

**МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА**

Кафедра загального землеробства

ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В АГРОНОМІЇ

Методичні поради

до вивчення дисципліни за напрямом 6.091100 “Агрономія”
фахового спрямування 6.130100 – плодоовочівництво та виноградарство і
6.090105 – захист рослин

УДК 001.89:631(075.8)

Методичні поради підготував доцент П.В. Костогриз

Рецензент: Єщенко Володимир Омелянович, доктор с.-г. наук, професор

Основи наукових досліджень в агрономії. Методичні поради до вивчення дисципліни за напрямом 6.091100 “Агрономія” фахового спрямування 6.130100 – плодоовочівництво та виноградарство і 6.090105 – захист рослин/П.В. Костогриз. – Умань: Уманський національний університет садівництва, 2010. – 34 с.

Викладені методичні поради з методики планування і техніки проведення дослідів, методи математичної статистики обробки результатів досліджень

Розглянуті на засіданні кафедри (протокол №3 від 14 січня 2010 року) і схвалені Методичною комісією факультету плодоовочівництва і лісівництва (протокол №5 від 9 лютого 2010 р.)

Наукова робота є однією із важливих форм професійної підготовки агронома-плодоовочівника за освітньо-кваліфікаційним рівнем бакалавр.

Мета дисципліни – надати студентам теоретичні основи і практичні вміння в проведенні науково – дослідної роботи в плодоовочівництві.

Під час вивчення дисципліни необхідно вивчити: методи наукових досліджень, вимоги до дослідів, основні елементи досліду, розміщення варіантів у дослідках, вибір і підготовка земельної ділянки під дослід, планування досліджень та методика основних спостережень і обліків у дослідках з вивчення основних питань агрономії, основи статистичного аналізу результатів досліджень.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен **знати:**

- сутність загальнонаукових і спеціальних методів досліджень в агрономії;
- польовий дослід як основний метод в агрономії, принципи його планування та проведення;
- методику польового досліду;
- зміст спостережень у польовому досліді;
- техніку закладання польового досліду;
- особливості використання інших спеціальних методів дослідження в агрономії;
- методику виконання статистичного аналізу експериментальних даних і використання його результатів для їх інтерпретації.

На підставі набутих знань студент повинен **уміти:**

- закласти польовий, вегетаційний чи лізиметричний дослід;
- відповідно до програми досліджень провести в них обліки і спостереження;
- здійснити статистичний аналіз експериментальних даних відповідно до обраного методу і дати оцінку якості проведеного досліду;
- вести необхідну документацію дослідів та скласти на її основі науковий звіт.

Методичні поради містять сім тем лабораторних та двох індивідуальних завдань, пояснення до їх виконання, форми записів і розрахунків. В кожній роботі наведено хід виконання завдання. При виконанні робіт студент використовує дані своєї науково-дослідної роботи (НДР), дані отримані ним під час навчальної практики з дисципліни та завдання викладача.

Після виконання кожна лабораторна робота та індивідуальне завдання оцінюється згідно рейтингової системи оцінювання.

Основні поняття і терміни в наукових дослідженнях

Дослідна справа в агрономії – це наукова робота, основним завданням якої є розробка теоретичних основ і практичних заходів підвищення родючості ґрунту і продуктивності сільськогосподарських рослин з метою інтенсифікації рослинницької галузі сільськогосподарського виробництва.

Дослід – умови, штучно створені дослідником за допомогою використання різних варіацій того фактора, який є об'єктом досліджень з метою виявлення найбільш ефективних.

Дослідна ділянка – земельна площа певного розміру і форми, на якій розміщують лише один з варіантів дослідів.

Гіпотеза – наукове припущення, істинне значення якого є невизначеним. Перед розробкою схем дослідів висувають **робочі гіпотези**. Як правило, у більшості дослідів вони мають бути науково обґрунтованими і базуватись на результатах попередніх досліджень. І лише іноді, як здогадка, вони можуть виникати з інтуїції дослідника.

Варіанти дослідів – це умови, які створюються під впливом окремих заходів агротехніки або окремих технологій, різний набір сортів чи гібридів, різні ґрунти або схили, котрі істотно відрізняються між собою.

Варіанти називаються **дослідними**, в яких вивчаються нові або малопоширені і на даний час недостатньо вивчені заходи агротехніки, сорти чи гібриди тощо.

Контроль виробничий – основний контроль, в якому досліджуваний фактор взятий у нормі, елементи агротехніки, рекомендованій науковими установами для використання у даному регіоні.

Абсолютний контроль – додатковий контроль, в якому повністю відсутнє використання фактору, що досліджується.

Контрольні варіанти порівнюють з дослідними.

Стандарт – контроль, який застосовується при сортовипробовуванні. Ним може бути один з найкращих зареєстрованих і поширених у виробництві сортів чи гібридів сільськогосподарських культур.

Схема досліду – це перелік логічно підібраних варіантів із визначеними контролями, котрі об'єднуються конкретною темою, ідеєю.

Дослідна ділянка у польових дослідках являє собою земельну площу певного розміру прямокутної форми, на якій розміщується тільки один із варіантів досліду.

Повторність досліду – кількість ділянок з однаковими варіантами.

Повторення – частина площі досліду з повним набором варіантів в одній повторності.

Методична достовірність досліду – це чітке дотримання всіх методичних вимог щодо планування досліду, вибору умов і об'єктів досліджень, закладання і проведення досліду, вибору і застосування відповідних методів статистичної обробки даних.

Статистична достовірність полягає у визначенні істотності різниць між середніми арифметичними або кореляцій чи регресій за допомогою різних статистичних критеріїв.

Похибка досліду – міра різниці між дійсним значенням досліджуваного показника і отриманими результатами досліджень. Похибка досліду виражена в процентах називається **відносною**.

Точність досліду – величина, обернена відносній похибці.

Основні символи, що використовуються в наукових дослідженнях:

x – значення варіюючої незалежної ознаки, аргумента;

y – значення залежної змінної ознаки, функції.

