

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА**

**Кафедра загального землеробства**

**ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В АГРОНОМІЇ**

**Методичні поради**

до вивчення дисципліни для здобувачів вищої освіти  
за спеціальністю 201 «АГРОНОМІЯ»

Умань – 2020

УДК 001.89:631(075.8)

**Методичні поради підготували:** доценти Усик С.В., Накльока Ю.І., Карнаух О.Б., Калієвський М.В., Новак А.В.; ст. викладачі Коваль Г.В. Борисенко В.В.

Усик С.В., Накльока Ю.І., Карнаух О.Б., Калієвський М.В., Новак А.В., Коваль Г.В., Борисенко В.В. Основи наукових досліджень в агрономії: Методичні поради до вивчення дисципліни за спеціальністю 201 «Агрономія». Умань: Уманський національний університет садівництва, 2020. – 36 с.

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

*Розглянуті на засіданні кафедри (протокол №7 від 3 лютого 2020 року)  
і схвалені Методичною комісією факультету агрономії (протокол №7 від 7  
лютого 2020 р.)*

Наукова робота є однією із важливих форм професійної підготовки для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 201 «Агрономія».

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

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

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

- сутність загальнонаукових і спеціальних методів досліджень у польовому землеробстві;
- польовий дослід як основний метод в агрономії, принципи його планування та проведення;
- методику польового досліду;
- зміст обліків і 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 чи вегетаційний 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 розроблені до шести тем лабораторних та двох індивідуальних завдань, мають 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), отримані ним дані 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 мусять 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.

**Дослідними** називаються варіанти, 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 як елемент агротехніки взятий у нормі, рекомендованій науковими установами для використання у даному регіоні.

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

Дослідні варіанти порівнюють з контрольними.

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

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

**Повторність досліджу** – кількість ділянок з однаковими варіантами.

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

**Методична достовірність досліджу** – це чітке дотримання всіх методичних вимог щодо планування досліджу, вибору умов і об'єктів досліджень, закладання і проведення досліджу, 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 досліджу** – міра різниці між дійсним значенням досліджуваного показника і отриманими результатами досліджень. Похибка досліджу, виражена в процентах, називається **відносною**.

**Точність досліджу** – величина, обернена відноській 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;

$\Sigma$  – сума;

$V$  – коефіцієнт варіації;

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

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

$T\%$  – точність досліджу ( $100 - S_{\bar{x}}\%$ );

$S_p$  – похибка частки;

$S_{max}$  – максимальне значення мінливості;

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

$S_R$  – похибка коефіцієнта регресії;

$S_r$  – похибка коефіцієнта лінійної кореляції;

$S_d$  – похибка різниці між середніми арифметичними;

$S^2$  – дисперсія, середній квадрат;

$S$  – стандартне відхилення, середнє квадратичне відхилення;

$d$  – різниця між середніми арифметичними;

$t_{\phi}$  – критерій Стюдента фактичний (розрахунковий);

$P_{0,95}$ ,  $P_{0,99}$  – рівні імовірності п'яти і однопроцентний;

$t_{0,95}$  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  $P_{0,99}$ ;

$E$  – узагальнена похибка досліджу;

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

$\ell$  – кількість варіантів;

$n$  – число повторностей, обсяг вибірки;

$N$  – кількість ділянок у досліді ( $\ell \times n$ ), загальне число спостережень;

$\nu$  – число ступенів вільності;

$C$  – коректуючий фактор;

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

$r$  – коефіцієнт лінійної кореляції;

$\eta$  – кореляційне відношення;

$R_{xy}$  – коефіцієнт регресії;

$\div$  – надійний інтервал;

$f$  – кількість ознаки;

$i$  – інтервал групи;

$v$  – довільний момент першого ступеня;

$p$  – частка наявності ознаки;

$q$  – частка відсутності ознаки;

$t_r$  – критерій достовірності коефіцієнта кореляції;

$t_\eta$  – критерій достовірності кореляційного відношення.

**Модуль 1. Теоретичні основи агрономічних досліджень**  
**Змістовий модуль 1. Складання схем дослідів по темі своєї наукової**  
**(дипломної) роботи**

**Мета:** Навчитись правильно складати схеми дослідів.

**Завдання:**

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



## Змістовий модуль 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 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** дозволяє розміщувати варіанти у такій послідовності, як вони записані у схемі досліду. Тому цей метод іноді називають

ще послідовним. Його різновидностями є *однорядне*, *дво-* та *багаторядне* розміщення. Застосовується на масиві з добре вирівняною родючістю ґрунту.

