роботу з перевірки і уточнення розроблених дослідними станціями або інститутами способів виробництва продукції землеробства в конкретних господарствах, подають методичну й організаційну допомогу господарствам у впровадженні досягнень науки та передового досвіду, визначають економічну ефективність впроваджених рекомендацій тощо.

На **дослідних полях** проводять багаторічні стаціонарні польові дослідження з вивчення технологій вирощування сільськогосподарських культур у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. У стаціонарних умовах тут вивчають ефективність добрив, типи сівозмін, засоби боротьби з ерозією ґрунтів, агротехніку районуваних культур тощо. Дослідні поля також сприяють впровадженню у виробництво досягнень агрономічної науки.

Науковий відділ— структурна частина дослідної станції або інституту. До його складу входять наукові лабораторії, які працюють на певній частині дослідного поля.

За спеціалізацією є відділи землеробства, агрохімії і ґрунтознавства, селекції, економіки та ін.

Дослідні станції— науково-дослідні установи, які розробляють і рекомендують виробництву агротехнічні, організаційно-господарські та інші заходи стосовно конкретних природно-економічних умов (де ці станції розміщені). Є галузеві дослідні станції, підпорядковані галузевим інститутам або (Міністерству сільського господарства й продовольства, а також державні комплексні станції.

Інститути— це установи, які розробляють теоретичні проблеми сільськогосподарської науки і практичні рекомендації щодо розвитку певних галузей агрономії (відповідно до напрямку своєї роботи). Інститути несуть відповідальність за рівень наукових досліджень та розробку рекомендацій! щодо впровадження досягнень науки та передової практики у виробництво. Науково-технічне керівництво інститутами здійснює Українська академія аграрних наук.

Основними завданнями агрономічної науки є:

- 1) розробка теорії і практики підвищення родючості ґрунтів;
- 2) посилення досліджень у боротьбі з ерозією ґрунтів та їх засоленням;
- 3) агрокліматичне обґрунтування розміщення сільськогосподарських культур у різних природних зонах країни;
- 4) розробка раціональних структур посівних площ та сівозмін відповідно до спеціалізації господарств;
- 5) створення нових високопродуктивних сортів рослин, стійких проти хвороб і шкідників;
- 6) дослідження питань хімізації і меліорації земель при додержанні екологічної безпеки;
- 7) розробка теорії і практики; програмування врожаїв; 8) постійне вдосконалення методики дослідної справи як основи ефективності наукових досліджень.

ЛЕКЦІЯ 3

ТЕМА: Особливості планування та проведення польового дослід

1. Види польових дослідів.
2. Особливості умов проведення польового дослід та заходи підвищення їх точності.
3. Вибір і підготовка земельної ділянки під дослід.

Самостійна робота: Особливості закладання і проведення польових дослідів на луках і пасовищах, з овочевими та плодовими культурами, у боротьбі з ерозією ґрунтів та зрошуваних земель.

Література:

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. – К.: Вища школа, 1994. – 334 с.

1. Види польових дослідів.

Агрономічні досліді об'єднують у дві основні групи — агротехнічні та досліді із сортовипробування. Крім того, їх поділяють на ті, що проводять у природних умовах (польові досліді), та ті, які закладають у теплицях, фітотронах, вегетаційних будиночках. Проміжне місце займають лізіметричні досліді.

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 дрібноділянкові, лабораторно-польові й польові.

Дрібноділянкові досліді У цих дослідіах починають перевіряти нові агрозаходи, гербіциди, інсектициди, фунгіциди, дози добрив чи пестицидів. Співвідношення боків таких ділянок може бути 1x2, 1x4, 2x2, 2x4, 2x5 м. Оскільки їх розміри незначні, захисні смуги не виділяють, а створюють лише доріжки для огляду дослідних варіантів та проведення обліків і спостережень.

Кількість варіантів у таких дослідіах може бути незначною і великою.

Повторність у дрібноділянкових дослідіах може бути мінімальною (3) і максимальною (до 8). Як правило, чим менша площа дослідної ділянки, тим більшу повторність планують у досліді. Дрібноділянкові досліді проводять на дослідних ділянках площею до 10 м², лабораторно-польові

— II — 50 і польові — від 50 до 200 м² і більше.

Лабораторно-польові дослідження є першим або другим етапом польових досліджень. Основна мета лабораторно-польових дослідів — виявити взаємозв'язок між рослиною і середовищем. Тому характерною особливістю цих досліджень є те, що в них, крім численних обліків 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 до 50 м², кількість повторень є п'яти-, шестикратною.

Польові дослідження. Основне, завдання цих дослідів — вивчення дії факторів життя і умов агротехніки на врожай рослин та його якість. Головним тут є виявлення не лише кращих варіантів, а й причини підвищення чи зниження врожаю та його якості залежно від умов вирощування.

Польові дослідження в умовах, близьких до виробництва, проводять з максимально можливою механізацією агротехнічних заходів. Для культур з малою площею живлення рослин використовують ділянки площею 50—100 м², для просапній—до 200 м². Слід, зазначити, що в конкретних умовах і залежно від мети дослідження розмір дослідних ділянок у польових дослідженнях може збільшуватись або зменшуватись.

Повторність у цих польових дослідженнях, як правило, чотири-, п'ятикратною. Вона може бути і більшою, якщо родючість ґрунту сильно змінюється.

Одним з основних завдань польових дослідів є виявлення кращих варіантів, які можна рекомендувати для впровадження у виробництво.

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

Дослідження-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 та його якості безпосередньо на виробничих посівах, де виділяють смуги шириною на один прохід жатки або комбайна (довжина ділянки у 5—10 разів більша за ширину).

Кращі варіанти дослідів-проб можна додатково вивчити у *точних порівняльних дослідженнях*. Їх проводять відповідно до методики польових дослідів. Розміри дослідних ділянок у них значно більші, і вони мають забезпечити повну механізацію всіх агротехнічних процесів у досліді.

Ці дослідження ставлять з метою розробки диференційованої агротехніки, випробування нових технологій, рекомендованих науковими установами чи навчальними закладами. Основна увага тут приділяється обліку врожаю та визначенню його якості, а інші обліки і спостереження зведені до мінімуму.

У точних порівняльних дослідженнях вивчають близько 4 кращих варіантів і не менш як у три-, чотирикратній повторності. Якщо площа дослідних ділянок

близько 2000 м², то при чотирьох варіантах і чотирикратній повторності у досліді буде 16 ділянок, а загальна площа його становитиме 3,2 га. Площа ділянок може бути і мінімальною (близько 500 м²) і дослід займатиме 1 га.

У точних порівняльних дослідях ширина ділянки з культурами суцільного способу сівби становить 8—16, а 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 пронеси).

Досліди для обліку господарської ефективності нових агрозаходів або технологій використовують з метою перевірки їх у виробництві після рекомендацій наукових установ. Для цього на полі, де впроваджують новий агрозахід або нову технологію, у різних місцях виділяють 3—4 контрольні смуги шириною, кратною ширині 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.

Врожай у цих дослідях починають збирати на контрольних смугах, потім на дослідних і в останню чергу — на полі. Економічну ефективність впровадження нового агрозаходу чи технології визначають, порівнюючи додаткові затрати праці і засобів виробництва, вартість додаткового врожаю.

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 них смуг — до 3 га.

Демонстраційні дослід проводять для пропаганди досягнень науки та передового досвіду, їх ще називають показовими і закладають у передових господарствах.

У демонстраційних дослідях вивчають агрозаходи і сорти, які виявились найкращими, більш ефективними у польових дослідях. Оскільки ці досліді призначені для їв 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 подано схему досліді та його схематичний план. На базі господарств, де проводять демонстраційні досліді, організують семінари із спеціалістами та керівниками інших господарств.

Методика проведення демонстраційних дослідів аналогічна методиці польових дослідів, які проводять у наукових установах.

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

Поділ польових дослідів за тривалістю їх проведення. Розрізняють розвідувальні, короткочасні, багаторічні і тривалі досліді.

Розвідувальні (тимчасові) досліді проводять протягом 1—2 років з метою виявлення тих агрозаходів чи сортів рослин, які треба вивчати.

Тривалість *короткочасних дослідів* — 3—10 років. Короткочасними є також досліді, які проводять студенти для написання дипломних робіт або аспіранти під час дисертаційної роботи.

Багаторічні досліді проводять 11—50 років у наукових установах або вищих навчальних закладах на спеціально відведених плотах (стаціонарах).

Тривалі досліді ведуть понад, 50 років в окремих наукових установах і ґрунтово-кліматичних зонах

Поділ польових дослідів за кількістю факторів, що вивчаються. Фактор — це елемент агротехніки або сорт, тобто засіб, яким дослідник діє на рослини. Досліді бувають *однофакторними* і *багатофакторними*. Якщо вивчається вплив одного фактору, то дослід буде однофакторним, а кількох — багатофакторним.

Поділ дослідів за географічним охопленням наукових установ, де вони проводяться. За цією ознакою розрізняють географічні (або масові) й поодинокі досліді. *Географічні досліді* 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. *Поодинокі досліді*, можна проводити також у різних місцях, але не за єдиною схемою, а за складеною окремими дослідниками або групою, без їх координації з центром. Більш цінними є географічні досліді, які дають змогу узагальнювати їх результати у межах району, області, ґрунтово-кліматичної зони і навіть країни.

2. Особливості умов проведення польового досліді та заходи підвищення їх точності

Більшість дослідів, які проводять у землеробстві, є польовими. Основні умови проведення дослідіу — клімат, погодні умови і ґрунт (вони змінюються у часі і просторі). Різний клімат у Степу, Лісостепу і на Поліссі зумовлює вибір не тільки культур у досліді, а й їх сортів.

Найбільш мінливими є погодні умови, елементи яких (атмосферні опади, температура і вологість повітря, кількість сонячних і похмурих днів, сила вітру та ін.) значною мірою змінюються у просторі і особливо у часі. Якщо дослід займає велику площу, трапляється, що дощ проходить смугою, випадаючи лише на частині площі. Це звичайно ускладнює порівняння варіантів і призводить до зниження достовірності дослідів. Навіть на невеликих схилах температура і вологість повітря на всій довжині схилу ніколи не буває однаковою, що призводить до того, що досліджувана культура перебуває в різних погодних умовах навіть у межах одного невеликого за розмірами дослідів.

Тому існують у методичній літературі рекомендації вести дослід 3—5 років, щоб отримати об'єктивні дані,— це скоріше проста домовленість дослідників, ніж методичне обґрунтування цього важливого питання.

Дані досліджень свідчать, що при статистичній обробці дані по роках не можна використовувати як повторність, бо це призведе до значного збільшення похибки дослідів і зниження достовірності різниць між варіантами.

Різними врожайми виносяться з ґрунту неоднакова кількість поживних елементів, що впливає на варіювання родючості ґрунту по роках. Зміна родючості ґрунту залежить також від кількості рослинних решток, які залишаються після збирання врожаю різних культур. Найбільше кореневих решток залишається після збирання багаторічних трав, менше — після ячменю, що треба враховувати при закладанні дослідів у полях сівозміни після різних попередників.

Засоби підвищення достовірності дослідів. Для підвищення достовірності дослідів треба забезпечити мінімальне варіювання родючості ґрунту і запобігти всім похибкам, які можуть виникати у дослідженнях. Точність — це ступінь наближення результатів дослідів до його достовірного значення. Розрізняють три види похибок — систематичні, грубі і випадкові.

Систематичні похибки завищують або занижують результати досліджень під дією певних факторів. Систематичні похибки не можуть взаємно компенсуватися і впливають на точність середніх арифметичних. Зменшити кількість цих похибок можна правильним плануванням проведення дослідів і використанням справних приладів.

Грубі похибки — це прорахунки у процесі роботи. Якщо допускаються таких похибок, доводиться бракувати окремі ділянки, повторення, 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. Методи математичної статистики дають змогу визначити випадкові похибки і відокремити їх від загального варіювання експериментальних даних; в яких не повинно бути грубих і односторонніх похибок.

Односпрямовані, однобічні похибки не можуть компенсуватися

повторністю, їх не можна виявити, при статистичній обробці даних і запобігти їм можна тільки при закладанні і проведенні досліду. Однобічні похибки виникають за різних умов вирощування насінного матеріалу.