\bar{x} – середня арифметична по варіанту;

\bar{x}_N – загальна середня для всього досліджу;

Σ – сума;

V – коефіцієнт варіації;

$S_{\bar{x}}$ – похибка середньої арифметичної;

$S_{\bar{x}}\%$ – відносна похибка середньої арифметичної;

S_p – похибка частки;

S_{max} – максимальне значення мінливості;

$S_{\eta_{yx}}$ – похибка кореляційного відношення;

S_R – похибка коефіцієнта регресії;

S_r – похибка коефіцієнта лінійної кореляції;

$S_{\bar{d}}$ – похибка різниці між середніми арифметичними;

S^2 – дисперсія, середній квадрат;

S – стандартне відхилення, середнє квадратичне відхилення;

d – різниця між середніми арифметичними;

t_{ϕ} – критерій Стюдента фактичний (розрахунковий);

$P_{0,95}$, $P_{0,99}$ – рівні імовірності;

$t_{0,95}$ і $t_{0,99}$ – теоретичні значення критеріїв Стюдента для рівнів імовірності

$P_{0,95}$ і $P_{0,99}$;

$F_{факт.}$ – критерій Фішера фактичний (розрахунковий);

$F_{0,95}$ і $F_{0,99}$ – критерії Фішера теоретичні для рівнів імовірності $P_{0,95}$ і $P_{0,99}$;

$HIP_{0,95}$ і $HIP_{0,99}$ – найменші істотні різниці для рівнів імовірності $P_{0,95}$ і $P_{0,99}$;

ℓ – кількість варіантів;

n – число повторностей, обсяг вибірки;

N – кількість ділянок у досліді, загальне число спостережень;

ν – число ступенів вільності;

C – коректуючий фактор;

$C_y, C_p, C_v, C_z, C_A, C_B, C_{AB}$ — суми квадратів розсіювань: загального, повторень, варіантів, залишку (похибки), фактору А, фактору В, взаємодії факторів АВ;

r — коефіцієнт лінійної кореляції;

η — кореляційне відношення;

R_{xy} — коефіцієнт регресії;

\div — надійний інтервал;

$T \%$ — точність прогнозування;

f — кількість ознаки;

i — інтервал групи;

v — довільний момент першого ступеня;

p — частка наявності ознаки;

q — частка відсутності ознаки;

E — узагальнена похибка дослідів;

t_r — критерій достовірності коефіцієнта кореляції;

t_η — критерій достовірності кореляційного відношення.

1. Складання схем польових дослідів по темі своєї НДР

Мета: Навчитись правильно складати схеми дослідів.

Завдання:

1. Сформулювати тему своєї наукової (дипломної) роботи.
2. Вказати прізвище, ім'я та по батькові наукового керівника, науковий ступінь, вчене звання.
3. Дати визначення термінам:
 - гіпотеза,
 - варіанти дослідів,
 - контроль (абсолютний і виробничий),
 - стандарт,
 - схема дослідів,
 - дослідна ділянка,
 - повторність,
 - повторення.
4. Скласти схему дослідів по темі своєї НДР, вказавши контроль.

2. Вибір методу розміщення варіантів досліду залежно від строкатості родючості ґрунту на дослідній ділянці

Метод розміщення – це певне чергування варіантів на дослідних ділянках в межах повторення. Серед них розрізняють випадковий, систематичний і стандартний методи.

При застосуванні **випадкового методу** місце варіантів визначають за таблицею випадкових чисел або за жеребками. Цей метод називають ще словом рендомізація. Випадковий метод має дві різновидності або субметоди – неповна рендомізація і повна рендомізація. **Неповна рендомізація** – випадкове розміщення всіх варіантів досліду в межах кожного повторення окремо. Метод застосовується, якщо у межах повторення (блоку) варіювання родючості ґрунту мінімальне, а між повтореннями воно може бути більшим. **Повна рендомізація** – випадкове розміщення варіантів на всіх ділянках досліду без попереднього виділення повторень. Метод застосовують, коли індивідуальне варіювання росту і врожайності рослин перевищує варіювання родючості ґрунту, що найчастіше трапляється у дослідях з багаторічними культурами.

Залежно від напрямку зміни родючості ґрунту дослідні ділянки можна розмістити методом латинського квадрату і латинського прямокутника. Метод **латинського квадрата** доцільно застосовувати в умовах, де родючість ґрунту змінюється у двох взаємно перпендикулярних напрямках. **Латинський прямокутник** застосовують тоді, коли родючість ґрунту варіює не лише у двох взаємно перпендикулярних напрямках, а й по діагоналі, а кількість варіантів кратна кількості повторностей.

У багатофакторних дослідях варіанти розміщують методом **рендомізованих розщеплених ділянок** – це розміщення варіантів фактору першого порядку на основних ділянках, а факторів другого і наступних порядків – на субділянках, на які розщеплюють основні ділянки.

Систематичний метод вимагає розміщувати варіанти у такій послідовності, як вони записані у схемі досліду. Тому цей метод іноді називають ще по-

слідовним. Його різновидностями є *однорядне*, *дво-* та *багаторядне* розміщення.

Стандартний метод – це розміщення контролю (стандарту) поряд з кожним чи між двома дослідними варіантами. При різкій зміні родючості ґрунту стандарт розміщують через один дослідний варіант і таке розміщення варіантів називається *ямб-методом*. При меншій строкатості поля за родючістю користуються *дактиль-методом*, де ділянки із стандартом розміщують через два дослідні варіанти.

Мета: Навчитися правильно використовувати методи розміщення варіантів залежно від умов дослідів.

Завдання:

Розмістити варіанти польового дослідів при наступних умовах:

1-й дослід

- 1) родючість ґрунту варіює по блоках (повтореннях);
- 2) коефіцієнт варіювання родючості ґрунту – 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 %;
- 3) кількість варіантів – 4, 5, 6, 7, 8;
- 4) повторність потрібно розрахувати при цілком задовільній точності дослідів

$$\text{ду} \quad n = \left(\frac{V}{s_x \%} \right)^2.$$

Шкала точності:

Відносна похибка, S_x %	Точність
до 2%	відмінна
2,1–3%	добра
3,1–5%	цілком задовільна
5,1–7%	задовільна

2-й дослід

- 1) родючість ґрунту варіює в двох взаємно-перпендикулярних напрямках;
- 2) кількість варіантів – 4,5,6,7,8;
- 3) повторність вибрати у відповідності з умовами варіювання ґрунту

3-й дослід

- 1) індивідуальне варіювання рослин перевищує варіювання родючості ґрунту;
- 2) розмір дослідних ділянок малий;
- 3) кількість повторностей – 3,4,5;
- 4) кількість варіантів – 3,4,5,6.

4-й дослід

- 1) дослід двофакторний;
- 2) кількість градацій по фактору А – 2,3,4,5;
- 3) кількість градацій по фактору В – 5,4,3,2;
- 4) кількість повторностей – 3,4.

Розмістити варіанти двома методами.

5-й дослід

- 1) проводиться сортовипробування польових культур;
- 2) родючість ґрунту сильно варіює;
- 3) кількість сортів – 4,5,6,7,8;
- 4) кількість повторностей – 3,4.

Розмістити варіанти двома методами.

6-й дослід

Показати фактичне розміщення варіантів дослідів по своїй НДР.

