

## ЛЕКЦІЯ. Методи дослідження в біології

У науковій роботі в біології при вивченні рослин використовують в основному три специфічні методи дослідження (за умовами проведення): лабораторний, вегетаційний і польовий. Кожен з них має свої прийоми дослідження - спостереження і експерименти в умовах: спеціальних лабораторій або кабінетів біології; вегетаційних будиночків, фітотронів, теплиць; у природній польовій обстановці.

Лабораторні методи дослідження - вивчення культурних рослин і умов їх вирощування в спеціально обладнаних агрохімічних, біохімічних, цитологічних, бактеріологічних і інших видах лабораторій. Вони можуть мати самостійне значення, але найчастіше є складовою і дуже важливою частиною ширших досліджень. Наприклад, при проведенні польових і вегетаційних дослідів правильна організація і здійснення лабораторних аналізів ґрунтів і дослідних рослин дозволяють зрозуміти і пояснити суть явищ, що вивчаються, зробити обґрунтовані висновки.

Суть вегетаційного методу досліджень полягає в тому, що рослини вирощують у штучній, але агрономічно обґрунтованій обстановці, регульованій експериментатором. Вегетаційний дослід - дослідження, при якому об'єктом вивчення виступають інтактні рослини, що вирощуються в контрольованих умовах вегетаційних будиночків, теплиць, оранжерей, кліматичних камер, лізиметрів.

Лізиметричні дослідження займають проміжне положення між вегетаційними і польовими експериментами. Лізиметри - це різного роду конструкції з цегли, бетону, металу і інших матеріалів, в яких ґрунт для вирощування рослин відгороджений з усіх боків від навколишнього ґрунту.

Загальне для лабораторного і вегетаційного методів полягає в тому, що спостереження і експерименти проводять в штучних, строго контрольованих умовах. Застосування лабораторних і вегетаційних методів дослідження допомагає розчленувати складне явище на чинники і вивчити окремо саму рослину, а також ґрунтові, бактеріологічні, біохімічні, фізіологічні і інші умови. При цьому в біології використовують специфічні для інших наук методи дослідження (з різних галузей фізики, хімії, математики і тому подібне), спрямовані на з'ясування складних взаємозв'язків різних чинників, діючих на біологічні процеси.

При польовому методі спостереження і експерименти проводять в природній польовій обстановці (чи в природних, близьких до виробничих умовах, на спеціально виділеній ділянці) з багатьма умовами, що безперервно змінюються незалежно від експериментатора. Тут зовнішні чинники дії на рослини можуть поєднуватися самим різним і часто абсолютно непередбаченим чином, а тому неможливо виділити і розглянути роль кожного чинника окремо. Так, урожай в польовому досліді є синтезом усіх умов і чинників середовища і обробки. Тому, незважаючи на уявну простоту, польовий метод досліджень - найбільш складний біологічний метод пізнання життя рослини.

### Характеристики/вимоги експерименту

Експеримент (дослід) є важливим інструментом дослідження. Деякі основні вимоги (характеристики) добре спланованого дослідження такі:

1. Простота. Доступність розуміння. Вибір варіантів і схеми їх розміщення мають бути прості, наскільки можливо, і відповідати меті експерименту.

2. Точність. Рівень вірогідності повинен забезпечити істотність відмінностей по варіантах з мірою точності, необхідної експериментаторові. Це припускає відповідну схему і достатню повторність, ретельне виконання усіх спостережень, обліків і інших заходів.

3. Відсутність систематичної помилки. При плануванні експерименту необхідно усунути систематичні відмінності між окремими експериментальними одиницями, що дозволить в наступному зробити незміщену оцінку дії кожного варіанту. Умови для усіх варіантів мають бути єдиними, окрім одного варіанту – того, що вивчається (принцип єдиної відмінності).

4. Достовірність. Облік даних треба вести згідно із загальноприйнятими методиками. А висновки повинні мати настільки широкий інтервал надійності, наскільки можливо. Експеримент, повторений в часі і на території, збільшує достовірність висновків, витікаючих з нього. Інший шлях

збільшення достовірності дослідів - факторіальність схеми. У факторіальному досліді дія одного чинника оцінюється на фоні різних рівнів дії іншого чинника.