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 рослину за однакових умов агротехніки.

Насіння зернових культур, яке має більшу масу, забезпечує вищу врожайність порівняно з маловаговитим насінням. Тому для одного і того самого досліду насіння треба сортувати на одній і тій самій машині з таким регулюванням, яке забезпечує найвищу якість насіння.

Допускаються похибок і при протруюванні насіння. При сухому протруюванні посівні якості насіння варіюють менше, ніж при мокрому і термічному

Багато похибок досліду пов'язано з сівбою. Щоб запобігти таким помилкам, сівбу треба проводити по повтореннях. Якщо якийсь повторення буде засіяне пізніше, то в його межах варіювання буде мінімальним. Коли різниця у строках сівби досягає 4—6 год, різниця між врожайністю досягає до 2 ц/га.

Якщо досліджують сорти і сівба переривається дощем, то після нього висівають 3—5 сортів, висіяних до дощу (для контролю). 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 згідно з рекомендаціями наукових установ. Порушення цього правила не дає змоги розкрити потенційні можливості сорту в агротехнічних дослідах.

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.

Похибки допускаються і у процесі догляду за рослинами.

Достигання врожаю у різних варіантах може бути неодноразовим, і збирати його треба в міру дозрівання. Грубою методичною помилкою є одноразове збирання врожаю при різній зрілості 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 досліду, беручи до уваги відомі і незаперечні закономірності та положення методики дослідної справи.

3. Вибір і підготовка земельної ділянки під дослід

Перед вибором земельної площі для досліду визначають її розміри арифметичним розрахунком. Згідно з завданням і видом досліду попередньо

визначають загальний розмір і форму дослідної ділянки з урахуванням доріг і захисних смуг навколо досліду. Вибираючи земельну площу, проводять ґрунтово-біологічне обстеження, вивчають історію полів, рослинний покрив, рельєф та мікрорельєф місцевості. Відповідно до досліджуваної культури підбирають ґрунти тільки з певними агрохімічними показниками і типовим для даної місцевості підґрунтям, рівень залягання ґрунтових вод. На площі проводять зрівнювальний та рекогносцирувальний посіви.

ҐРУНТОВО-БІОЛОГІЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ ЗЕМЕЛЬНОЇ ПЛОЩІ

При виборі площі для досліду виходять з програми досліджень і комплексу природних умов та біологічних потреб рослин. Рельєф, крутизна схилу, його експозиція, ґрунт, підґрунтя та рівень залягання ґрунтових вод у досліді мають бути ідентичними тим умовам, у яких вирощують досліджувану культуру в конкретній ґрунтово-кліматичній зоні, області, районі. У досліді потрібно додержувати виробничої типовості досліду, орієнтуючись на кращі господарства з передовою агротехнікою.

Для певних культур підбирають відповідні попередники. Так, для озимої пшениці у центральному Лісостепу підбирають такі попередники, як зайнятий пар, багаторічні трави, горох, кукурудза на силос тощо, у Степу — попередником дослідної культури пшениці є чистий пар, а на Поліссі — льон і картопля. Дослід з цукровими буряками, соняшником закладають на полях, де вирощували озиму пшеницю та ін.

Особливу увагу при виборі земельної площі для певного досліду приділяють однорідності ґрунту. Однак один і той же дослід можна розміщувати і на різних ґрунтах або схилах за умови, якщо крутизна схилу чи ґрунт є об'єктом дослідження.

Рельєф дослідної площі має бути вирівняним, бо схили будуть впливати на достовірність досліду. Крутизна схилів повинна бути типовою для зони, де планується проведення досліду. Здебільшого схил підбирають рівномірним і однорідним. На площі не повинно бути блюдець і западин, якщо їх не вивчають у досліді. Як уже зазначалося, ділянки досліду орієнтують довгим боком уздовж схилу. На земельній площі проводять нівелювання, у дослідних установах із горизонтами через 0,2, а у виробництві — через 1 м.

Перед закладанням стаціонарних дослідів проводять детальне обстеження площі, метою якого є всебічна характеристика ґрунту, підґрунтя, ґрунтових вод тощо. Для вивчення ґрунтових профілів роблять розрізи на глибину 1,5—2 м по діагоналі поля, крайні — на межі дослідної площі, а середні — на майбутніх дорогах або захисних смугах. Між розрізами роблять ще прикопки на глибину 40- -60 см і складають ґрунтову карту масштабом 1 : 5000. У кожному розрізі та прикопні відбирають зразки ґрунту для фізичного і хімічного аналізів.

Обстеження ґрунту необхідне також для того, щоб об'єктивніше виділити повторення майбутнього Досліду та вибрати відповідний метод розміщення варіантів.

У межах дослідю допустимими ґрунтовими різницями для підзолистих ґрунтів є середньо- і слабкоопідзолені, проте на кожній з них треба розмішувати окремі повторення. Не можна закладати дослідю на заболочених ґрунтах у Поліссі та засолених у Степу, якщо заболоченість і засоленість не вивчають.

Вивчення історії полів. Під час обстеження земельної площі детально описують історію полів. Визначають, де і які культури вирощували у попередні роки, зазначають, після яких нередиопередників і попередників їх вирощували. Історію полів бажано знати за 2—3 роки, а ще краще — за ротацію сівозміни.

Особливу увагу приділяють виявленню факторів, які сильно впливають на зміну родючості ґрунту: проведення на частині площі вапнування ґрунту високими дозами; внесення фосфоритного борошна чи інших мінеральних та органічних добрив у великих дозах або систематичне кілька років підряд, тривале вирощування багаторічних трав. Післядія багатьох із цих факторів триває протягом 2—3 років, а вапнування ґрунту — до 10 років.

При вивченні історії полів звертають увагу також на ступінь окультурення ґрунту — глибину орного шару, родючість, рН ґрунтового розчину, наявність насіння бур'янів тощо. З книги історії полів довідуються, де, коли, які і якими дозами вносили добрива, зокрема органічні, які значною мірою впливають на зміну родючості ґрунту. Дози добрив, їх форми, глибина, строки і способи внесення у попередні роки повинні бути однаковими на всій площі майбутнього дослідю. Однаковим має бути і обробіток ґрунту на полях.

Місця, де були літні стоянки худоби, ґрунтові дороги тривалого користування, глибокі канали і ями (хоч вони і зариті), будівлі, скирти соломи, купи гною, виключають з площі майбутнього дослідю.

Вивчення рослинного покриття. Висока врожайність попередніх культур свідчить про родючість ґрунту, його окультуреність та придатність для дослідю. Звертають увагу і на наявність у посівах рослин-індикаторів — хвоща польового, щавлю, які свідчать про кислотність ґрунтів (соляноква рослинність означає засоленість ґрунту).

Вивчення рельєфи та мікрорельєфу. Рельєф ділянки повинен бути типовим для району досліджень і сприяти захисту дослідних рослин від дії сильних вітрів та суховіїв, напрям яких беруть до уваги при створенні захисних смуг або використовують існуючі смуги при виборі площі для дослідю. Щоб забезпечити однакові умови для рослин у межах одного дослідю, важливо вибрати для дослідю ділянку з однаковими рельєфом та експозицією схилу. Оскільки на результат дослідю може впливати не лише рельєф, а й мікрорельєф (горбки, блюдця, канавки, рівчачки), площу треба вирівнювати.

ВИБІР ҐРУНТІВ ДЛЯ ОСНОВНИХ ДОСЛІДНИХ КУЛЬТУР

Як правило, дослідю треба проводити на ґрунтах, на яких масово вирощують культури у певній ґрунтово-кліматичній зоні.

Площу для досліду вибирають далі від лісу — за 50—70 м, а від лісосмуги — не ближче півтори-, двократної її висоти (щоб усунути вплив дерев на досліджувані рослини). Від суцільних огорож дослід розміщують не ближче як за 15—20 м, щоб не порушувати повітрообмін і не затінювати досліджувані рослини. На такій же відстані мають бути ґрунтові дороги. Дослід закладають подалі від магістральних доріг, бо вихлопні гази автотранспорту також можуть впливати на рослини. Не варто вибирати площі для досліду поблизу населених пунктів, де домашні тварини можуть робити потрапу посівів. Крім того, через дослідні посіви мешканці населених пунктів іноді протоптують стежки. Якщо дослід розміщують поблизу населеного пункту, то ділянку необхідно огородити металевою сіткою,

ПІДГОТОВКА ЗЕМЕЛЬНОЇ ПЛОЩІ ДЛЯ ДОСЛІДУ

Як уже зазначалось, навіть найбільш вирівняна площа, вибрана для досліду, буде мати різну родючість ґрунту, тому її треба вирівняти. Після цього ґрунт окультурюють :на потрібну глибину орного шару. Якщо дослід планується у сівозміні, то вводять спеціальні сівозміни або їх ланки з певними, фонами добрив.

Щоб вирівняти ділянки за родючістю, ґрунту і окультурити його, застосовують вирівнювальні посіви — висівають одну культуру одного сорту з однаковою агротехнікою на всій, площі майбутнього досліду протягом 2-3 років. Дія цього посіву така. У місцях, де родючість ґрунту була вищою, врожай, культур буде вищим і з ґрунту буде винесено більше поживних речовин. Там же, де родючість нижча, з урожаєм буде винесено з ґрунту менше поживних речовин. За 2—3 роки родючість ґрунту під цими посівами вирівнюється.

ЛЕКЦІЯ 4

ТЕМА: Планування схем дослідів. Планування обсягу вибірки та спостережень.

1. Планування однофакторних і багатофакторних експериментів.
2. Досліди з повними схемами
3. Досліди з неповними схемами
4. Планування строків спостережень
5. Планування обсягу вибірки

Самостійна робота: Особливості проведення дослідів в умовах виробництва.

Література:

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. – К.: Вища школа, 1994. – 334 с.

1 Планування однофакторних і багатофакторних експериментів.

Перед складанням схем дослідів висувають *робочі гіпотези*. Як правило, у більшості дослідів вони мають бути науково обґрунтованими за результатами попередніх досліджень і зрідка як здогад, що виникає інтуїтивно у дослідника. Гіпотези формують по-різному. Наприклад, можливо, що дози добрив для даної культури можуть бути вищими чи нижчими за ті, що застосовують у господарстві; очевидно, що дози фунгіцидів або норми добрив, які застосовують у господарстві, надмірно високі або низькі; можливо, що норми висіву насіння, які застосовують у господарстві, завищені або дуже низькі тощо.

Упевнившись, що норми чи дози кількісних факторів, які впливають на досліджувані рослини, є надмірно великими або малими, дослідник зменшує їх або збільшує, взявши за контроль ті, що застосовувались раніше, до планування дослідів.

Крім кількісних факторів, у досліді вивчають і якісні — вплив сортів, ґрунтів, експозицій схилу, якість посівного матеріалу (еліта, перша або друга репродукція) та ін.

2. Досліди з повними схемами

Повні схеми передбачають усі логічно підібрані варіанти для вивчення конкретного питання.

Однофакторні досліді. Серед варіантів, які плануються, повинні бути послідовно збільшені норми чи дози факторів, дія яких підвищує врожай до оптимального, після чого він знижується. Так, на фоні гною (20 т/га) вивчають п'ять доз фосфорних добрив (X) — Рад, Р₃₀, Р₆₀, Р₉₀, Р₁₂₀, Р₁₅₀. Якщо ці дози вибрані правильно, то врожайність (Y) зображають лінією, яку називають кривою відгуку (рис. 26).

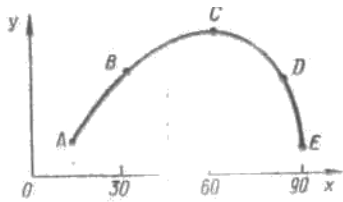


Рис. 26. Крива відгуку однофакторного дослідження, в якому п'ять градацій.

Відрізки кривої мають певні назви і значення: *AB* — лімітуюча область, *BCE* — стаціонарна, *DE* — інгібіруюча область. В лімітуючій області починається ефект калійних добрив, в стаціонарній він стає найвищим, в інгібіруючій — пригнічується. Різні норми чи дози фактору називають градаціями. Різницю між наступною та попередньою дозами називають

кроком експерименту — в нашому прикладі це дози фосфорних добрив.