3. Планування дослідів (складання схеми дослідів, вибір методу розміщення варіантів та експериментальної одиниці, розрахунок необхідної повторності польового дослідів за даними рекогносцирувального посіву, вибір основних спостережень і обліків)

Основне завдання планування – пошук оптимальних умов росту рослин з метою підвищення їх продуктивності. Планування дослідів – це насамперед вибір мінімальної кількості варіантів та умов проведення дослідів з метою оптимізації.

При плануванні варіантів, повинні бути послідовно збільшені норми чи дози факторів, від яких досліджуваний показник спочатку буде зростати досягаючи свого максимуму, а далі – знижуватись.

Різні норми чи дози фактору називають *градаціями*. Різницю між наступною та попередньою дозами називають *кроком експерименту*.

Правильно побудована схема дослідів повинна мати всі градації фактору, які відповідають трьом областям кривої відгуку – лімітуючій, стаціонарній та інгібіруючій.

Крок експерименту, має бути таким, щоб різниця між варіантами перевищувала помилку дослідів і була упевненість виявити різницю, яка існує у природі.

Оптимальну кількість повторностей рекомендується визначати з використанням даних рекогносцирувального посіву.

Рекогносцирувальні або *розвідувальні посіви* застосовують для виявлення варіювання родючості ґрунту. Для цього висівають одну культуру однорідним насінням за умови однакової агротехніки на всій площі майбутнього дослідів перед його закладанням. Виявляють варіювання родючості ґрунту за допомогою обліку врожайності на окремих ділянках, виділених на посіві. У межах кожного повторення за врожаєм зеленої маси визначають коефіцієнт варіювання родючості ґрунту і розраховують повторність.

Мета: Навчитись складати план науково - дослідної роботи з урахуванням рекогносцирувального посіву для виявлення варіювання родючості ґрунту.

Завдання 1. Скласти план науково-дослідної роботи по вибраній темі (своїї дипломної роботи)

- 1.1. Сформулювати тему наукової роботи.
- 1.2. Висунути робочу гіпотезу.
- 1.3. Скласти схему досліду по темі досліджень вказавши контроль (контролі).
- 1.4. Зазначити розміри дослідної ділянки, її форму, визначитись з шириною захисних смуг. Все це подати схематично.
- 1.5. Попередньо взяти триразову повторність в досліді ($n=3$).
- 1.6. Провести облік урожаю рекогносцирувального посіву, взявши для подальшої роботи 4 варіанти (номер варіантів у табл. 3 вказує викладач). Вибір індивідуального завдання проводиться за номером у списку групи з таблиці 3.

Дані про врожайність рекогносцирувальної культури з кожної ділянки записати в таблицю 1.

1. Урожайність культури рекогносцирувального посіву

Варіанти	Повторність			\bar{X}
	I	II	III	
1				
2				
3				
4				

1.7. Користуючись даними таблиці 1 розрахувати по кожному варіанту (табл.2) середні арифметичні (\bar{X}), коефіцієнти варіації (V).

2. Розрахункова таблиця

Варіант	Повторність	Урожайність, (X)	Відхилення, α ($X - \bar{X}$)	α^2	Стандартне відхилення, S	Коефіцієнт варіювання, V
1	I				$S_1 = \sqrt{\frac{\sum \alpha^2}{n-1}}$	$V_1 = \frac{S_1 \times 100}{\bar{X}}$
	II					
	III					
		$\bar{X} =$	$\sum \alpha = 0$	$\sum \alpha^2$		
2						
3						
4						

3. Результати обліку урожаю рекогносцирувального посіву (кг з ділянки)

Варіанти	Повторність	Номер завдання														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	40	42	41	53	47	60	64	44	46	50	45	50	57	51	59
	2	39	41	40	51	44	59	63	43	48	48	44	49	56	50	58
	3	40	42	41	52	46	60	64	44	45	49	45	50	57	51	59
2	1	39	41	41	53	46	59	63	43	45	50	44	49	56	50	58
	2	41	43	40	52	44	61	65	45	43	49	46	51	58	52	60
	3	42	42	41	52	45	62	64	45	44	49	45	50	57	51	59
3	1	42	42	40	54	45	62	64	45	44	51	46	51	58	52	60
	2	42	43	42	53	41	62	65	46	40	50	47	52	59	53	61
	3	43	43	42	54	43	63	65	46	42	51	47	52	59	53	61
4	1	42	41	42	53	45	63	63	46	44	50	46	51	58	52	60
	2	41	42	43	51	45	61	64	45	44	48	45	50	57	51	59
	3	40	43	43	52	43	60	65	44	42	49	44	49	56	50	58
5	1	41	43	43	54	43	63	65	45	42	51	46	52	50	53	61
	2	40	42	42	54	41	62	64	46	40	51	47	53	51	54	62
	3	41	43	41	52	42	63	65	45	41	49	46	52	50	53	61
6	1	40	42	42	52	43	62	64	45	42	49	46	52	50	53	61
	2	42	44	43	53	44	64	66	46	43	51	47	53	51	54	62
	3	42	45	42	53	42	64	67	47	41	50	48	54	52	55	63
7	1	42	45	42	53	44	64	67	47	43	50	48	54	52	55	63
	2	42	44	43	53	42	64	66	45	41	50	46	52	50	53	61
	3	41	45	44	53	44	63	67	46	43	50	47	53	51	54	62
8	1	42	45	44	54	43	64	67	45	42	51	46	52	50	53	61
	2	42	43	42	51	43	64	65	46	42	48	47	53	51	54	62
	3	43	42	43	53	44	65	64	44	43	50	45	51	49	52	60
9	1	43	44	42	51	48	65	66	45	47	48	46	43	47	51	56
	2	43	43	43	54	49	65	65	46	48	51	47	44	48	52	57
	3	44	44	41	53	50	66	66	43	49	50	44	41	45	49	54
10	1	43	43	42	51	47	65	65	45	46	48	46	43	47	51	56
	2	43	45	43	51	48	65	67	46	47	48	47	44	48	52	57
	3	45	46	40	54	49	67	68	44	48	51	45	42	46	50	55
11	1	44	45	42	54	49	66	67	43	48	51	45	42	46	50	55
	2	43	43	43	51	49	65	65	43	48	48	45	42	46	50	55
	3	42	44	41	52	47	64	66	46	46	49	47	44	48	52	57
12	1	45	44	41	52	47	67	66	45	46	49	46	43	47	51	56
	2	42	43	41	51	47	64	65	46	46	48	47	44	48	52	57
	3	43	44	43	54	46	65	66	44	45	51	45	42	46	50	55

1.8. Маючи дані про коефіцієнти варіації у всіх варіантах знаходимо середнє значення коефіцієнта варіації для досліду

$$V_{\text{середн.}} = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}{\ell},$$

де ℓ - кількість варіантів в досліді.