**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. Застосовується у сортовипробувальних дослідях.

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

**Завдання:**

Розмістити варіанти польового досліду при наступних умовах:

1-й дослід

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

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

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(за вибором студента);
- 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(за вибором студента);
- 4) кількість варіантів – 3,4,5,6(за вибором студента).

#### 4-й дослід

- 1) дослід двофакторний;
- 2) кількість градацій по фактору А – 2,3,4,5(за вибором студента);
- 3) кількість градацій по фактору В – 5,4,3,2(за вибором студента);
- 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.

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

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

При плануванні варіантів, повинні бути послідовно збільшені норми чи дози факторів, від яких досліджуваній 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 дослід 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 дослід і була упевненість виявити різницю, яка існує у природі.

Оптимальну кількість повторностей рекомендується визначати за допомогою даних рекогносцирувального посіву.

*Рекогносцирувальні або розвідувальні посіви* застосовують для виявлення варіювання родючості ґрунту. Для цього висівають одну яру культуру однорідним насінням за умови однакової агротехніки на всій площі майбутнього дослід перед його закладанням. Виявляють варіювання родючості ґрунту за допомогою обліку врожайності на окремих діляночках, 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 (своєї 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 чотири варіанти (номер варіантів у таблиці 3 вказує викладач).  
Номер індивідуального завдання для студента береться із таблиці Згідно його номеру у списку академічної групи.

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

1. Урожайність культури рекогносцирувального посіву

Варіанти	Повторність			X
	I	II	III	
1				
2				
3				
4				

1.7. Користуючись даними таблиці 1 розрахувати по кожному варіанту (табл.2) середні арифметичні ( $\bar{X}$ ), відхилення від середнього арифметичного ( $\alpha = (X - \bar{X})$ ) квадрати відхилень ( $\alpha^2$ ), Стандартне відхилення (S), коефіцієнти варіації (V).

## 2. Допоміжна таблиця для обчислень

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

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  $\ell$  - 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 досліду ( $Sx\%$ ) 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 та описати в зошиті необхідні обліки і спостереження, які будуть проводитись при виконанні досліджень по темі своєї НДР.



## Модуль 2. Основи математичної статистики в агрономії

### Змістовий модуль 4. Кількісна мінливість (аналіз варіаційного ряду 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 плодів, 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.

1. Для отримання варіаційного ряду, ранжирувати дані отримані під час навчальної практики.

2. Розрахувати число груп  $Ч_2 = \sqrt{n}$ .

3. Визначити інтервал групи  $i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{C_2}$

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  $v = \frac{\sum f(x_{\text{гр.}} - A)}{n}$ .

2. Середню довжину пагона  $\bar{x} = A + v$ .

3. Коректуючий фактор  $C = \frac{[\sum f(x_{\text{гр.}} - A)]^2}{n}$ .

4. Дисперсію  $S^2 = \frac{\sum f(x_{\text{гр.}} - A)^2 - C}{n - 1}$ .

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.
10. Зобразити варіаційний ряд графічно, відклавши по вертикалі частоту (f), а по горизонталі середнє значення групи ( $\bar{x}_{гр.}$ ) 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.

## Змістовий модуль 5. Дисперсійний аналіз одно- та двофакторного дослідження

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 дослідження 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 ( $НІР_{0,95}$ ).

**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 (змістовий модуль 3) перенести в таблицю 4.

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  $N=l \times n$ .

4. Урожайність рекогносцирувального посіву, кг/ділянки

Варіант	Урожайність по повторностях, (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. Заокруглити середню арифметичну до цілого числа і взяти її за довільний початок А.

2.4. Визначити відхилення ( $\alpha$ ) кожної дати від довільного початку ( $X-A$ ) і результати записати до таблиці 5.

5. 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.6.