За контроль, як правило, беруть дози чи норми фактору, якими користувались у даному господарстві до планування дослідження і вважали їх за оптимальні. Наприклад, у досліді, що планується, це буде P_{60} . Додатковими, але не основними контролями може бути в досліді з добривами варіант без добрив, а з пестицидами — варіант без пестицидів. Введення додаткових варіантів залежить від тих завдань, які вирішують у досліді.

Вимоги до правильно побудованих схем. Кожна правильно побудована схема дослідження має задовольняти певні вимоги. Схема повинна мати всі градації фактору, які відповідають трьом областям кривої відгуку - лімітуючій, стаціонарній та інгібіруючій. Це дає змогу виявити в експерименті кращі варіанти і ті, у яких ефект лише виявляється або пригнічується. Останнє необхідне, щоб запобігти застосуванню надмірних доз добрив, норм зрошення, токсичних доз пестицидів у господарствах.

Необхідно правильно вибрати крок експерименту, який має бути не дуже великим, щоб не втратити проміжні ефективні варіанти. Однак він не повинен бути і дуже малим, щоб не набрати у дослід непотрібних варіантів і не ускладнювати роботу. Як правило, крок має бути таким, щоб різниця між варіантами перевищувала помилку дослідження і була упевненість виявити різницю, яка існує у природі. Схема дослідження з дозами фосфорних добрив на фоні гною може бути такою: 1. P_{30} . 2. P_{60} (контроль). 3. P_{90} . 4. P_{120} . 5. P_{150} . 6. Без фосфорних добрив (додатковий контроль). У цьому досліді контролем є доза, яку застосовували у господарстві — P_{60} , і з нею будуть порівнювати інші дози. Додатковим контролем може бути варіант без фосфору, але цей контроль має лише наукове, а не виробниче значення. Крок експерименту, що дорівнює 30 кг фосфору, буде відповідати основним вимогам дослідження.

Багатофакторні дослідження. Основне завдання сучасної науки — знайти і дати рекомендації виробництву для науково обґрунтованих технологій не з окремих елементів агротехніки, а з їх сукупності. Вивчивши в однофакторних дослідіях кращі варіанти з окремих елементів агротехніки, починають багатофакторні дослідження, які мають певні переваги: У них можна виявити не тільки достовірність дії факторів, а й їх взаємодії: антагонізм, тобто пригнічення дії одного фактору іншим; синергізм — посилення дії фактору іншим; адитивізм — дія факторів незалежно один від одного. Дані багатофакторного дослідження дають змогу побудувати куполоподібну поверхню відгуку, на якій шляхом екстраполяції та інтерполяції можна знаходити кращі варіанти, прогнозувати і

програмувати врожай та його якість.

Повна схема багатofакторного дослідy, або експерименту (ПФЕ), включає всі можливі поєднання, сполучення факторів та їх градацій: 2^2 , 2^3 , 3^3 і т. д. Число, що стоїть в основі, означає кількість градацій, а число, яке зазначає ступінь, — кількість факторів. Отже, число 2^2 свідчить про те, що в досліді два фактори, кожен з яких має дві градації, а ПФЕ має 4 варіанти, ПФЕ 2^3 має 8 варіантів, тобто в кожному з трьох факторів по 2 градації.

Наприклад, для фактору А маємо 2 градації — a_0 та a_1 і стільки ж для фактору В — b_0 та b_1 . Матриця ПФЕ буде такою:

Матриця ПФЕ 2^2

Номер варіанта	Градація факторів		Позначення варіанта	Код
	А	В		
1	0	0	$a_0 b_0$	00
2	1	0	$a_1 b_0$	10
3	0	1	$a_0 b_1$	01
4	1	1	$a_1 b_1$	11

а для схеми 2^3 матриця матиме такий вигляд:

Матриця ПФЕ 2^3

Номер варіанта	Градація факторів			Позначення варіантів	Код
	А	В	С		
1	0	0	0	$a_0 b_0 c_0$	000
2	1	0	0	$a_1 b_0 c_0$	100
3	0	1	0	$a_0 b_1 c_0$	010
4	1	1	0	$a_1 b_1 c_0$	110
5	0	0	1	$a_0 b_0 c_1$	001
6	1	0	1	$a_1 b_0 c_1$	101
7	0	1	1	$a_0 b_1 c_1$	011
8	1	1	1	$a_1 b_1 c_1$	111

Якщо кількість градацій у факторів різна, наприклад, фактор А має 3 градації, фактор В — 2, а фактор С — 4, то у ПФЕ буде $3_A * 2_B * 4_C = 24$ варіанти. Отже, загальну кількість варіантів розраховують як добуток градацій усіх факторів. Кожна схема дослідy повинна дати досліднику можливість відповісти на всі питання, які він поставив. Але не варто надмірно ускладнювати схему. При чотирьох градаціях двофакторного дослідy, позначених числами 0, 1, 2, 3, кількість варіантів дослідy буде $4^2 = 16$. Щоб схема являла ПФЕ, тобто мала всі можливі поєднання, будують матрицю.

Наприклад, у досліді планується вивчати 4 дози добрив — 0, 40, 80 і 120 кг на 1 га (фактор А) і 4 норми зрошення — без зрошення, 0,5 норми,

Матриця ПФЕ 4^2 з 16 варіантами

Номер варіанта	Градація факторів		Код	Номер варіанта	Градація факторів		Код
	А	В			А	В	
1	0	0	00	9	2	0	20
2	0	1	01	10	2	1	21
3	0	2	02	11	2	2	22
4	0	3	03	12	2	3	23
5	1	0	10	13	3	0	30
6	1	1	11	14	3	1	31
7	1	2	12	15	3	2	32
8	1	3	13	16	3	3	33

1 норма, 1,5 норми (фактор В). Для зручності градації позначають числами 0, 1, 2, 3. Поєднання, сполучення цих чисел являє собою код

варіантів: 00 означає варіант без удобрення та поливу; 13 — варіант, де застосовують 40 кг добрив та 1,5 норми поливу. Отже, перша цифра означає градацію фактору *A*, а друга — фактору *B*.

Матриця ПФЕ 3^3 наведена нижче.

Матриця ПФЕ 3^3

Номер варіанта	Градація факторів			Код	Номер варіанта	Градація факторів			Код
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>			<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	
1	0	0	0	000	15	2	1	1	211
2	1	0	0	100	16	0	2	1	021
3	2	0	0	200	17	1	2	1	121
4	0	1	0	010	18	2	2	1	221
5	1	1	0	110	19	0	0	2	002
6	2	1	0	210	20	1	0	2	102
7	0	2	0	020	21	2	0	2	202
8	1	2	0	120	22	0	1	2	012
9	2	2	0	220	23	1	1	2	112
10	0	0	1	001	24	2	1	2	212
11	1	0	1	101	25	0	2	2	022
12	2	0	1	201	26	1	2	2	122
13	0	1	1	011	27	2	2	2	222
14	1	1	1	111					

У цьому досліді 3 фактори і кожний з них вивчається у трьох градаціях — 0; 1; 2. Це можуть бути 3 сорти, 3 норми та 3 дози добрив, поєднання яких дає 27 варіантів.

3. Досліди з неповними схемами

У трифакторному досліді з 4 градаціями схема ПФЕ включає 64 варіанти. Навіть при мінімальній трикратній повторності в досліді має бути $64 \cdot 3 = 192$ ділянки. Якщо кожна з них має 100 м^2 , то для досліду треба $100 \cdot 192 = 19\,200 \text{ м}^2$ (близько 2 га). При 4—5-кратній повторності площа під дослідом стане ще більшою, а з її збільшенням зросте територіальне варіювання, що зменшить точність та достовірність досліду. В умовах виробництва майже неможливі багатфакторні досліді з великою схемою. Тому кількість варіантів треба зменшити, але при цьому виникає проблема не втратити необхідну інформацію.

В. Н. Перегудов, Т. І. Іванова (1976) рекомендують планувати неповні факторіальні схеми (НФС) з повних. Для цього можна користуватись такими методами: 1) умовного фактору; 2) уписаних кубів; 3) конструювання схем з фрагментів куба $3 \cdot 3 \cdot 3$. Найчастіше користуються методом умовного фактору, який розглядається нижче.

Неповна факторна схема $1/4 (4 \cdot 4 \cdot 4)$ дає змогу вибрати з 64 варіантів ПФЕ 16 без втрати необхідної інформації. Для цього з чотирьох градацій кожного фактору — 0, 1, 2, 4 візьмемо початкову градацію — 0 та середню — 2 і запишемо їх матрицю:

Матриця НФЕ 1/4 з 16 варіантів

Градація факторів			Номер варіанта	Код на фоні 000	Номер варіанта	Код на фоні 111
A	B	C				
0	0	0	1	000	9	111
0	0	2	2	002	10	113
0	2	0	3	020	11	131
0	2	2	4	022	12	133
2	0	0	5	200	13	311
2	0	2	6	202	14	313
2	2	0	7	220	15	331
2	2	2	8	222	16	333

Отже, схема 4 x 4 x 4 перетворюється у схему 2 x 2 x 2. Щоб мати рівномірні вибірки з 64 варіантів, введено поняття «умовний фактор» також у двох градаціях — початковий та середній, які для трьох факторів позначають цифрами 000 та 111. Це так звані фони. На фоні 000 коди утворюють з градацій факторів ABC, що дає варіанти під номерами 1—8. На фоні 111 коди утворюють додаванням числа 111 до кодів нульового фону і одержують варіанти під номерами 9—16

Отже, одержана вибірка, яка включає 16 варіантів із 64. Вона неповна, але рівномірно охоплює всю область градацій повної схеми. Перше число кожного коду означає градації фактору A, друге — фактору B, третє — градації фактору C.

Неповна схема 1/8 (4 x 4 x 4 x 4) рівномірно охоплює всю область градацій повної схеми. Перше число кожного коду означає градації фактору A, друге — фактору B, третє — фактору C, четверте — фактору D) = 32 варіанти. Наприклад, у вищенаведеному трифакторному досліді вводиться ще один фактор, наприклад 4 сорти. У схемі ПФЕ мало б бути 256 варіантів, що практично неможливо з організаційного боку. Якщо з них вибрати 1/8 частину, то буде лише 32 варіанти.

Матриця НФЕ 1/8 з 32 варіантів

Градація факторів				Номер варіанта	Код на фоні 0000	Номер варіанта	Код на фоні 1111
A	B	C	D				
0	0	0	0	1	0000	17	1111
0	0	2	0	2	0020	18	1131
0	0	0	2	3	0002	19	1113
0	0	2	2	4	0022	20	1133
0	2	0	0	5	0200	21	1311
0	2	2	0	6	0220	22	1331
0	2	0	2	7	0202	23	1313
0	2	2	2	8	0222	24	1333
2	0	0	0	9	2000	25	3111
2	0	2	0	10	2020	26	3131
2	0	0	2	11	2002	27	3113
2	0	2	2	12	2022	28	3133
2	2	0	0	13	2200	29	3311
2	2	2	0	14	2220	30	3331
2	2	0	2	15	2202	31	3313
2	2	2	2	16	2222	32	3333

Такий дослід уже можна провести. Для конструювання НФС візьмемо два фони — 0000 та 1111, вибравши дві градації з чотирьох — 0, 1, 2, 4.

Неповна схема 1/2 (6 x 6) = 18 варіантів. Дія факторів на рослини така складна, що іноді 4—5 градацій буває недостатньо для одержання

об'єктивних результатів. Тоді кількість градацій збільшують до 6—9, що призводить до значного збільшення кількості варіантів. У двофакторному досліді з 6 градаціями 0, 1, 2, 3, 4, 5 візьмемо початкову і дві середніх — 0,2; 4, а умовний фактор на фонах 00 та 11. Тоді матриця матиме такий вигляд

Матриця НФЕ 1/2 з 18 варіантів

Градація факторів		Номер варіанта	Код на фоні 00	Номер варіанта	Код на фоні 11
А	В				
0	0	1	00	10	11
0	2	2	02	11	13
0	4	3	04	12	15
2	0	4	20	13	31
2	2	5	22	14	33
2	4	6	24	15	35
4	0	7	40	16	51
4	2	8	42	17	53
4	4	9	44	18	55

Отже, кількість варіантів зменшено з 36 до 18, тобто у 2 рази. При цьому не втрачена потрібна інформація, бо з 6 градацій взяті рівномірні вибірки.