1.9. За середнім значенням коефіцієнта варіації по досліді ($V_{\text{середн.}}$) розраховується необхідна повторність досліду $n_{\text{розрах}} = \left(\frac{V_{\text{середн.}}}{Sx\%} \right)^2$.

Відносна похибка досліді ($Sx\%$) вибирається така, щоб внаслідок проведених розрахунків $n_{\text{розрах}}$ коливалась в межах від 3 до 6.

1.10. Зробити висновок про достатність повторностей в досліді, користуючись правилом, що **повторність достатня, якщо довільно взята повторність дорівнює або більша за розрахункову.**

Завдання 2. Вибрати необхідні обліки і спостереження, які будуть проводитись при виконанні досліджень по темі своєї НДР.

4. Побудова варіаційного ряду кількісної мінливості та його аналіз (за даними особистих обліків під час навчальної практики)

Властивість умовних одиниць відрізнятися одна від іншої навіть в однорідних сукупностях називається мінливістю або варіюванням.

Вибірка – частина великої групи об'єктів, яка попала на перевірку (дослідження) і на основі якої оцінюється весь об'єкт дослідження.

Кількісна мінливість – така, в якій відмінність між варіантами виражається кількісними показниками: кількістю зерен, масою, висотою рослин тощо.

Варіаційний ряд – такий ряд даних, в яких показані можливі значення варіюючої ознаки в порядку зростання чи спадання і відповідні їм частоти.

Варіювання умовно вважають незначним, якщо коефіцієнт варіювання становить 10%, середнім – 10–20, значним – понад 20%.

Мета: користуючись даними великої вибірки навчитись обчислювати: середню арифметичну (\bar{x}); стандартне відхилення (S); дисперсію (S^2); похибку вибіркової середньої ($S_{\bar{x}}$); коефіцієнт варіації (V); відносну похибку середнього арифметичного ($S_{\bar{x}}\%$) і дати інтервальну оцінку середнього арифметичного.

Завдання. Обчислити статистичні характеристики показників кількісної мінливості, користуючись даними, зібраними під час навчальної практики (довжина пагона яблуні).

1. Для отримання варіаційного ряду, ранжирувати дані про довжину пагона яблуні, отримані під час навчальної практики.

2. Розрахувати число груп $Ч_z = \sqrt{n}$.

3. Визначити інтервал групи $i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{Ч_z}$.

Групи	Середнє значення групи, $\bar{x}_{\text{гр.}}$	Частота, f	Відхилення, $x_{\text{гр.}} - A$	$f (x_{\text{гр.}} - A)$	$(x_{\text{гр.}} - A)^2$	$f (x_{\text{гр.}} - A)^2$
				$\sum f (x_{\text{гр.}} - A) =$		$\sum f (x_{\text{гр.}} - A)^2 =$

4.Скласти робочу таблицю та зробити розрахунки:

Обчисливши середнє значення групи ($\bar{x}_{\text{гр.}}$), одне з цих значень вибирають за довільний початок (A), який повинен бути приблизно в середині групи і мати найбільшу частоту.

Користуючись даними великої вибірки розрахувати:

1. Довільний момент першого ступеня $e = \frac{\sum f(X_{\text{ep}} - A)}{n}$.
2. Середню довжину пагона $\bar{x} = A + e$.
3. Коректуючий фактор $C = \frac{[\sum f(X_{\text{ep}} - A)]^2}{n}$.
4. Дисперсію $S^2 = \frac{\sum f(X_{\text{ep}} - A)^2 - C}{n - 1}$.
5. Стандартне відхилення $S = \sqrt{S^2}$.
6. Коефіцієнт варіації $V = \frac{S \cdot 100}{\bar{x}}$.
7. Похибку вибіркової середньої $S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$.
8. Відносну похибку середнього арифметичного $S_{\bar{x}} \% = \frac{S_{\bar{x}} \cdot 100}{\bar{x}}$.
9. Дати інтервальну оцінку середньої арифметичної на рівні імовірності $P_{0,95}$.
 - 9.1. Обчислити число ступенів вільності $v = n - 1$.
 - 9.2. За таблицею Стюдента по числу ступеней вільності знайти критерій $t_{0,95}$ (додаток 2).
 - 9.3.Знайти області індивідуального розсіювання довжини пагонів $\bar{x} \pm S_{\bar{x}} \times t_{0,95}$.
 - 9.4.Дати інтервальну оцінку варіаційного ряду довжини пагонів яблуні.
10. Зобразити варіаційний ряд графічно, відклавши по вертикалі частоту (f), а по горизонталі середнє значення групи ($\bar{x}_{\text{гр.}}$) і якщо крива варіаційного ряду буде мати одну вершину, то вибірка буде однорідною.
- 11.На основі розрахунків і кривої варіаційного ряду зробити висновки про ступінь варіювання, точність обчислення середньої арифметичної і однорідність вибірки.

5. Дисперсійний аналіз однофакторного польового дослід

Для дослідів, варіанти в яких розміщені методом рендомізації (випадковим), застосовують дисперсійний аналіз.

У польовому досліді, розміщеному методом рендомізованих повторень, урожай змінюється залежно від варіантів, повторностей, а також від випадкових причин – неврахованої зміни умов навколишнього середовища або індивідуальної мінливості самих рослин. Ці зміни виражають сумами квадратів таких розсіювань: варіантів – C_v ; повторень – C_p ; похибки – C_z . Їх сума є сумою квадратів загального розсіювання (C_y).

Дисперсія – це розсіювання даних досліді і розчленування загального варіювання врожаю чи інших показників на складові частини. Звідси і назва методу – дисперсійний аналіз.

Суть дисперсійного аналізу полягає у розкладанні загальної суми квадратів (C_y) та загального ступеня вільності на складові, що відповідають структурі експерименту; визначенні середніх квадратів (дисперсій варіантів S_v^2 та дисперсії залишку S_z^2) та їх відношення ($F_{\text{факт}} = S_v^2 : S_z^2$), порівнянні фактичного критерію $F_{\text{ф}}$ та теоретичного $F_{0,95}$.

Достовірність різниці між варіантами оцінюється шляхом її порівняння з найменшою істотною різницею ($\text{НІР}_{0,95}$).

Мета: Засвоїти хід виконання дисперсійного аналізу.

Завдання: Виконати дисперсійний аналіз даних рекогносцирувального посіву, дати йому загальну оцінку та визначити достовірність різниць між варіантами .

1. Дані з таблиці 1 (тема № 3) перенести в таблицю 1.