5. Науковість. Дослід має бути організований відповідно до біології піддослідного об'єкту.

6. Доцільність. Дослід має бути практично корисним.

7. Типовість. Дослід проводиться з типовим для цієї області дослідження об'єктом. Н-д, польовий дослід - з сортами, що районують або перспективними, в природних для цієї культури умовах.

8. Розрахунок допустимої міри ризику. Будь-який експеримент завжди залишає деякий сумнів відносно достовірності зроблених узагальнень. Схема експерименту повинна забезпечити можливість перевірки дії і випадкового чинника на отримувані результати.

### **Вимоги до польового дослідів**

Площа дослідних ділянок для учбових дослідів - до 2 м<sup>2</sup>, для дослідницьких - залежно від культури від 10-20 (морква, петрушка, горох) до 100-150 м<sup>2</sup> (дині, гарбузи), включаючи захисні смуги шириною від 0,5м. Урожай із захисних смуг забирається на 1-2 дні раніше основного і не враховується. Розміщення варіантів - одноярусне (повторності варіантів йдуть в один ряд) або багатоярусне (шахове) - повторності варіантів йдуть в два або більше рядів.

### **Методи проведення досліджень**

Розглянемо 2 методи проведення досліджень - експериментальний і емпіричний.

#### **а) експериментальний метод**

Якщо ми маємо справу з експериментом, необхідно продумати цілий ряд моментів з метою його успішного проведення. Деякі з найбільш важливих етапів проведення експерименту приведені нижче.

1. Визначення проблеми. Перший крок до вирішення проблеми - це її ясний і чіткий виклад. Якщо проблема не може бути сформульована, то мало шансів для її вирішення взагалі. Зрозумівши проблему, слід поставити завдання, відповіді на які приведуть до її рішення.

2. Формулювання мети. Воно може бути у формі питань, що підлягають відповіді, гіпотез, що підлягають перевірці, або ефектів, що підлягають оцінці. Завдання мають бути ясно сформульовані. Це дозволить ефективніше спланувати методику досліджень. У разі декількох завдань їх слід розташувати в порядку важливості, оскільки без цього важко вибрати правильну схему експерименту. При постановці завдань не повинно бути невпевненості або, навпаки, надмірної самовпевненості.

3. Вибір варіантів. Успіх експерименту ґрунтується на ретельному виборі варіантів, оцінка дії яких дає відповідь на поставлені завдання дослідження.

4. Вибір експериментального матеріалу. При виборі експериментального матеріалу слід мати на увазі поставлені завдання і об'єкти спостережень, по яких будуть зроблені висновки. Експериментальний матеріал повинен досить повно представляти усю сукупність об'єктів, що вивчаються.

5. Вибір схеми експерименту. Разом з обліком завдань дослідів схема повинна відрізнятися простотою і забезпечувати заданий рівень точності.

6. Визначення експериментальної одиниці і повторності. У польовому досліді з рослинами завдання зводиться до визначення розміру і форми ділянки; у досліді з тваринами - числа тварин, які і складуть експериментальну одиницю. Особливо цінну допомогу в рішенні вказаної задачі мають результати інших подібних експериментів. Як розміри ділянки, так і повторність повинні забезпечити задану точність оцінки обраних варіантів.

7. Контроль крайової дії сусідніх ділянок одна на одну при проведенні польового дослідів. Зазвичай це досягається шляхом введення захисних смуг і рендомізованого розміщення варіантів.

8. Визначення показників, що підлягають обліку. Ці показники повинні належним чином характеризувати дію варіантів відповідно до поставлених завдань експерименту. Додатково треба враховувати також інші дані, які допоможуть пояснити, чому ці варіанти діють саме так, а не іншим шляхом.