Неповна схема 1/8 (6 X 6 X 6) = 27 варіантів. Для побудови НФЕ трифакторного досліді з градацій 0, 1, 2, 3, 4, 5 візьмемо 0, 2, 4, а умовний фактор на фонах 000, 111, 222. Матриця цього досліді з 27

Матриця НФЕ 1/8 з 27 варіантів

Градація фактору			Номер варіанта	Код на фоні 000	Номер варіанта	Код на фоні 111	Номер варіанта	Код на фоні 222
А	В	С						
0	0	0	1	000	10	111	19	222
0	2	0	2	020	11	131	20	242
0	4	0	3	040	12	151	21	262
2	0	2	4	202	13	313	22	424
2	2	2	5	222	14	333	23	444
2	4	2	6	242	15	353	24	464
4	0	4	7	404	16	515	25	626
4	2	4	8	424	17	535	26	646
4	4	4	9	444	18	555	27	666

варіантами буде такою, як на малюнку.

Отже, з 216 варіантів (6³) відібрана 1/8 частина. Незважаючи на втрату проміжних варіантів, ця схема дає змогу отримати від досліді потрібну інформацію.

4. Планування строків спостережень.

Важливим питанням планування дослідів є частота обліків та спостережень протягом року, вегетаційного періоду або його частини з тим, щоб мати повне уявлення про певний процес від початку до кінця досліді.

1	2	3	4	5
	+		+	
6	7	8	9	10
+	+		+	
11	12	13	14	15
				+
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
	+			+

Рис. 27. Місця випадкових вибірок у полі (позначені знаком +).

Строків спостережень та відбору зразків пов'язують з фенологічними фазами розвитку рослин або проводять спостереження через певний період — подекадно, один або два рази за місяць. Чим довше відбувається процес, тим більшим може бути інтервал між спостереженнями. Іноді відповідно до завдання досліді спостереження проводять до та після випадання атмосферних опадів, до проведення основних агротехнічних заходів та після них тощо. Всі ці строки та частоту проведення спостережень уточнюють у кожному конкретному досліді.

У досліді, де вивчають дію добрив, зрошення, обробіток ґрунту, гербіциди та інші агротехнічні заходи, на ділянках відбирають

зразки (проби) ґрунту для визначення його хімічних та фізичних властивостей, вмісту насіння бур'янів тощо. Для обліку вегетуючих бур'янів на дослідних ділянках виділяють діляночки розміром 0,5 X 0,5 м. Кількість зразків (проб) і діляночок на дослідних ділянках має бути такою, щоб забезпечити достатню точність обліків та спостережень, тому її оптимізують за формулами, що наводились вище. У дослідях з польовими культурами Б. О. Доспехов (1985) рекомендує відбирати 6—8 проб на ділянці площею менше 100 м², 8—12 проб на ділянці площею 100—200 м² та 15—20 проб на ділянці площею понад 200 м². Менша кількість проб знижуватиме точність досліджень. Проте ці дані можуть бути лише орієнтовними для інших дослідів, де кількість проб (діляночок) варто розраховувати за конкретними значеннями коефіцієнтів варіації.

Проби і зразки відбирають таким методом, який запобігає появі систематичних помилок — метод рандомізації, тобто випадковий відбір (а не відбирання типових зразків за бажанням дослідника).

Техніка випадкових вибірок така. На дослідній ділянці площею 100 м² потрібно підібрати 8 площадок площею 4 м² для вивчення фізико-хімічних властивостей ґрунту. Поділимо всю площу ділянки на 100 : 4 ~ 25 частин і послідовно занумеруємо їх (рис. 27).

За таблицею випадкових чисел вибираємо будь-яку графу. Рухаючись униз (або в іншому напрямі), вибираємо числа від 1 до 25, пропускаючи повторні. Цими числами є 2, 9, 4, 13, 15, 6, 25, 22. Саме на діляночках з цими числами треба відбирати зразки ґрунту для фізико-хімічного або іншого аналізу.

5. Планування обсягу вибірки

Кількісна мінливість. Обсяг вибірки кількісної мінливості — це число об'єктів досліджень, які беруть для проведення обліків та спостережень. Вибіркою може бути кількість колосів, коренеплодів, листків, стебел тощо, які обліковують на рослині. Ними можуть бути також зразки ґрунту з різних діляночок дослідної ділянки для фізичного чи хімічного аналізу.

Основне завдання вибіркового методу полягає в тому, щоб при мінімальному, але достатньому обсязі вибірки з усієї сукупності об'єкта одержати максимально повну інформацію. Об'єм вибірки не повинен бути дуже малим, бо це знижуватиме достовірність і точність дослідів. Однак він не повинен бути і надмірно великим, бо це призводитиме до надмірного обсягу досліджень та збільшення кількості помилок. Тому обсяг вибірки оптимізують, тобто визначають ту кількість спостережень, з якою можна мати статистично достовірні результати на певному рівні довірливої ймовірності.

Для оптимізації об'єму вибірки (я) запропоновано кілька Формул, одна з них наводиться нижче

$$n = t^2 \frac{V^2}{\Delta^2},$$

де t — стандартне значення критерію Стюдента; V — коефіцієнт варіації; Δ % — допустима відносна помилка, %. Якщо таблиці Стюдента немає, наприклад у полі, то наближене значення критерію $t_{0,95}$ можна знайти за формулою

$$t_{0,95} = 2 + \frac{n}{v},$$

де n — фактичний обсяг вибірки (повторність); v — число ступенів свободи ($v = n - 1$).

Для великих вибірок ($n > 30$) значення t є постійним і становить $t_{0,95} = 2$, та $t_{0,99} = 2,6$.

Значення Δ % вибирає сам дослідник залежно від точності, яку він планує. Якщо планується дуже висока точність дослідження, то Δ % береться 2—3 % (середня точність забезпечується, коли помилка становить 5—6 %). Для більшості польових дослідів достатня точність може бути при Δ % до 7 %.

Коефіцієнт варіації (V) знаходять за формулою

$$V = \frac{S \cdot 100}{\bar{X}};$$

Де S — стандартне відхилення певного варіаційного ряду; \bar{X} — середня арифметична цього ж ряду.

Наближене значення стандартного відхилення можна розрахувати за формулою

$$S = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{n}$$

де X_{\max} та X_{\min} — максимальні та мінімальні значення показника певного варіаційного ряду; n — стале число. Наближене значення середньої арифметичної можна визначити за формулою

$$\bar{X} = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2}.$$

ЛЕКЦІЯ 5

ТЕМА: Побудова орієнтовних схем у дослідях з вивчення основних питань агрономії.

1. Досліди з використанням добрив.
2. Досліди, в яких вивчають строки сівби (садіння).
3. Досліди, в яких вивчають хімічний захист рослин від хвороб і шкідників

Самостійна робота: Значення біометрії під час планування, аналізу та інтерпретації результатів наукових досліджень.

Література:

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. – К.: Вища школа, 1994. – 334 с.

1. Досліди з використанням добрив

Схеми дослідів

Ефективність використання добрив залежно від об'єкта досліджень можна вивчати у кількох напрямках. Досліджувати можна дію окремих елементів мінерального живлення у різних співвідношеннях під певні культури або систем удобрення в сівозміні. Окремими можуть бути дослідження строків або способів внесення добрив, ефективності різних форм добрив тощо.

Так, якщо в досліді планується вивчати норми азотних добрив під ту чи іншу культуру, то варіанти розрізняються лише кількістю внесеного азоту, а фосфорно-калійні добрива у вигляді фону у всіх варіантах вносять в однакових нормах. За контроль у такому досліді беруть рекомендовану для району досліджень норму азотних добрив, а в дослідних варіантах норми азоту змінюють в обидва боки від контролю. Загальна схема дослідів з вивчення норм азотних добрив може мати такий вигляд:

- 1) рекомендована норма на фоні фосфорно-калійних добрив (контроль);
- 2) 0,25 рекомендованої норми;
- 3) 0,50 те саме;
- 4) 0,75 »
- 5) 1,25 »
- 6) 1,50 »
- 7) 1,75 »
- 8) подвійна рекомендована норма.

Якщо дослідник планує вивчити ефективність внесення добрив з неоднаковим співвідношенням основних елементів живлення під різні культури, орієнтовна схема дослідів може включати варіанти, в яких співвідношення азоту, фосфору і калію (N : P : K) буде таким:

- 1) рекомендоване з врахуванням культури і ґрунту (контроль);
- 2) 1 : 1 : 1;
- 3) 0 : 1 : 1;
- 4) 0,5 : 1 : 1;
- 5) 1,5 : 1 : 1;
- 6) 2 : 1 : 1;
- 7) 1 : 0 : 1;
- 8) 1 : 0,5 : 1;
- 9) 1 : 1,5 : 1;
- 10) 1 : 2 : 1;
- 11) 1 : 1 : 0;
- 12) 1 : 1 : 0,5;
- 13) 1 : 1 : 1,5;
- 14) 1 : 1 : 2.

В схему досліду можна вводити також варіанти, в яких змінюється співвідношення не одного, а кількох зазначених елементів живлення.

Вивчаючи ефективність різних строків та способів внесення мінеральних добрив, дослід можна закласти за такою загальною схемою:

- 1) всі елементи живлення внесені під основний обробіток;
- 2) те саме під передпосівний обробіток;
- 3) фосфорно-калійні добрива внесені під основний обробіток, а азотні — під передпосівний;
- 4) 4) фосфорно-калійні добрива внесені під основний обробіток, а азотні — під час сівби та при підживленні рослин 1—3 рази за вегетацію.

Якщо планують порівнювати ефективність використання органічної, мінеральної чи органо-мінеральної системи удобрення культур у сівозміні, то необхідно закласти стаціонарний дослід (тимчасові досліді для цієї тематики непридатні) з такими варіантами: 1) рекомендована норма гною на 1 га ріллі для простого відтворення гумусу; 2) половина цієї норми гною, а решта за вмістом азоту, фосфору і калію компенсується повним мінеральними добривами, 3) весь гній компенсується мінеральними добривами; 4) рекомендована норма гною на 1 га ріллі для забезпечення розширеного відтворення запасів гумусу в ґрунті; 5—6) те саме, що й у варіантах 2 і 3, тільки стосовно взятої у варіанті 4 норми гною.

Якщо досліджуватимуть дію окремих видів органічних добрив, дослід закладають за такою схемою: 1) гній напівперепрілий (контроль); 2) гноївка; 3) пташиний послід; 4) торф; 5) торфо-земляні компости; 6) солома злаків; 7) зелена маса сидератів; 8) сапропель.

Об'єктом у досліді можуть бути форми мінеральних добрив. Так, у досліді з азотними добривами в схему треба включати добрива шести груп: 1) аміачні — аміак рідкий чи аміак водний; 2) амонійні — сульфат амонію чи хлористий амоній; 3) нітратні — натрієва або кальцієва селітра; 4) амонійно-нітратні — аміачна чи кальцієво-аміачна селітра; 5) амідні — карбамід (сечовина); 6) аміакати — КАС (карбамід-аміачна селітра).

Вивчаючи форми фосфорних добрив, загальна схема досліду може включати такі варіанти: 1) водорозчинні добрива; 2) напіврозчинні добрива; 3) нерозчинні у воді добрива.

Об'єктами досліджень можуть бути також окремі добрива зазначених вище груп фосфорних добрив. Наприклад, вивчаючи тільки водорозчинні форми фосфорних добрив, у схему досліду треба включати варіанти з такими добривами: 1) суперфосфат гранульований простий; 2) суперфосфат подвійний (концентрований); 3) суперфосфат амонізований; 4) суперфос.

Об'єктами досліджень у дослідах з добривами можуть бути також основні мікроелементи чи форми окремих мікроелементів. Схема досліду, в якому вивчають основні мікроелементи, може передбачати такі варіанти: 1) бор; 2) марганець; 3) мідь; 4) цинк; 5) кобальт; 6) молібден; 7) залізо.