2. Розрахувати:

2.1. Середню врожайність по варіантах $\bar{x}_v = \frac{\sum X_v}{n}$.

2.2. Середню арифметичну по досліді $\bar{x}_N = \frac{\sum X}{N}$, де $N = l \times n$.

1. Урожайність рекогносцирувального посіву, кг/ділянки

Варіант	Урожайність по повтореннях, (X)			Сума $\sum X_v$	Середня \bar{X}_v
	I	II	III		
1					
2					
3					
4					
Сума X_p				$\sum X = \sum \sum X_v = \sum \sum X_p$	$\bar{X}_N =$

2.3. Закруглити середню арифметичну до цілого числа і взяти її за довільний початок A.

2.4. Визначити відхилення (α) кожної дати від довільного початку (X-A) і результати записати до таблиці 2.

2. Відхилення від довільного початку

Варіант	$\alpha = X - A$			Сума по варіантах, V
	I	II	III	
1				
2				
3				
4				
Сума по повторенням, P				$\sum P = \sum V = q$

2.5. Обчислити суму відхилень по повтореннях (P), варіантах (V) і по всьому досліді (q). Піднести до квадрату всі одержані відхилення і занести до табл. 3.

3. Таблиця квадратів відхилень

Варіант	α^2			$\sum \alpha_v^2$	V^2
	I	II	III		
1					
2					
3					
4					
$\sum \alpha_p^2$				$\sum \sum \alpha^2 =$	$\sum V^2 =$
P^2				$\sum P^2 =$	$q^2 =$

2.6. Обчислити коректуючий фактор: $C = q^2 : N$.

2.7. Обчислити суми квадратів розсіювань:

загального $C_y = \sum \sum \alpha^2 - C$;

повторень $C_p = \sum P^2 : \ell - C$;

варіантів $C_v = \sum V^2 : n - C$;

залишку $C_z = C_y - C_p - C_v$.

2.8. Обчислити число ступенів вільності для розсіювань:

загального $\nu_y = N - 1$;

повторень $\nu_p = n - 1$;

варіантів $\nu_v = l - 1$;

залишку $\nu_z = \nu_y - \nu_p - \nu_v$.

4. Результати дисперсійного аналізу

Розсіювання	C	ν	S^2	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{теор.}}$	
					$P_{0,95}$	$P_{0,99}$
Загальне						
Повторень						
Варіантів						
Залишку						

Одержані дані в пунктах 2.7 і 2.8 заносять до табл. 4 дисперсійного аналізу, в якій обчислюють:

дисперсію варіантів $S_v^2 = \frac{C_v}{\nu_v}$;

дисперсію залишку $S_z^2 = \frac{C_z}{\nu_z}$;

критерій Фішера фактичний $F_{\text{факт}} = \frac{S_v^2}{S_z^2}$.

Числове значення критерію Фішера теоретичного знаходять у таблицях (додаток 3, 4) на перехресті числа ступенів вільності для більшої дисперсії (ν_v) та числа ступенів вільності для меншої дисперсії (ν_z) на рівні імовірності $P_{0,95}$ і $P_{0,99}$.

2.9. Зробити висновок про достовірність дослід (якщо критерій Фішера фактичний дорівнює теоретичному або більший за нього, то дослід достовірний).

2.10. Розрахувати узагальнену похибку дослідів E та похибку різниці S_d :

$$E = \sqrt{S_z^2 : n} \quad S_d = E \times 1,41.$$

2.11. Розрахувати найменшу істотну різницю (НІР), для чого на обох рівнях надійної імовірності знайти теоретичне значення критерію $t_{0,95}$ і $t_{0,99}$ (додаток 2), користуючись числом ступенів вільності залишкового розсіювання (v_z):

$$НІР_{0,95} = S_d \times t_{0,95} \quad НІР_{0,99} = S_d \times t_{0,99}.$$

2.12. Розрахувати відносну похибку дослідів ($S_x\%$):

$$S_x\% = \frac{E \times 100}{\bar{X}_N}.$$

Результати розрахунків занести до таблиці 5.

5. Підсумки дисперсійного аналізу

Варіант	Середня врожайність, \bar{X}_v	Різниця між варіантами	НІР		$S_x\%$
			$P_{0,95}$	$P_{0,99}$	
1(контроль)					
2					
3					
4					

2.13. На основі даних підсумкової табл. 5 зробити висновки про істотність різниці між варіантами (різниця між варіантами істотна, коли ця різниця дорівнює або більша за НІР), а також про точність дослідів.

6. Дисперсійний аналіз двофакторного польового досліджу

Мета: Оцінити вплив кожного фактора окремо і в поєднанні в досліджах, закладених випадковим методом.

1. Заповнити таблицю 1 результатами, які видає викладач.

1. Врожайність яблуні за різних сортів і удобрення, ц/га

Фактори		Урожайність по повтореннях, ц/га			$\sum V$	\bar{X}_v
сорт, А	удобрення, В	I	II	III		
	$\sum P$				$\sum X =$	$\bar{X} =$

При вірних розрахунках $\sum \sum P = \sum \sum V = \sum X$

2. Записати : кількість варіантів по фактору А – l_A , кількість варіантів по фактору В – l_B , кількість повторностей – n .

3. Визначити: загальне число варіантів в досліді $l = l_A \times l_B$

загальне число ділянок в досліді $N = l \times n$

4. Знайти коректуючий фактор $C = (\sum X)^2 : N$.

5. Обчислити суми квадратів :

загального розсіювання $C_y = \sum X^2 - C$; розсіювання повторень $C_p = \sum P^2 : l - C$;

розсіювання варіантів $C_v = \sum V^2 : n - C$; розсіювання залишкове $C_z = C_y - C_p - C_v$.