9. Вибір методу статистичного аналізу і табулювання результатів. Випишіть джерела варіювання і відповідні ступені свободи для дисперсійного аналізу. Внесіть до таблиці дисперсійного аналізу усі F-критерії (Критерії Фішера (критерії істотності) - теоретичний і фактичний, перший знаходять по таблиці (додаток до книг зі статистики) для заданого числа ступенів свободи, що вивчається і випадкової дисперсії, а другий визначають як частку від ділення більшої дисперсії на меншу), які необхідно використовувати для встановлення наявності істотних відмінностей по варіантах досліду. Уявіть, як можна використовувати отримані в досліді результати, і підготуйте можливі підсумкові таблиці або графіки, які характеризуватимуть очікувані результати. Порівняйте ці очікувані результати з поставленими завданнями експерименту, щоб переконатися, що цей експеримент дає ті відповіді, які чекають отримати.

На цьому етапі необхідно ознайомити статистика і одного або декількох співробітників з наміченими планами, у виконанні яких вони братимуть участь. Подібна консультація може доповнити те, що вами було не враховано. Деякі зміни або доповнення значно збагатять експеримент і дозволять отримати більше інформації з дослідження, що планується до проведення.

10. Проведення експерименту. Проводячи дослідження, використовуйте методику, позбавлену суб'єктивізму. Використовуйте схему експерименту при зборі зразків так, щоб індивідуальні відмінності або різниця залежно від черговості їх отримання не відбивалися на експериментальній помилці. Уникайте труднощів при отриманні і обробці первинних даних. Негайно перевіряйте дані, що різко відрізняються від інших. Організуйте збір і обробку даних так, щоб полегшити їх аналіз і уникнути помилок при записі. При дублюванні даних негайно ж звіряйте копію з оригіналом.

11. Аналіз даних і інтерпретація результатів. Аналіз усіх даних виконується відповідно до плану, а пояснення результатів - з урахуванням умов експерименту. Перевіряються гіпотези і встановлюється зв'язок отриманих результатів із вже відомими фактами. Пам'ятайте, що статистичні методи нічого не підтверджують і завжди можливо, що ваші висновки можуть бути помилковими. Тому допускайте можливість ухвалення неправильного рішення. Не робіть поспішних висновків навіть при їх статистичній достовірності, якщо результати не співпадають з раніше встановленими фактами. У подібному випадку продовжуйте дослідження відміченого явища.

12. Підготовка повного, правильного, наукового звіту, який легко читається. Необхідно пам'ятати, що негативного результату не буває. Якщо нульова гіпотеза не відкидається, то це є позитивним свідченням відсутності реальних відмінностей між варіантами досліду, що вивчаються. В цьому випадку також необхідно ознайомити з отриманими вами результатами інших співробітників і допустити можливість перегляду висновків.

### **б) емпіричний метод**

Інший метод вивчення і доказу, яким користується біологічна наука, називають емпіричним або методом "проб і помилок". Н-д, одиничними або масовими дослідями - пробами - встановлюють агротехнічний і економічний ефект від прийому, що вивчається, або складного агрокомплексу без з'ясування суті явища. Цей метод ефективний тоді, коли дослідження нової проблеми тільки починається, є багато шляхів пошуку і необхідно швидко отримати початкові дані про зовнішні прояви явища, яке вивчається. І хоча метод "проб і помилок" обмежений і без осмислення, без теорії, тобто без аналітико-синтетичного вивчення, зазвичай не призводить до великих успіхів, він може давати відповіді на багато практичних питань до розробки теорії.

Застосування емпіричного методу дослідження зазвичай пов'язане з трудомістким накопиченням великої кількості дослідних даних і з великою складністю їх систематизації і використання. Проте емпіризм як метод наукового пошуку в біологічних, сільськогосподарських і інших науках далеко не зжив себе, і багато важливих і складних науково-технічних проблем доводиться вирішувати грубим емпіричним або напівемпіричним шляхом.

Хоча більшість із згаданих вище етапів досліджень є нестатистичними, але статистичний аналіз - важлива частина дослідження. Математична статистика допомагає дослідникові правильно вибрати схему експерименту і об'єктивно оцінити отримуваний цифровий матеріал. Лише небагато учених мають час і бажання стати компетентними біометриками, проте усі можуть пізнати і застосовувати в дослідженнях значення трьох "З" (англ. трьох R).