Самостійними можуть бути досліди з вивченням бактеріальних препаратів. При цьому, наприклад, можна порівнювати як окремі варіанти інокуляцію насіння бобових культур нітрагіном і ризоторфіном. У двофакторному досліді фактором А можуть бути зазначені бактеріальні препарати, а фактором Б — різні варіанти мікроелементів.

Планування досліджень

Оскільки внесення добрив впливає насамперед на поживний режим ґрунту, то в дослідах цього напрямку обов'язково планується вивчення умов живлення рослин в основні періоди їх росту і розвитку. При цьому визначають забезпеченість рослин нітратним та амонійним азотом, рухомими формами фосфору і калію. У дослідах з тривалим використанням добрив проводять балансові розрахунки вмісту в ґрунті основних елементів поживи.

У дослідах з мінеральними добривами, більшість яких є фізіологічно кислими, у програму обов'язкових досліджень включають визначення кислотності ґрунту. Цей аналіз планується і в дослідах з використанням органічних і вапняних добрив, оскільки останні вносять безпосередньо для зниження кислотності ґрунтового середовища.

До обов'язкових досліджень у дослідах з будь-якими добривами належить визначення інтенсивності життєдіяльності мікроорганізмів, яку оцінюють за швидкістю розкладу клітковини (лляного полотна), нітрифікаційною здатністю ґрунту тощо.

У дослідах з тривалим використанням добрив (в основному ці досліди стаціонарні) поряд із вивченням основних агрохімічних та агрофізичних показників родючості ґрунту обов'язково вивчають зміни гумусованості кореневмісного шару ґрунту, розподіл по профілю основних елементів живлення, переміщення нітратів за межі діяльності кореневої системи рослин, вміст у ґрунті важких металів.

Вивчаючи систему основного удобрення озимих культур, треба планувати вивчення умов перезимівлі рослин.

На посівах культур, які з якихось причин можуть вилягати, у дослідах з добривами програма досліджень має передбачати визначення, крім біометричних показників росту, стійкості рослин до вилягання.

Від добрив залежить ріст не тільки культурних рослин, а й бур'янів, тому вивчення забур'яненості посівів також є обов'язковим у таких дослідах.

Крім урожайності, в дослідах з добривами визначають якісні показники врожаю. Наприклад, у дослідах з азотними добривами обов'язково визначають вміст нітратів у рослинницькій продукції.

Поживні речовини добрив використовуються рослинами в рік внесення добрив не повністю, тому в дослідах з добривами, крім прямої дії, необхідно враховувати післядію добрив на наступні культури. При цьому в програму досліджень включають такі самі спостереження і обліки, які планували при вивченні прямої дії внесених добрив.

2. Досліди, в яких вивчають строки сівби (садіння)

Схеми дослідів

У дослідах з вивчення строків сівби чи садіння об'єктами досліджень є культури, які можна об'єднати в такі групи: озимі, ярі ранні, ярі пізні. До окремих груп об'єктів у таких дослідах можуть належати післязрілі та післязривні посіви.

При вивченні строків сівби озимих культур за контроль беруть середню дату рекомендованого для кожної природно економічної зони посівного періоду. Наприклад, для районів південного Лісостепу в дослідах з озимою пшеницею контрольним строком сівби буде 15 вересня, оскільки оптимальний для неї період сівби з 10 по 20 вересня. Крок експерименту для всіх озимих культур може бути в межах 3—5 днів. Збільшувати його недоцільно, хоч у розвідувальних дослідах тривалість періоду між сусідніми строками сівби може досягати 10 днів.

У схему дослідів обов'язково треба вводити 2—3 варіанти більш ранніх і 3—4 варіанти пізніших строків сівби.

Період від першого строку сівби до останнього може бути дещо тривалішим у досліді з озимими на зелений корм, а коротшим у досліді з озимими зерновими культурами; дещо довшим — у досліді з ячменем або житом, коротшим — з озимою пшеницею. Загальна кількість варіантів у досліді з озимими культурами може бути в межах 6—8—10.

Якщо крок експерименту в досліді з озимою пшеницею становить 5 днів, то для лісостепових районів схема дослідів може включати такі варіанти строків сівби: 1) 5 вересня; 2) 10 вересня; 3) 15 вересня (контроль); 4) 20 вересня; 5) 25 вересня; 6) 30 вересня; 7) 5 жовтня.

При вивченні строків сівби ярих культур не можна варіанти приурочувати до календарних дат. Строки сівби ярих культур доцільніше визначати за температурним режимом ґрунту, тому що в один рік ґрунт на глибині загортання насіння може прогріватись до 10 °С вже в першій декаді квітня, а в іншій такої температури не спостерігається навіть в останні дні квітня. Саме тому не можна планувати сівбу ярої культури кілька років підряд на одну і ту саму дату. Доцільніше, як уже зазначалося, використовувати щорічно дані про настання оптимальної температури ґрунту для проростання насіння дослідної культури. Цю температуру ґрунту на

глибині загортання насіння треба в досліді брати за контрольний варіант, а дослідні варіанти з кроком експерименту в 1—2 °С будуть розміщуватись по обидва боки від контролю за такою загальною схемою:

- 1) оптимальна температура ґрунту на глибині загортання насіння (контроль);
- 2) температура нижча оптимальної на 1—2 °С;
- 3) те саме на 2—4 °С;
- 4) температура вища оптимальної на 1—2 °С;
- 5) те саме на 2—4 °С;
- 6) » на 4—6 °С.

Варіанти строків сівби пізніх ярих культур можна визначати і за інтенсивністю проростання насіння бур'янів, бо оптимальні строки сівби пізніх ярих культур збігаються з періодом інтенсивного проростання насіння більшості бур'янів. При цьому можна використати таку схему досліді: 1) насіння бур'янів ще не починає проростати; 2) у ґрунті поодинокі проростки бур'янів у фазі білої ниточки; 3) у ґрунті масові проростки бур'янів у фазі білої ниточки; 4) поодинокі сходи бур'янів; 5) масові сходи бур'янів.

За такою схемою досліді доцільно закладати на дуже засмічених насінням бур'янів земельних масивах, що дасть змогу оцінювати строки сівби як захід боротьби з бур'янами.

Експериментальна робота

У дослідіах, де вивчають строки сівби чи садіння, експериментальна робота дослідника спрямована в основному на процеси росту і формування врожаю, а з умов життя рослин планується вивчення лише фітосанітарних умов та окремих елементів водного режиму. Оскільки строки сівби можуть впливати на зволоженість посівного шару ґрунту, визначення запасів доступної вологи у верхньому шарі ґрунту обов'язкове в програмі досліджень.

З фітосанітарних досліджень у таких дослідіах обов'язково вивчають забур'яненість посівів ярих культур, бо перенесення сівби на пізніші строки вважається одним із заходів провокації проростання насіння бур'янів у допосівний період і, навпаки, чим раніше висіяти культуру, тим більше бур'янів буде проростати в посівах.

Крім забур'яненості, у дослідіах із строками сівби треба планувати фіто- і ентомологічні дослідіаження. Зумовлюється це тим, що строки сівби можуть впливати на проходження окремих фаз розвитку рослин, тому у різних варіантах дослідіа будуть складатись неоднакові умови для ураження рослин збудниками хвороб і шкідниками.

Крім фенологічних спостережень, обліків урожайності та аналізу якості одержаної продукції, в таких дослідіах обов'язково беруть до уваги густоту сходів, визначають основні біометричні показники росту рослин, оцінюють посіви за стійкістю до вилягання. У дослідіах з озимими культурами обов'язково визначають ступінь перезимівлі рослин. Тому тут значну увагу приділяють вивченню температурного режиму за зимовий період з обов'язковим визначенням температури ґрунту на глибині вузла кушіння.

До біометричних обліків у дослідах, де вивчають строки сівби злакових культур, обов'язково включають вивчення розвитку вторинної кореневої системи рослин, яка значною мірою залежить від досліджуваного агрозаходу.

3. Досліди, в яких вивчають хімічний захист рослин від хвороб і шкідників

Схеми дослідів

При вивченні дії окремих елементів хімічного захисту рослин від хвороб і шкідників дослідник може вирішувати такі завдання: а) визначати оптимальні норми препарату, рекомендованого для використання; б) встановлювати оптимальні строки застосування рекомендованих препаратів; в) виявляти серед рекомендованих препаратів найбільш ефективний. Вирішенню цих завдань сприяє двофакторний дослід, у якому як фактор А будуть різні норми препарату, а як фактор Б — строки його застосування.

Наприклад, коли планується вивчити оптимальні параметри норм і строків використання 2,5 % к.е. деціса на посівах озимої пшениці для боротьби із злаковими мухами, схема дослідів може бути такою:

- 1) 0,15 л/га у фазі 1—2 листочків;
- 2) 2) те саме 2—3 листочків;
- 3) 3) 0,20 л/га у фазі 1—2 листочків;
- 4) 4) те саме 2—3 листочків;
- 5) 5) 0,25 л/га у фазі 1—2 листочків;
- 6) 6) те саме 2—3 листочків;
- 7) 7) без використання препарату.

Прикладом однофакторного дослідів, в якому порівнюватимуть ефективність різних препаратів, може бути польовий дослід з вивчення дії отрутохімікатів на плантаціях картоплі проти колорадського жука з такими варіантами: 1) актара; 2) карате; 3) конфідор; 4) моспілан; 5) банкол; 6) без хімічної обробки.

Аналогічною може бути схема дослідів, яка включає п'ять варіантів-препаратів для протруювання насіння озимої пшениці проти кореневих гнилей: 1) вінцит; 2) дивіденд; 3) вітавакс 200 фф; 4) раксил; 5) байтан-універсал; 6) без хімічної обробки насіння.

Різні препарати — протруювачі насіння можна вивчати і в двофакторному досліді, де як фактор Б будуть різні полімери-плівко-утворювачі або регулятори росту.

В окремих дослідах можна вивчати різні варіанти комплексного застосування хімічних засобів захисту рослин. Наприклад, розглянемо схему такого дослідів на посівах кукурудзи з такими варіантами: 1) протруювання насіння вітаваксом 200 фф, обприскування посівів у фазі 2—3 листків децісом; 2) насіння протруюють раксилем, а посіви у вищезазначений період обприскують БІ-58; 3—4) при протруюванні і обприскуванні використовують відповідно вітавакс 200фф і БІ-58 та раксил і деціс.

Різні хімічні засоби захисту рослин доцільно вивчати одночасно з агротехнічними. При цьому фактором Б у двофакторному досліді можуть

бути попередники, обробіток ґрунту, строки сівби тощо. Наприклад, якщо в досліді планується вивчати ефективність різних норм хімічних препаратів залежно від якості попередників озимої пшениці, то фактор А повинен включати поряд з рекомендованими нормами нижчі і вищі норми препаратів, а фактор Б — різні попередники. Ними, наприклад, можуть бути попередники раннього, середнього і пізнього строків збирання.

В одному досліді різні норми хімічних препаратів можна вивчати залежно від сорту досліджуваної культури. При цьому кожна із норм препарату (фактор А) буде вивчатись на фоні реєстрованих і перспективних сортів (фактор Б).

Актуальними слід вважати дослідження, спрямовані на порівняння ефективності хімічного і біологічного захисту рослин від шкідливих консументів з врахуванням, що останній буде альтернативним першому за умов біологізації землеробства. Наприклад, якщо в досліді планується порівняти дію різних норм децісу з випусканням на посіви кукурудзи трихограми проти кукурудзяного метелика, то схема досліду може мати такі варіанти:

- 1) деціс з розрахунку 0,5 л/га;
- 2) те саме 0,6 л/га;
- 3) » 0,7 л/га;
- 4) трихограма з розрахунку 50 тис./га;
- 5) те саме 100 тис./га;
- 6) » 150 тис./га;
- 7) » 200 тис./га.