Таблиця для обчислення дії і взаємодії факторів

Сорт (А)	Удобрення (В)			$\sum A$
$\sum B$				$\sum X =$

6. Обчислити суму квадратів розсіювань:

$$\text{фактора А} \quad C_A = \sum A^2 : (\ell_B \times n) - C;$$

$$\text{фактора В} \quad C_B = \sum B^2 : (\ell_A \times n) - C;$$

$$\text{взаємодії факторів АВ} \quad C_{AB} = C_v - C_A - C_B.$$

7. Визначити число ступенів вільності для всіх розсіювань:

$$v_y = N - 1 =; \quad v_p = n - 1; \quad v_A = \ell_A - 1; \quad v_B = \ell_B - 1;$$

$$v_{AB} = (\ell_A - 1)(\ell_B - 1); \quad v_z = v_y - v_p - v_A - v_B - v_{AB}.$$

Таблиця дисперсійного аналізу

Розсіювання	Сума квадратів	Число ступенів вільності	Дисперсія S^2	Fфакт.	F теор.	
					0,95	0,99
Загальне						
Повторень						
Фактора А						
Фактора В						
Взаємодії АВ						
Залишку						

8. Обчислюють дисперсії для факторів А і В та їх взаємодії АВ:

$$S_A^2 = C_A : v_A; \quad S_B^2 = C_B : v_B;$$

$$S_{AB}^2 = C_{AB} : v_{AB}; \quad S_z^2 = C_z : v_z.$$

9. Критерії Фішера фактичні:

$$F_A = S_A^2 : S_z^2; \quad F_B = S_B^2 : S_z^2; \quad F_{AB} = S_{AB}^2 : S_z^2.$$

Числові значення критерію Фішера теоретичного (факторів А, В та їх взаємодії) знаходять у таблицях (додаток 3, 4) на перехресті числа ступенів вільності факторів А, В та їх взаємодії (v_A, v_B, v_{AB}) та числа ступенів вільності для меншої дисперсії (v_z) на рівні імовірності $P_{0,95}$ і $P_{0,99}$.

10. Висновок про достовірність дії факторів: дія (взаємодія) фактора достовірна коли критерій Фішера фактичний дорівнює теоретичному або більший за нього.

8. Знайти узагальнені похибки:

$$\text{всього дослідів } E = \sqrt{\frac{S_z^2}{n}}; \quad \text{фактору А} \quad E_A = \sqrt{S_z^2 : \ell_B \cdot n};$$

$$\text{фактору В} \quad E_B = \sqrt{S_z^2 : \ell_A \cdot n}.$$

12. Розрахувати похибки різниці:

$$\text{всього дослідів } S_d = E \times 1,41; \quad \text{фактору А} \quad S_{dA} = E_A \times 1,41;$$

$$\text{фактору В} \quad S_{dB} = E_B \times 1,41.$$

13. Знайти найменші істотні різниці:

$$\text{всього дослідів} \quad \text{HIP}_{0,95} = S_d \times t_{0,95}; \quad \text{HIP}_{0,99} = S_d \cdot t_{0,99};$$

$$\text{фактору А} \quad \text{HIP}_{0,95} = S_{dA} \cdot t_{0,95}; \quad \text{HIP}_{0,99} = S_{dA} \cdot t_{0,99};$$

$$\text{фактору В} \quad \text{HIP}_{0,95} = S_{dB} \times t_{0,95}; \quad \text{HIP}_{0,99} = S_{dB} \cdot t_{0,99}.$$

14. Обчислити відносну похибку дослідів:

$$S_x \% = \frac{E \cdot 100}{\bar{x}}.$$

Підсумкова таблиця дисперсійного аналізу двофакторного дослідів

Сорт (фактор А)	Удобрення (фактор В)	X_v	Різниця за фактором		HIP		$S_x \%$
			А	В	0,95	0,99	
	Без удобрення						
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀						
	N ₄₅ P ₄₅ P ₄₅						
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀						
	Без удобрення						
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀						
	N ₄₅ P ₄₅ P ₄₅						
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀						
HIP _{0,95}							
HIP _{0,99}							

15. Зробити висновки:

- про достовірність різниць між варіантами (різниця між варіантами істотна, коли ця різниця дорівнює або більша за HIP);
- про точність дослідів.

- **7. Кореляційний і регресійний аналізи лінійної залежності
(за даними особистих обліків під час навчальної практики)**

Кореляція – взаємозв’язок між двома і більшою кількістю ознак.

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

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

Прямолінійна кореляція – із збільшенням одних ознак (X) відповідно збільшуються інші ознаки (Y).

Криволінійна кореляція – значення X та Y змінюються спочатку в одному напрямі, а потім у протилежному.

За прямолінійної кореляції ступінь взаємозв’язків виражається **коефіцієнтом кореляції** і позначається буквою r , а за криволінійної кореляції – **кореляційним відношенням**, яке позначається буквою η .

За кількістю зв’язків кореляція буває *простою*, коли досліджується зв’язок між двома ознаками, та *множинною*, якщо вивчається зв’язок між трьома і більшою кількістю ознак.

За силою зв’язків кореляція може бути *повною* ($r=1$), *сильною* ($r=0,66-0,99$), *середньою* ($r=0,33-0,66$), *слабкою* ($r < 0,33$) або її може не бути зовсім.

Регресія вказує на ступінь зміни ознаки Y при зміні на одиницю ознаки X.

Мета: Навчитись визначати кореляційні залежності та виконувати регресійний аналіз.

Завдання 1. Виконати кореляційний аналіз для двох варіаційних рядів X та Y:

X – довжина однорічного пагона яблуні, см

Y – кількість листя на пагоні, шт.

1. До таблиці 1 записують n парних спостережень, одержаних індивідуально кожним студентом під час навчальної практики.

2. Знайти відхилення X і Y від середнього їх значення, вирахувати добутки та квадрати цих відхилень і підсумувати їх. Всі ці дані теж занести у відповідні графи таблиці.

Таблиця 1

Обчислення кореляційної залежності між довжиною пагона яблуні і кількістю листків на ньому

Номери пагонів (пар)	Довжина пагона, см X	Кількість листків, шт. Y	$X - \bar{x}$	$Y - \bar{y}$	$(X - \bar{x})(Y - \bar{y})$	$(X - \bar{x})^2$	$(Y - \bar{y})^2$
$n =$	$\bar{x} =$	$\bar{y} =$	$\sum \approx 0$	$\sum \approx 0$	$\sum [(X - \bar{x})(Y - \bar{y})] =$	$\sum (X - \bar{x})^2 =$	$\sum (Y - \bar{y})^2 =$

3. На основі одержаних даних обчислити коефіцієнт кореляції

$$r = \frac{\sum [(X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})]}{\sqrt{\sum (X - \bar{x})^2 \cdot \sum (Y - \bar{y})^2}}.$$

4. Визначити похибку коефіцієнта кореляції $S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}.$

5. Визначити критерій достовірності коефіцієнта кореляції $t_r = \frac{r}{S_r}.$

Знайти теоретичне значення критерію Стюдента за числом ступенів свободи (додаток 2)

$$v_r = n - 2 \quad t_{0,95} = \quad t_{0,99} =$$

6. Зробити висновки про силу, напрям та достовірність зв'язку.

Висновок про достовірність зв'язку роблять за правилом: якщо критерій достовірності коефіцієнта кореляції фактичний більший за теоретичні його значення або дорівнює їм, то зв'язок достовірний.

Завдання 2. Виконати регресійний аналіз:

1. Коефіцієнт регресії – $R_{yx} = \frac{\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sum (X - \bar{x})^2}$.