1. Забезпечіть повторність (Replicate). Це єдиний шлях, що дозволяє визначити достовірність висновків, які витікають з експерименту.

2. Застосуйте рендомізацію (Randomize). Статистичний аналіз припускає розміщення варіантів, що вивчаються, по ділянках або застосування чинника до групи об'єктів абсолютно випадковим, але об'єктивним чином.

3. Зверніться за допомогою (Request help). Звертайтеся за консультацією при сумнівах у виборі оптимальної схеми досліду, правильності його проведення або аналізу отриманих даних. Від вас не вимагається бути експертом в статистиці, але ви повинні мати досить знань, щоб зрозуміти головні принципи наукового експериментування, бути здатним здолати звичайні помилки і звернутися за допомогою, коли в цьому є необхідність.

### **Якості справжнього вченого (експериментатора)**

Найбільш характерною особливістю експерименту, що відрізняє його від спостереження і кореляції, є попередній уявний експеримент, спрямований на створення відповідної обстановки досліду. Ця попередня робота майже завжди найважча частина досліду, вона вимагає від дослідника великої ерудиції і творчої уяви. Необхідно подумки представити увесь хід експерименту, прибрати усе зайве, таке, що заважає вивченню явища.

Експериментатор повинен уміти зосередити усю свою увагу на досліджуваній проблемі - тривало і наполегливо думати про неї. Коли Ньютона запитали, як він зробив свої відкриття, він відповів: я постійно думав про них. Правда, іноді доводиться чути твердження, що великі відкриття - справа випадку : впало яблуко - відкрив закон всесвітнього тяжіння, забрався у ванну – встановив гідростатичний закон, побачив відбитки пташиних лап на піску – придумав ієрогліфи. Насправді ж "мимовільні" думки були підготовлені усією попередньою розумовою роботою; рішення вже дозріло, і потрібний був самий незначний привід, поштовх для того, щоб воно виявилось з повною ясністю.

Експериментатор повинен долати в собі звичку до рутинного мислення, підходити до усього з питанням, розвивати допитливість. Це необхідно не лише тому, що той, хто багато запитує, багато чому навчиться, але і для творчої діяльності, самостійного мислення, критичного відношення до усього.

Найважливіші і невід'ємні якості істинного експериментатора - відсутність почуття непохитності авторитетів і догматизму, визнання складності об'єктів, що вивчаються, обережність і скромність в твердженнях. Це не означає, проте, що на кожному кроці слід ставити під сумнів усе раніше встановлене і перевірене точним дослідом, навпаки, наука діє методом подальшого розвитку, а не відкидання вже досягнутого, але в пошуку нових знань дослідник повинен обов'язково враховувати можливі помилки своїх попередників і сучасників. Часто це настільки важливо, що з'ясування можливих помилок є умовою розвитку науки.

Кожен сам може повторити досліди і переконатися, чи відповідають дійсності його висновки.

Експериментатор завжди шукає нові шляхи, завжди знаходиться на краю невідомого, і якщо та або інша думка існує давно, як загальноприйнята, якщо прийом застосовується завжди і усіма, це для дослідника не може служити доказом його раціональності. У тих наукових колективах, де до усього підходять критично, проявляють захопленість і допитливість, де не існує непохитності авторитетів, виникають наукові школи, творчі колективи, що стоять на передових рубежах світової науки.

І, нарешті, експериментатор повинен мати велику працездатність і наполегливість. Недаремно говорять: "геній - це терпіння". Ч. Дарвін вказував, що його успіх як дослідника визначається складними і різноманітними умовами, серед яких найважливіші, - любов до науки, нескінченне терпіння при роздумі над певною темою, спостережливість, достатня доля винахідливості і здорового глузду.

### **ВИСНОВОК**

Процес мислення, який проробляє шлях від загальної закономірності до конкретного висновку, є дедуктивним. Індуктивне мислення від конкретного висновку призводить до загального принципу. Усі наукові дослідження проводяться з метою накопичення конкретних фактів, на основі яких встановлюються загальні закономірності або принципи дії, розвитку.