Спостереження і обліки

Якщо у досліді використовують хімічні препарати для захисту рослин від хвороб, то об'єктом досліджень насамперед буде ступінь ураження рослин різними хворобами. До обов'язкових досліджень при цьому належить також реакція рослин на хімічні препарати. Так, при протруюванні насінневого матеріалу планується визначення польової схожості насіння, енергії його про-ростання, дружності сходів, густоти рослин, інтенсивності наростання вегетативної маси та формування врожаю. Якщо хімічним препаратом обробляють уже вегетуючі рослини, крім обліку ураженості їх хворобами, можна обмежитись біометричними обліками тільки тих показників, на які могла вплинути використана в досліді хімічна обробка. Так, якщо посіви обробляти у першій половині вегетації рослин (вегетативна маса була ще не сформованою), то до біометричних показників належатимуть висота рослин, їх маса, кількість листків на рослині, розміри листового апарату. А якщо посіви проти хвороб обробляли у другій половині вегетації, коли практично вже сформований асиміляційний апарат, то після обробки посівів враховується лише тривалість життєздатності окремих органів рослин, визначаються вміст води і хлорофілу в листі та продуктивність фотосинтезу.

У дослідях, де вивчають хімічний захист рослин від шкідників, треба

вести обліки чисельності шкідників до і після обробки посівів, визначати процент пошкоджених рослин і післядію пошкодження на ріст і формування врожаю. При цьому біометричні обліки проводять такі самі, як і в дослідах з вивченням хімічних препаратів захисту рослин від хвороб.

Використовуючи хімічні заходи захисту рослин, обов'язково враховують біологічну, господарську і економічну ефективність кожного з варіантів.

ЛЕКЦІЯ 6

ТЕМА: Основи математичного статистичного аналізу результатів досліджень.

1. Основні поняття математичної статистики.
2. Основні завдання математичної статистики.
3. *Аналіз варіаційних рядів кількісної та якісної мінливості.*

Самостійна робота: Облік врожаю.

Література:

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. – К.: Вища школа, 1994. – 334 с.
3. *Основи наукових досліджень в агрономії: П.Г. Копитко, ВЛ. Костогрив, - К.: -Дія, 2005-288с.*

1. Основні поняття математичної статистики

Результати досліджень аналізують методами математичної статистики.

Математична статистика — це розділ математики, який розглядає методи систематизації, обробки та використання статистичних даних для формування кінцевих висновків і пропозицій. В математичній статистиці використовують відповідні поняття, терміни та символи. Об'єктам агрономічних досліджень — рослинам, їх групам та навколишньому середовищу — властиве таке явище, як мінливість. Мінливість властивостей рослин та їх середовища називають *варіюванням*. Ступінь варіювання, виражений математично, називається *варіацією*.

Великі вибірки (кількість об'єктів більше 30). Якщо 1000 насінин однієї культури чинав'ять одного сорту, що являє собою генеральну сукупність, висіяти в однакових умовах, середовища, рослини будуть розрізнятися ростом, зовнішнім виглядом, масою, врожаєм тощо. Для визначення середньої висоти рослин чи середньої кількості зерен на великій площі треба було б терміново, протягом кількох годин вимірювати тисячі рослин і рахувати десятки тисяч зерен, що практично неможливо. Якщо подібні обліки треба зробити по кількох сортах, у різних варіантах, у кількох повторностях, то дослідження неможливо виконати у стислі строки (користуються теорією ймовірностей).

Теорія ймовірностей — це наука про закономірності масових випадкових явищ. Згідно з цією теорією замість суцільного обліку великої генеральної сукупності для вивчення відбирають певну частину, за якою і оцінюють всю генеральну сукупність. Отже, за ймовірностями одних випадкових подій визначають ймовірність інших подій, пов'язаних з ними.

Для аналізу результатів польових дослідів користуються рівнем надійної імовірності 0,95, який записують символом $P_{0,95}$, а для більш точних аналізів — рівнем 0,99, котрий записують символом $P_{0,99}$. Рівень надійної імовірності $P_{0,95}$ означає, що на ньому рівні дослідник, стверджуючи чи заперечуючи в досліді певне явище чи положення, ризикує помилитись 5 разів на 100 випадків. На рівні $P_{0,99}$ ризик помилитися становить 1 раз на 100.

Емпіричні розподіли, які мають у дослідях, не завжди такі симетричні, як теоретичні. У них може бути скривленість (**скошеність**) вправо або вліво, тобто асиметричність. Іноді у скривлених розподілів може бути не одна, а кілька вершин. Це свідчить про неоднорідність вибірки. Наприклад, у вибірку потрапили рослини іншого сорту або варіанта, який істотно відрізняється від першого.

Малі вибірки. Поряд з великими вибірками ($n > 30$) в агрономічних дослідженнях часто користуються вибірками, коли n дорівнює 4—8 або 10—12 варіантам у досліді. При цьому число членів ряду становить менше 30 і їх називають малими вибірками, на які не можна переносити закони великих чисел. Для малих вибірок застосовують розподіл ймовірностей Стьюдента, який називають *законом малих вибірок*. Для них запропонований критерій Стьюдента, що позначається символом t .

Критерій достовірності (істотності). *Критерій* — це показник, який дає змогу робити висновок про надійність висновків відносно статистичної гіпотези. Найчастіше користуються нульовою гіпотезою (H_0). Нульова гіпотеза — припущення про відсутність реальної різниці між фактичними спостереженнями (x_f) і тими, що передбачались теоретично (x_T). Для перевірки статистичних гіпотез користуються критеріями достовірності. Критерії достовірності бувають параметричні та непараметричні.

Параметричні критерії достовірності застосовують лише для нормального розподілу, найчастіше це критерії Стьюдента (t) та Фішера (F). Критерій достовірності Стьюдента розраховують за формулою

$$t = d / S_d$$

Де d — різниця середніх арифметичних ($x_1 - x_2$), а S_d — похибка різниці.

Розрахункове (фактичне) значення критерію t порівнюють з теоретичними значеннями на певних рівнях імовірності.

Критерій достовірності Фішера (F) прямо пропорційний дисперсії варіантів і обернено пропорційний дисперсії залишку похибки. Його фактичне значення порівнюють з теоретичним, яке знаходять у дод. 3.

2. Основні завдання математичної статистики

Одним з основних завдань наукових досліджень, де застосовують математичну статистику, є *планування дослідів*. Суть його така: запланований дослід повинен мати достатню кількість варіантів і повторностей, всі варіанти на початку дослідів мають перебувати в однакових умовах

навколишнього середовища, треба правильно підібрати метод статистичної обробки результатів дослід. Саме ці питання і вирішують математичним плануванням.

Завданням математичної статистики є також і те, яку *запланованому і закладеному досліді відбирати об'єкти для досліджень*, щоб вони об'єктивно характеризували вплив факторів, які вивчаються. Тут ідеться про використання методу рандомізації при відбиранні зразків ґрунту чи рослин у досліді.

Не менш важливим є вирішення питання про те, *скільки взяти цих зразків для досліджень*, тобто як оптимізувати об'єм вибірки.

У процесі попередньої обробки даних вирішують також *завдання з відновлення дат*, які випадають з дослід, і для цього користуються певними формулами.

Іноді одержані у досліді дані того самого варіанта дуже розрізняються і постає питання про *перевірку їх належності до певного варіаційного ряду*, а якщо вони сумнівні, то вибракувати. З цією метою користуються або критерієм тау (t).

У кожному проведеному досліді *визначають достовірність різниць між середніми арифметичними досліджуваних вибірок із застосуванням критеріїв достовірності t , F , а також найменшої істотної різниці (НІР)*.

У багатьох дослідженнях, де вивчають залежності між показниками середовища і рослиною або між різними показниками самої рослини (наприклад, урожай і якість), *обчислюють коефіцієнти кореляції та кореляційні відношення*.

Питання прогнозування, або знаходження невідомих показників за допомогою інших відомих, вирішують у регресійних аналізах після складання рівнянь регресії для лінійних чи криволінійних залежностей.

Майже у всіх дослідженнях виникає *питання про точність досліджень*. Для цього спочатку обчислюють значення відносної похибки (5%), а за її значенням роблять висновки про точність проведених досліджень.

Головною особливістю математичної статистики є те, що її можна застосовувати лише у методично правильно спланованих і проведених дослідях. Якщо методики досліджень недодержували, ніяка винахідливість математика не зможе виправити похибок дослід. Такі досліді треба бракувати.

3. Аналіз варіаційних рядів кількісної та якісної мінливості

Розрізняють мінливість кількісну і якісну. До кількісної мінливості належать об'єкти, які мають масу, розмір, об'єм або їх можна лічити поштучно. Розрізняють непереривну та переривну кількісну мінливість. До *непереривної мінливості* належать ті об'єкти, які виражають в основному дробовими числами,— це маса, розмір і об'єм досліджуваних об'єктів: маса

врожаю або плоду, довжина і висота рослин, площа листя, об'єм коріння чи бульби. До *переривної мінливості* належать об'єкти, які обліковують поштучно: кількість колосів, листків, коренеплодів, рослин тощо.

Конкретний хід аналізу варіаційних рядів кількісної мінливості залежить від об'єму вибірки. Для малих і великих вибірок обчислюють такі основні статистичні характеристики: середню арифметичну(\bar{x}); дисперсію; стандартне відхилення; похибку середньої арифметичної; коефіцієнт варіації— V ; відносну похибку. Кожній середній арифметичній дають інтервальну оцінку.

Малі вибірки. Прикладом малих вибірок може бути кількість повторностей, яка найчастіше становить 3—6.

Для малих вибірок обчислюють такі статистичні характеристики: середні арифметичні, дисперсії, стандартні відхилення, коефіцієнти варіації, похибки вибірових середніх, відносні похибки та ін.

Середня арифметична проста — \bar{x} . Для обчислення статистичних характеристик використаємо, наприклад, дані обліку кількості листя кукурудзи на полі з рівномірним та дуже нерівномірним розсіюванням добрив.

Варіюючі ознаки (кількість листя) позначають знаком X , а кількість повторень — n . Середню арифметичну просту обчислюють за формулою

$$\bar{X} = \Sigma X / n$$

де \bar{X} — середня арифметична для варіанта; ΣX — сума варіюючих ознак варіанта по повторностях, у даному випадку — кількість листя на одній рослині кукурудзи; n — кількість повторень.

Для поля з нерівномірним внесенням добрива середня арифметична

$$\bar{X}_2 = \Sigma X/n = (16+7+20+17)/4=15$$

Для варіанта з рівномірним внесенням добрив середня арифметична

$$\bar{X}_1 = \Sigma X/n = (14+18+13+15)/4=15$$

Отже, середні арифметичні однакові, але розмах варіації різний. При рівномірному внесенні добрив = 5, а при дуже нерівномірному =13, тобто кількість листя сильніше варіює при нерівномірному внесенні добрив, коли створюється строкатість у родючості ґрунту.

Середня арифметична є основною статистичною характеристикою кожного варіаційного ряду (всі інші характеристики лише пояснюють головну).

Дисперсія (S²). При повторних обліках на одних і тих самих полях, тобто на одних генеральних сукупностях, розмах варіювання може бути неоднаковим. Отже, він є менш характерним показником варіації. Повніше характеризує варіаційні ряди дисперсія (S²) — середній квадрат відхилень кожного члена варіаційного ряду (X_1, X_2, \dots, X_n) від їх середньої арифметичної. Дисперсію обчислюють за формулою

$$S^2 = \Sigma (X - \bar{X})^2 / n - 1$$

X – варіююча ознака; \bar{X} – середня арифметична;

$n-1$ – число всіх вимірювань без одиниці, або v можна використовувати метод статистичної обробки для дослідів з неповним числом дат.

Вибір методу статистичної обробки даних. Якщо дані не викликають сумніву, обчислюють середні арифметичні для кожного варіанта, вибирають метод статистичної обробки і виконують відповідний аналіз, наприклад дисперсійний. Вибір дисперсійного аналізу залежить від методу розміщення варіантів у польових дослідів.

Для дослідів, розміщених методом рандомізованих повторень, використовують дисперсійний аналіз рандомізованих повторень. Досліди, розміщені методом латинського квадрата, обробляють дисперсійним аналізом латинського квадрата, а для дослідів, розміщених методом латинського прямокутника, застосовують дисперсійний аналіз латинського прямокутника.

Багатофакторні досліди, які розміщують методом рандомізованих повторень або розщеплених ділянок, обробляють відповідними методами дисперсійного аналізу — рандомізованих повторень чи розщеплених ділянок.