2. За рівнянням регресії, знаючи кількість листків, розраховують довжину пагона:

$$Y = \bar{y} + R_{yx}(X - \bar{x}).$$

3. Встановити різницю між розрахунковою і фактичною величиною в абсолютному і відносному виразі.

4. Зробити висновок про точність обчислень.

Індивідуальні завдання

Завдання №1.

За темою своєї наукової роботи написати конспект 20 джерел наукової літератури за останнє десятиріччя у вигляді окремих монографій та статей, опублікованих в наукових журналах і збірниках.

Конспект одного першоджерела повинен зайняти в середньому одну сторінку рукописного тексту. Він починається прізвищем та ініціалами авторів публікації, назвою публікації, де вона надрукована, рік видання та сторінки на яких знаходиться публікація. Приклади оформлення відомостей про першоджерело наведено нижче.

ХАРАКТЕР ДЖЕРЕЛА	ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ
Монографії: один автор	Господаренко Г.М. Основи інтегрованого застосування добрив / Г.М. Господаренко. – К.: ЗАТ „НІЧ-ЛАВА”, 2002. – 344 с.
два автори	Лихочвор В.В. Ріпак / В.В. Лихочвор, Р.Р. Проць. – Львів: НФВ «Українські технології», 2005. – 88 с.
п'ять і більше авторів	Загальне землеробство / [Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П. та ін.]; За ред. В.О. Єщенка. – К.: Вища освіта, 2004. – 336 с.
Складові частини: книги	Кисіль В.І. Модель біологічного землеробства Інституту ґрунтознавства та агрохімії УААН / В.І. Кисіль // Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні. – К.: Оранта, 2000. – С. 185–194.
збірника	Уліч Л.І. Реакція нових сортів озимої пшениці на умови вирощування / Л.І. Уліч, О.Л. Уліч, Ю.Ф. Терещенко // Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету. – 2008. – Вип. 67, ч. 1. – С. 74–79.
журналу	Зінченко О.І. Еколого-біологічне рослинництво, його можливості і проблеми ведення в лісостепових районах України / О.І. Зінченко // Вісник Уманського державного аграрного університету. – 2007. – № 1–2. – С. 10–17.
Тези доповідей	Новак А.В. Продуктивність ріпаку ярого в залежності від попередників / А.В. Новак // Матеріали конференції молодих вчених [Уманському державному аграрному університету 160 років], (Умань, 25–26 березня 2004 р.). – Умань: УДАУ, 2004. – С. 43–45.

Автореферати	Каричковська Г.І. Особливості удобрення азотом ріпаку ярого на чорноземі опідзоленому Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.04 «Агрохімія» / Г.І. Каричковська. – Харків, 2004. – 19 с.
Стандарти	Якість води. Словник термінів: ДСТУ ISO 6107 – 1: 2004 – ДСТУ ISO 6107 – 9: 2004 – [Чинний від 2005 – 04 – 01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 181 с.

Конспект кожного першоджерела обов'язково повинен містити відомості про назву установи, місцевості і ґрунту, схему досліду, де ці дані одержані.

Завдання №2.

Скласти план своєї науково-дослідної (дипломної) роботи з наступних складових:

1. Вступ.

Подається загальна характеристика необхідності проведення досліджень, актуальність теми. Обсяг – одна сторінка.

2. Ботанічна і біологічна характеристика досліджуваної культури.

Подається ботанічна і біологічна характеристика об'єкта досліджень. Обсяг – дві сторінки.

3. Особливості сорту (гібриду) досліджуваної культури.

Подаються особливості сорту(гібриду) досліджуваної культури, його вимоги до агрофону. Обсяг – одна сторінка.

4. Характеристика ґрунту.

Описується характеристика ґрунту, де вказується його назва і приводяться основні показники родючості (глибина гумусового горизонту, вміст в орному шарі гумусу і рухомих сполук основних елементів живлення, реакція ґрунтового середовища тощо). Обсяг до однієї сторінки.

5. Кліматичні умови.

Подаються погодні умови за останні 30-50 років (середньо багаторічні показники кількості опадів, температури та відносної вологості повіт-

ря, перші та останні приморозки, мінімальні та максимальні температури повітря, тривалість вегетаційного періоду та ін.). Обсяг до однієї сторінки.

6. Схема досліду.

На одну-півтори сторінки подаються схема досліду, розміри облікових і захисних частин дослідних ділянок, їх конфігурація і просторова орієнтація, кількість дерев, кущів, рослин тощо, повторність досліду. Розміщення варіантів у досліді показується схематично у вигляді рисунка. Вказують варіант, що слугує контролем – як правило, рекомендований на час ведення досліду зональною технологією.

7. Методика проведення досліджень.

Окремими пунктами називаються показники (наприклад, вологість ґрунту) і методи, за якими вони визначені, терміни визначення. Обсяг – дві-три сторінки.

В дослідях з плодовими і ягідними культурами основними обліками і спостереженнями є фенологічні, облік росту рослин і їх плодоношення, облік урожаю і його якісні показники.

В дослідях з овочевими культурами обов'язково мають бути: фенологічні спостереження за проходженням основних фаз розвитку, облік густоти посівів, біометричні показники рослин, об'ємні виміри рослин, кількість листків, площа листової поверхні, продуктивність фотосинтезу тощо. Окреме місце займає облік врожаю, визначення показників його товарної якості та хімічний склад продуктивної частини врожаю.