У дослідів, розміщених методом повної рандомізації, а також у вегетаційних лабораторних та дослідів, в яких вивчають зберігання картоплі, буряків, тощо, повторень не організують і дані обробляють дисперсійним аналізом повної рандомізації.

Недисперсійні методи статистичної обробки застосовують для дослідів, у яких не використовують випадковий метод розміщення варіантів, наприклад стандартний та систематичний методи. Досліди, розміщені стандартним методом, обробляють різницевою методом, а розміщені систематично — дробовим.

Показники якісної мінливості обробляють визначенням достовірності різниць між частками наявності ознак за допомогою критерію Стюдента (t).

ЛЕКЦІЯ 7

ТЕМА: Статистичні методи перевірки гіпотез.

1. Дисперсійний аналіз.
2. Не дисперсійні методи статистичної обробки дослідів.
3. Кореляційний та регресійний аналізи.
4. Коваріаційний аналіз.

Самостійна робота: Використання комп'ютерної техніки для планування досліджень, проведення обліків і спостережень, створення баз даних, їх аналізу та інтерпретації.

Література:

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. – К.: Вища школа, 1994. – 334 с.
3. *Основи наукових досліджень в агрономії: П.Г. Копитко, В.Л. Костогрив, - К.: -Дія, 2005-288с.*

1. Дисперсійний аналіз.

Дисперсійний аналіз є найдосконалішим методом статистичної обробки даних. Проте, його застосовують лише для дослідів, які розміщені методом рендомізації (випадково).

У польовому досліді, розміщеному методом рендомізованих повторень, урожай змінюється залежно від:

- варіантів;
- повторень;
- випадкових причин (умови навколишнього середовища, індивідуальні мінливості саміх рослин).

Р.Фішер виразив ці зміни сумами квадратів таких розсіювань:

- варіантів - S_v
- повторень - S_p
- похибки - S_z

їх сума і є сумою квадратів загального розсіювання (S_y).

Тоді $S_y = S_v + S_p + S_z$

Для кожного розсіювання обчислюють число ступенів свободи (v):

- варіантів - $v_v = 1-1$;
- повторень - $v_p = n-1$;
- похибки - $v_z = (1-1)-(n-1)$;

загального розсіювання - $N-1$, де $N = 1-n$, (1-кількість варіантів, n -кількість повторень)

Дисперсія — це розсіювання даних дослідів і розчленування загального

варіювання вро-жаю чи інших показників на складові частини. Звідси і назва методу — дисперсійний аналіз. Найбільш застосовувані дисперсія варіантів та дисперсія помилки, яку ще називають дисперсією залишку. Співвідношення цих двох дисперсій є тим основним критерієм, який дає змогу дати загальну оцінку достовірності різниць між середніми арифметичними або загальну оцінку достовірності досліду. Цей критерій позначають першою літерою прізвища автора дисперсійного аналізу Фішера

Якщо критерій Фішера фактичний (обчислений) дорівнює критерію теоретичному

$$F=(S^2v)/(S^2z)$$

Найбільш застосовувані дисперсія варіантів (S^2v) та дисперсія помилки (S^2z).

Крім того визначення критерію Фішера викликає питання про визначення НІР.

Дисперсійний аналіз є найдосконалішим методом статистичної обробки даних. Його переваги полягають у виділенні із загального варіювання його компонентів, розрахуванні узагальненої похибки всього досліду (E) на основі більшої кількості спостережень, ніж для індивідуальних похибок окремих пар варіантів у недисперсійних методах.

Дисперсійний аналіз досить ефективний для багатофакторних дослідів, оскільки дає змогу визначити достовірність не лише дії факторів окремо, а і їх взаємодії.

Висновок про точність усього досліду роблять наприкінці дисперсійного аналізу на основі числового значення відносної похибки $S_x\%$, яку визначають за формулою:

$$S_x\% = (E-100)/X_N$$

E-узагальнена похибка досліду; X_N - середня арифметична всього досліду.

Без обчислення похибки досліду дисперсійний аналіз вважається незакінченим, а висновки неповними.

2. Недисперсійні методи статистичної обробки дослідів.

Застосовуються для статистичної обробки результатів, одержаних в дослідях з нерендомізованим розміщенням варіантів. До них відносять *дробовий та різницевий методи*.

Дробовий метод статистичної обробки результатів досліджень.

Метод запозичений із біометрії, де мають справу з великою кількістю повторних спостережень. Таким умовам часто відповідають результати польових і лабораторних досліджень більш-менш однорідної сукупності, варіювання якої обумовлено випадковими факторами.

Різницевий метод статистичної обробки результатів досліджень.

Застосовують для дослідів, розміщених стандартними методами (ямб, дактиль) методами. Найчастіше їх використовують у сортовивченні, а також в інших дослідях за умов сильного варіювання родючості ґрунту.

3. Кореляційний та регресійний аналізи.

Методи статистичного аналізу, які розглядалися вище, дають можливість вивчати окремі ознаки або властивості незалежно, наче ізольовано від інших. В багатьох агрономічних дослідженнях дуже важливо вияснити залежність між двома або декількома ознаками, встановити їх взаємний зв'язок. Але в таких дослідженнях рідко мають справу з точними і визначеними функціональними зв'язками, коли кожному значенню однієї величини відповідає строго визначене значення іншої величини. Частіше зустрічаються такі співвідношення між змінними, коли кожному значенню ознаки X відповідає не одна, а безліч можливих значень ознаки Y. Такі зв'язки pojawiaються лише при масовому визначенні ознак і на відміну від функціональних називаються *схоластичними (вірогідними) або кореляційними*. Класифікація кореляцій (взаємне співвідношення, залежність показників, явищ тощо) поділяються за:

- 1) напрямом;
- 2) формою;
- 3) силою;
- 4) кількістю зв'язків.

1) *За напрямом* вони бувають прямі та зворотні.

Пряма кореляція-коли із збільшенням однієї ознаки (X) інша ознака (Y) також збільшується.

Приклад: із збільшенням довжини колосу кількість зерен в ньому також збільшується; збільшення довжини листя призводить до збільшення їх площі.

Зворотна кореляція - із збільшенням однієї ознаки (X) інша ознака (Y) зменшується.

Приклад: при більшій забур'яненості посівів зменшується врожайність польових культур; збільшення доз застосовуваного інсектициду зменшує кількість шкідників на полі; надмірне розростання коренеплодів цукрових буряків призводить до зниження їх цукристості.

При вивченні кореляційних зв'язків виникає два основних питання - про силу зв'язків та їх форму. Для вимірів сили і форми зв'язків використовують спеціальні статистичні методи, які називаються кореляцією і регресією. Кореляція та регресія - спеціальні статистичні методи для визначення сили і форми зв'язків.

2) За формою кореляції поділяють:

-*прямолінійні*- із збільшенням одних ознак (X) відповідно збільшується інші ознаки (Y).

Приклад: при збільшенні маси бульб картоплі чи коренеплодів буряків збільшуються їх розміри; при збільшенні кількості зерен у колосі збільшується його довжина.

Ступінь кореляційних взаємозв'язків виражається числом, яке називається *коефіцієнтом кореляції* (r).

- *криволінійні* - має місце, коли значення X та Y змінюються спочатку в одному напрямі, а потім у протилежному.

Приклад: при постійному зростанні градацій певного фактору X (азотні добрива, вологість ґрунту) врожай Y спочатку зростає, потім стає стабільним, а після подальшого збільшення ознаки X ознака Y починає зменшуватись. Такі зв'язки виражають кореляційним відношенням, яке позначають r (грецьке «ета»).

3) За кількістю зв'язків кореляція буває:

- *простою* (досліджується зв'язок між двома ознаками);
- *множинною* (досліджується зв'язок між трьома і більшою кількістю ознак). Приклад множинної кореляції: залежність урожайності одночасно від доз добрив, норм зрошення, норм висіву, глибини загортання насіння.

4) За силою зв'язків кореляція може бути:

- повною;
- сильною;
- середньою.
- слабкою;
- її не може бути зовсім.

Значення коефіцієнту кореляції відображає силу зв'язку. Показник змінюється від -1 до $+1$. При значенні $r \pm 1$ кореляція перетворюється на функціональну. Як що $r=0$ між X та Y немає зв'язку, але криволінійна залежність може існувати.

При: $r < 0,3$ зв'язок слабкий;

- $r = 0,3 \dots 0,7$ зв'язок середній;
- $r > 0,7$ зв'язок сильний.

Додатне значення (+) r вказує на пряму позитивну, а від'ємне (-) на обернену (негативну) кореляцію. Низький коефіцієнт кореляції не завжди визначає відсутність зв'язку, тоді може бути криволінійна залежність.

Коефіцієнт кореляції вказує на напрям і ступінь взаємозв'язку, але не дає можливості зробити висновок про те, як кількісно змінюється функціональна ознака (Y) при зміні факторіальної ознаки (X) на одиницю виміру. Тобто в таких випадках на допомогу дослідників приходять *регресійний аналіз*.

Регресійний аналіз - дає можливість передбачити значення функціональної ознаки, за заданим значенням факторіальної, тому що регресія вказує на ступінь зміни ознаки Y при зміні на одиницю ознаки X.

Наприклад: із зміною довжини колоса (X) на 1 см кількість зерен у ньому (Y) збільшується на 7 штук.

Після кореляційних та регресійних аналізів складають рівняння регресії, які використовують для обчислення невідомого показника за відомим.

4. Коваріаційний аналіз.

У дослідах з багаторічними рослинами іноді на дослідних ділянках дерева значно розрізняються за силою росту або врожайністю на початку дослідів. Такі рослини, як правило, ще більше будуть різнитися між собою і наприкінці дослідів. Тому оцінка ефективності варіантів без поправок на

початковий стан рослин не буде об'єктивною, У таких випадках необхідно знайти співвідношення між варіюванням початкового стану показника, наприклад урожаю X_i кінцевого V . Коваріаційний аналіз використовується також у тих випадках, якщо в процесі дослідження випадають деякі рослини, зіпсовані шкідниками, морозами, уражені хворобами. Проте якщо в сортовивченні сильне ураження хворобами або морозами є особливістю сорту або в агротехнічних дослідженнях випадання рослин сталося під впливом високих доз добрив або гербіцидів, коваріаційний аналіз не застосовується.

Коваріаційний аналіз — сукупність методів математичної статистики, що відносяться до аналізу моделей залежності середнього значення деякої випадкової величини Y одночасно від набору (основних) якісних факторів F_i (супутніх) кількісних факторів X . Фактори задають поєднання умов, при яких були отримані спостереження X, Y, Y , і описуються за допомогою індикаторних змінних, причому серед супутніх і індикаторних змінних можуть бути як випадкові, так і не випадкові (контрольовані в експерименті).

Комплекс дисперсійного, кореляційного, та регресійного аналізів з метою зведення фактичних середніх ряду V до повної вирівняності умов дослідження за рядом X називається коваріаційним аналізом. У математичній статистиці коваріація (cov) — це середній добуток відхилень двох змінних X та Y від їх середніх.

ЛЕКЦІЯ 8

ТЕМА: Методи статистичної обробки дослідів.

4. Основні етапи проведення статистичної обробки даних дослідів.
5. *Перевірка нормальності закону розподілу.*
6. *Перевірка на наявність помилки.*
7. *Перевірка відтворюваності дослідів.*

Самостійна робота: Вибір оптимального варіанту дослідів за багатьма критеріями.

Література:

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. – К.: Вища школа, 1994. – 334 с.
3. *Основи наукових досліджень в агрономії: П.Г. Копитко, ВЛ. Костогрив, - К.: -Дія, 2005-288с.*

1. Основні етапи проведення статистичної обробки даних дослідів.

Основними етапами проведення статистичної обробки даних експериментальних досліджень являється :

1. вибір конкретної форми аналітичної залежності між вимірюваними показниками (специфікація моделі);
2. збирання та підготовка експериментальних даних;
3. оцінювання параметрів математичної моделі;
4. перевірка адекватності вибраної математичної моделі експериментальним даним;
5. прогнозування розвитку вимірюваних процесів з метою подальшого керування ними.