ДОДАТКИ

Додаток 1. Таблиця випадкових чисел

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	10	09	73	25	33	76	52	01	35	68	34	67	35	48	76	80	95	90	91	17
2	37	54	20	48	05	69	89	47	42	39	24	80	52	40	37	20	63	61	04	02
3	08	42	36	89	53	14	64	50	93	60	23	20	90	25	60	15	95	33	47	64
4	99	01	90	25	29	09	37	67	07	51	38	31	13	11	63	88	67	67	43	97
5	12	80	79	99	70	80	15	73	61	74	04	03	23	66	53	98	95	11	68	77
6	66	06	57	47	17	34	07	27	68	05	36	69	73	61	70	65	81	33	98	85
7	31	06	01	08	05	45	57	18	24	60	35	30	34	26	14	86	79	90	74	39
8	85	26	97	76	02	02	05	16	56	29	68	66	57	48	18	73	05	38	52	47
9	63	57	33	21	35	05	32	54	70	84	90	55	35	75	48	28	46	82	87	09
10	73	79	64	47	53	03	52	96	47	87	35	80	83	42	82	60	93	52	03	34
11	98	52	01	77	67	14	90	56	86	70	22	10	94	05	58	60	97	09	34	33
12	11	80	50	54	31	39	80	82	77	23	50	72	56	82	48	29	40	59	42	01
13	83	45	29	96	34	06	28	89	80	38	13	74	67	00	78	18	47	54	06	10
14	88	68	54	02	00	86	50	75	84	01	36	76	66	79	51	90	36	47	64	93
15	99	59	46	73	48	87	51	76	49	69	91	82	60	89	28	93	78	56	13	68
16	65	48	11	76	74	17	46	85	09	50	58	04	77	69	74	73	03	95	71	86
17	80	12	43	56	35	17	72	70	80	15	45	31	82	23	75	21	11	57	82	53
18	74	35	99	98	17	77	40	27	72	14	43	23	60	02	10	45	52	16	42	37
19	69	91	62	68	03	66	25	22	91	48	36	93	68	72	03	76	62	11	39	90
20	09	89	32	05	05	14	22	56	85	14	46	42	75	67	88	96	29	77	88	22
21	91	49	91	45	23	68	47	92	76	86	46	16	28	35	54	94	75	08	99	23
22	80	33	69	45	98	26	94	03	68	58	70	29	73	41	35	53	14	03	33	40
23	44	10	48	19	49	85	15	74	79	54	32	97	92	65	75	57	60	04	08	81
24	12	55	07	37	42	11	10	00	20	40	12	86	07	46	97	96	64	48	94	39
25	03	60	64	93	29	16	50	53	44	84	40	21	95	25	63	43	65	17	70	82
26	61	19	69	04	46	26	45	74	77	74	51	92	43	37	29	65	39	45	95	93
27	15	47	44	52	66	95	27	07	99	53	59	36	78	38	48	82	39	61	01	18
28	94	55	72	85	73	67	89	75	43	87	54	62	24	44	31	91	19	04	25	92
29	42	48	11	62	13	97	31	40	87	21	16	86	84	87	67	03	07	11	20	59
30	23	52	37	83	17	73	20	88	98	37	68	93	59	14	16	26	25	22	96	63

Додаток 2. Значення критерію t на рівні імовірності $P_{0,95}$ і $P_{0,99}$

Число ступенів вільності	Рівень імовірності		Число ступенів вільності	Рівень імовірності	
	0,95	0,99		0,95	0,99
1	12,71	63,66	18	2,10	2,88
2	4,30	9,93	19	2,09	2,86
3	3,18	5,84	20	2,09	2,85
4	2,78	4,60	21	2,08	2,83
5	2,57	4,03	22	2,07	2,82
6	2,45	3,71	23	2,07	2,81
7	2,37	3,50	24	2,06	2,80
8	2,31	3,36	25	2,06	2,79
9	2,26	3,25	26	2,06	2,78
10	2,23	3,17	27	2,05	2,77
11	2,20	3,11	28	2,05	2,76
12	2,18	3,06	29	2,05	2,76
13	2,16	3,01	30	2,04	2,75
14	2,15	2,98	50	2,01	2,68
15	2,13	2,95	100	1,98	2,63
16	1,12	2,92	∞	1,96	2,58
17	2,11	2,90			

Додаток 3. Значення критерію F на рівні імовірності $P_{0,95}$

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

Додаток 4. Значення критерію F на рівні імовірності $P_{0,99}$

Ступінь вільності для меншої дисперсії (знаменник)	Ступінь вільності для більшої дисперсії (чисельник)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	24	50	100
1	4052	4999	5403	5625	5764	5889	5928	5981	6022	6056	6106	6234	6302	6334
2	98,49	99,01	99,17	99,25	99,30	99,33	99,34	99,36	99,38	99,40	99,42	99,46	99,48	99,49
3	34,12	30,81	29,46	28,71	28,24	27,91	27,67	27,49	27,34	27,23	27,05	26,60	26,35	26,23
4	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,98	14,80	14,66	14,54	14,37	13,93	13,68	13,57
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,45	10,27	10,15	10,05	9,89	9,47	9,24	9,13
6	13,74	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98	7,87	7,72	7,31	7,09	6,99
7	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	7,0	6,84	6,71	6,62	6,47	6,07	5,85	5,75
8	11,26	8,65	7,56	7,01	6,63	6,37	6,19	6,03	5,91	5,82	5,67	5,28	5,06	4,96
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,62	5,47	5,35	5,26	5,11	4,73	4,51	4,41
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,21	5,06	4,95	4,85	4,71	4,33	4,12	4,01
11	9,85	7,20	6,22	5,67	5,32	5,07	4,88	4,74	4,63	4,54	4,40	4,02	3,80	3,70
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,65	4,50	4,39	4,30	4,16	3,78	3,56	3,46
13	9,07	6,70	5,74	5,20	4,86	4,62	4,44	4,30	4,19	4,10	3,96	3,59	3,37	3,27
14	8,86	6,51	5,56	5,03	4,69	4,46	4,28	4,14	4,03	3,94	3,80	3,43	3,21	3,11
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,89	3,80	3,67	3,29	3,07	2,97
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	3,89	3,88	3,69	3,61	3,55	3,18	2,96	2,86
17	8,40	6,11	5,18	4,07	4,34	4,10	3,93	3,79	3,68	3,59	3,45	3,08	2,86	2,76
18	8,28	6,01	5,09	5,58	4,25	4,01	3,85	3,71	3,60	3,51	3,37	3,00	2,78	2,68
19	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,77	3,63	3,52	3,43	3,30	2,92	2,70	2,63
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,71	3,56	3,45	3,37	3,23	2,86	2,63	2,53
21	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,65	3,51	3,40	3,31	3,17	2,80	2,58	2,47
22	97,94	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,59	3,45	3,35	3,26	3,12	2,75	2,53	2,42
23	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,54	3,41	3,30	3,21	3,07	2,70	2,48	2,37
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,50	3,36	3,25	3,17	3,03	2,66	2,44	2,33
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,86	3,63	3,46	3,32	3,21	3,13	2,99	2,62	2,40	2,29
26	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,42	3,29	3,17	3,09	2,96	2,58	2,36	2,25
28	7,64	5,45	4,57	4,07	3,76	3,53	3,36	3,23	3,11	3,03	2,90	2,52	2,30	2,18
30	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,06	2,98	2,84	2,47	2,24	2,13
40	7,31	5,18	4,31	3,83	3,52	3,29	3,12	2,99	2,88	2,80	2,66	2,29	2,05	1,94
50	7,17	5,06	4,20	3,72	3,41	3,18	3,02	2,88	2,78	2,70	2,56	2,18	1,94	1,81
100	6,90	4,82	3,98	3,51	3,20	2,99	2,82	2,69	2,59	2,51	2,36	1,98	1,73	1,59