При підготовці статистичних даних для роботи з певною моделлю, необхідно забезпечити відповідність цих даних моделі та спільну методичну базу для їх оцінювання. Отримані експериментальні дані повинні утворювати взаємо узгоджений набір. Відсутні статистичні дані можуть бути розраховані за іншими показниками, якщо між ними існує певна функціональна залежність.

Формуючи сукупність спостережень, необхідно забезпечити порівнянність експериментальних даних у просторі та часі. Отримані експериментальні дані повинні мати:

1. однаковий ступінь агрегування;
2. достатньо велику сукупність спостережень вхідних даних
3. однорідну структуру одиниць сукупності;
4. одні і ті самі методи розрахунку показників у просторі та часі;

5. однакову періодичність обліку даних.

Однорідність сукупності спостережень вхідних даних включає якісну і кількісну однорідність. Перша обумовлює однорідність, яка визначається однотипністю вхідних даних, їх однаковою якістю та певним призначенням, а друга — однорідність групи одиниць сукупності, що визначається на підставі кількісних ознак. Однорідність даних передбачає відсутність нетипових, аномальних спостережень, а також викривлень тенденції.

Аномальний рівень визначає окреме значення рівня часового ряду, яке не відповідає потенційним можливостям досліджуваної системи, і яке чинить суттєвий вплив на значення основних характеристик часового ряду. Формально аномальність проявляється як несподіваний стрибок (або спад) із подальшим поступовим встановленням попереднього рівня. Аномальність призводить до зміщення оцінок і, отже, до спотворення результатів аналізу. Причинами аномальних даних можуть бути помилки технічного характеру, а також фактори, що мають об'єктивний характер, але можуть діяти рідко, епізодично.

Аномальні спостереження у вибірці появляються за рахунок грубих похибок при реєстрації вимірювань, випадкових імпульсних завад, збоїв устаткування, вимірювання у неправильних одиницях. Якщо дані різко виділяються на фоні ряду спостережень, то вони можуть бути виключені з вибірки на попередньому етапі аналізу результатів проведеного вимірювання, з врахуванням фізичної суті вимірюваної величини. Результати, які знаходяться у так званій сумнівній зоні, розпізнаються складніше і вимагають застосування спеціальних статистичних процедур для виявлення аномальних спостережень. Проте навіть після виявлення таких аномальних результатів не можна вважати аналіз точності виконання результатів вимірювання завершеним і правильним без ґрунтовних пояснень отриманих результатів. Автоматичне видалення аномальних спостережень без встановлення причин їх виникнення виправдане і можливе лише тоді, коли створена модель спостереження добре вивчена і випробувана, тобто заздалегідь відома її поведінка. Проте загалом такий метод використовується рідко. В основному використовують статистичні критерії, за допомогою яких встановлюється закон розподілу спостережень і за відповідним алгоритмом обробки результатів експерименту, проводять видалення аномальних результатів, оскільки дуже часто не має достатньої інформації про якість вимірювання або ж ця інформація не є надійною.

Статистична обробка набору даних включає три послідовні етапи:

1. Перевірка нормальності закону розподілу є обов'язковою оскільки в основі процедур математичної статистики лежить нормальний закон розподілу;

2. Перевірка на наявність помилок є необхідною оскільки результати спостереження, які різко відрізняються від інших спотворюють кінцевий результат вимірювання;

3. Перевірка відтворюваності дослідів здійснюється для того, щоб

підтвердити відсутність часової залежності та відносну стабільність зовнішніх умов при проведенні вимірювального експерименту.

2. Перевірка нормальності закону розподілу.

Більшість існуючих критеріїв видалення аномальних результатів спостереження спирається на їхню приналежність до нормального закону. Це говорить про те, що перш ніж приступати до перевірки результатів на аномальність, необхідно підтвердити нормальність закону розподілу вибірки. Яким чином перевіряється нормальність? Перевірка статистичної гіпотези про припустимий закон невідомого розподілу проводиться в такий же спосіб, як і перевірка гіпотез про параметри розподілу. Це відбувається за допомогою спеціально підібраної величини – критерію згоди (критерій перевірки гіпотези про допустимий закон розподілу). В числі найбільш застосовуваних в метрологічній практиці критеріїв згоди варто відзначити критерій Пірсона, критерій Колмогорова, складений критерій, критерій Мизеса-Смирнова ω^2 та ін. У практиці перевірки гіпотез про відповідність закону розподілу рекомендують застосовувати хоча б два методи перевірки для підвищення вірогідності прийняття рішення. Особливо це важливо, коли характерні риси закону розподілу перебувають на його “хвостах”, що не завжди можна виявити при малому обсязі випробувань. Проаналізувавши ряд наукових праць в області математичної статистики, коротко зупинимося на деяких характерних особливостях для кожного з критеріїв перевірки нормальності закону розподілу поданих

- критерій Персона – доцільність та коректність його застосування доведена при великому об’ємі дослідних вибірок;
- складений критерій включає два незалежні критерії і ви-користовується при перевірці гіпотези про нормальність розподілу вибірки результатів спостережень при умові $10 \leq n \leq 50$, де n – кількість елементів вибірки ;
- критерій Колмогорова оснований на порівнянні емпіричної функції розподілу і теоретичної функції розподілу вибірки (може застосовуватися як критерій однорідності не лише як критерій згоди);
- критерій перевірки на симетричність призначений для перевірки гіпотез про симетричність спостережуваного закону розподілу при об’ємах вибірки $8 \leq n \leq 5000$; - критерій перевірки на ексцес передбачений для використання при об’ємах вибірок $8 \leq n \leq 5000$;
- критерій Шапіро-Уїлка базується на аналізі лінійної комбінації відмінностей порядкових статистик, передбачено застосування критерію при об’ємі вибірки $8 \leq n \leq 50$;
- критерій Еппса-Паллі базується на порівнянні емпіричної і теоретичної характеристичних функцій. У стандарті передбачена доцільність застосування у випадку, коли $8 \leq n \leq 200$.

3. Перевірка на наявність помилки

У вітчизняній літературі можна знайти багато прикладів перевірки аномальності результатів, проте дослідженню критеріїв, які призначені саме для таких цілей, не надається належної уваги. При цьому попередньо висувається нульова гіпотеза про приналежність результату, що підлягає перевірці на аномальність, вибірці (тобто результат не є аномальним), в той час, як альтернативна гіпотеза говорить про аномальність результату спостереження і не приналежність його вибірці, що підлягає статистичній обробці. Якщо розрахункове значення статистики вибраного критерію є більшим за встановлене граничне, що береться зі статистичних таблиць, то нульова гіпотеза не підтверджується, тобто цей результат – аномальний, і повинен бути виключений при подальшій обробці результатів спостережень.

Критичні значення критерію Ірвіна та Романовського розраховані для достатньо великих вибірок (до 1000 та до більше для першого та другого відповідно);

критерій варіаційного розмаху згадується в як один із найпростіших методів перевірки аномальності результату;

застосування критерію Діксона можливе лише для вибірок, об'єм яких знаходиться в межах $5 \leq n \leq 150$, в той час як табличні значення критерію Райта розраховано для кількості результатів спостережень більше 20 ... 50 та доцільність його застосування обґрунтована тоді, коли відома величина генерального середньоквадратичного відхилення;

Критерій Шовене застосовується для законів, що не суперечать нормальному, і ґрунтується на визначенні числа очікуваних результатів спостережень, які мають настільки ж великі похибки, як і підозрілий; як відомо з наукових праць та літературних джерел критерій Смірнова використовується для перевірки однорідності вибірок, проте пропонується для вибірок обсягом $n \geq 25$ або при відомих значеннях генеральних середнього та середньоквадратичного відхилення застосовувати даний критерій для перевірки на відсутність аномальних результатів.

Особливої уваги вартий критерій Граббса, котрий набув широкого застосування завдяки тому, що дає змогу перевірити одночасно кілька значень у вибірці на аномальність. На сьогоднішній день відомі наступні модифікації критерію Граббса:

- для перевірки на один промах (максимального або мінімального значення у вибірці); - для перевірки перевірки на два промахи (одночасно двох найбільших або найменших значень та найбільшого і найменшого одночасно);
- для перевірки на три промахи (одночасно трьох мінімальних і трьох максимальних вибіркових значень).

Відомо також, що отримано критичні точки критерію Граббса для вибірок з експоненціальним законом розподілу, а також виведена модифікація критерію Граббса для перевірки на аномальність одночасно п'яти значень. Оскільки критеріальні вимоги, що визначають межу, за якою знаходяться

"грубі" результати спостережень у різних авторів різні, то перевірку слід виконувати відразу за кількома критеріями (рекомендується використовувати не менше трьох, із згаданих вище). Остаточний висновок про приналежність "підозрілих" результатів розглянутої сукупності спостережень слід робити за результатами, отриманими за більшістю з критеріїв.

4. Перевірка відтворюваності дослідів.

Обробку результатів активного експерименту зазвичай проводять на основі регресійного аналізу. Проте для використання регресійного аналізу необхідне виконання наступних попередніх умов:

- похибки експерименту повинні бути розподілені за нормальним законом (вище уже наводилися критерії за допомогою яких забезпечується перевірка нормальності);

- досліді повинні бути відтворюваними. Відповідно, перед тим як переходити до активного експерименту необхідно провести серії дослідів на об'єкті, який підлягає ретельному вивченні, для того, щоб підтвердити або ж заперечити зазначені вище попередні умови. Перша умова перевіряється за допомогою критеріїв згоди зазвичай, а перевірку другої умови забезпечують критерій Кохрена, Бартлетта та Фішера. Зупинемося на деяких особливостях згаданих критеріїв.

Для перевірки гіпотези про приналежність двох вибіркової дисперсій до однієї генеральної сукупності (їх однорідності), а відповідно і рівноточності серій вимірювання (показник відтворюваності дослідів у експерименті) використовується критерій Кохрена.

Для перевірки гіпотези за допомогою критерію Кохрена необхідні результати декількох серій паралельних дослідів. У кожній із серій число результатів вимірювання повинна бути однаковою. Зазвичай, кількість серій не є більшою аніж 2-3, а кількість дослідів в серії теж може бути невеликою (достатньо навіть двох). Критерій Кохрена пропонується стандартом ISO 5725 для кількісної оцінки міжлабораторних спостережень. До переваг варто віднести простоту в обчисленні, та поряд має місце обмеження на число степенів вільності дисперсій, критерій виявляє відхилення лише в більшу сторону.

Коли мова йде про застосування критерію Бартлетта, то характеристикою відтворюваності результатів серій (груп) вимірювань як і в попередньому випадку є вибіркової дисперсії. Варто зауважити, що відтворюваність і збіжність є показниками прецизійності вимірювання і кількісно виражаються через міжгрупову і внутрішньогрупову дисперсію. Критерій Бартлетта використовується для перевірки гіпотези про відтворюваність дослідів в тих випадках, коли маємо результати декількох серій паралельних дослідів, однак число дослідів в цих серіях різне. До переваг даного критерію можна віднести той факт, що при його застосуванні не вимагається рівне число ступеней вільності дисперсій (тобто вибірки можуть бути різного об'єму), критерій ідентифікує двохстороннє відхилення як в найменшу так і в найбільше сторону. Разом з тим до ряду недоліків слід віднести:

- складність розрахунків;
- число степенів вільності будь-якої дисперсії повинне бути більше трьох;
- критерій дуже чутливий до відхилень від нормального розподілу даних.

Порівнюючи переваги та недоліки критеріїв Бартлетта і Кохрена, можна побачити, що вони є взаємодоповнюючими і повинні використовуватися спільно.

Критерій Фішера заснований на додаткових припущеннях про незалежність і нормальності вибірок даних. Здебільшого критерій Фішера стосується однофакторного дисперсійного аналізу і перед дослідником стоїть вимога присутності не менше як трьох рівнів факторів та не менше двох спостережень на кожному рівні і кількість цих спостережень на кожному рівні однакова. Як і в попередніх критеріях, до вибірок, що підлягають аналізу, висувається вимога необхідності нормального закону розподілу величин.

Для забезпечення правильності обробки результатів спостережень, перевірки відхилень розподілів ймовірностей від нормального, коректного визначення основних методів розрахунку, оцінки точності методів і результатів вимірювання, розроблено ряд нормативних документів, ГОСТів та рекомендацій щодо їх застосування.