7. Таблиця квадратів відхилень

Варіант	$\alpha^2$			$\sum \alpha_v^2$	$V^2$
	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:

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

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

$$\text{варіантів } C_v = \sum V^2 : n - C;$$

$$\text{залишку } C_z = C_y - C_p - C_v.$$

2.8. Обчислити число ступенів вільності для розсіювань:

$$\text{загального } v_y = N - 1;$$

$$\text{повторень } v_p = n - 1;$$

$$\text{варіантів } v_v = l - 1;$$

$$\text{залишку } v_z = v_y - v_p - v_v.$$

#### 4. Результати дисперсійного аналізу

Розсіювання	C	v	S <sup>2</sup>	F <sub>факт</sub>	F <sub>теор.</sub>	
					P <sub>0,95</sub>	P <sub>0,99</sub>
Загальне						
Повторень						
Варіантів						
Залишку						

Одержані дані в пунктах 2.7 і 2.8 заносять до табл.7 дисперсійного аналізу, в якій обчислюють:

$$\text{дисперсію варіантів } S^2_{v_v} = \frac{C_v}{v_v};$$

$$\text{дисперсію залишку } S^2_z = \frac{C_z}{v_z};$$

$$\text{критерій Фішера фактичний } F_{\text{факт}} = \frac{S^2_{v_v}}{S^2_z}.$$

Числове значення критерію Фішера теоретичного знаходять у таблицях (додаток 3, 4) на перехресті числа ступенів вільності для більшої дисперсії ( $v_v$ ) та числа ступенів вільності для меншої дисперсії ( $v_z$ ) 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 дослід  $E$  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 дослід ( $S_x\%$ ):

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

Результати розрахунків занести до таблиці 8.

#### 8. 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.8 зробити висновки про істотність різниці між варіантами (різниця між варіантами істотна, коли ця різниця дорівнює або більша за НІР), а також про точність дослід.

## Дисперсійний аналіз двофакторного польового дослідження

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

1. Заповнити таблицю 9 результатами, які видає викладач.

9. Врожайність \_\_\_\_\_ за різних сортів і удобрення, ц/га

Фактори		Урожайність по повтореннях, т/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  $C_v = \sum V^2 : n$ ; розсіювання залишкове  $C_z = C_y - C_p - C_v$ .



### 10. Таблиця для обчислення дії і взаємодії факторів

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

6. Обчислити суму квадратів розсіювань:

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

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

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

7. Визначити число ступенів вільності для всіх розсіювань:

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

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

### 11. Таблиця дисперсійного аналізу

Розсіювання	Сума квадратів	Число ступенів вільності	Дисперсія $S^2$	Fфакт.	Fтеор.	
					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:

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

Числове 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 достовірною коли критерій Фішера фактичний дорівнює теоретичному або більший за нього.

8. Знайти загальнені похибки:

$$\text{всього досліді } E = \sqrt{\frac{S_Z^2}{n}}; \text{ фактору А } E_A = \sqrt{S_Z^2 : l_B \cdot n};$$

$$\text{- фактору В } E_B = \sqrt{S_Z^2 : l_A \cdot n}.$$

12. Розрахувати похибки різниці:

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

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

13. Знайти найменші істотні різниці:

$$\text{всього досліді } НІР_{0,95} = S_d \cdot t_{0,95}; \quad НІР_{0,99} = S_d \cdot t_{0,99};$$

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

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

14. Обчислити відносну похибку досліді:

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

12. Підсумкова таблиця дисперсійного аналізу двофакторного досліді

Сорт (фактор А)	Удобрення (фактор В)	$\bar{X}_v$	Різниця за фактором		НІР		S <sub>x</sub> %
			А	В	0,95	0,99	
	Без удобрення						
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>						
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> P <sub>45</sub>						
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>						
	Без удобрення						
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>						
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> P <sub>45</sub>						
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>						
НІР <sub>0,95</sub>							
НІР <sub>0,99</sub>							

15. Зробити висновки:

- про достовірність різниць між варіантами (користуючись загальним правилом: різниця між варіантами істотна, коли ця різниця дорівнює або більша за НІР);
- про точність досліді.

## Змістовий модуль 6. Кореляційний та регресійний аналіз 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  $\eta$ .

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 листка, см

Y – площа листка, см<sup>2</sup>.

1. До таблиці 13 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 12.

Таблиця 1

Обчислення кореляційної залежності між довжиною листка і площею листка

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)

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

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

2. За рівнянням регресії, знаючи довжину листків, розраховують їх площу:

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

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

4. Зробити висновок про точність обчислень.

## Індивідуальні завдання для виконання самостійної роботи

### 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. Система застосування добрив. Київ, ТОВ «СІК ГРУПІ Україна». 2015.332 с.
два автори	Лихочвор В.В. Проць Р.Р. Ріпак. Львів: НФВ «Українські технології», 2005. 88 с.
три і більше авторів	Єщенко В.О., Копитко П.Г., Бутило А.П., Опришко В.П. Землеробство. Київ: Лазурит- Поліграф, 2013. 376 с.
Складові частини: книги	Кисіль В.І. Модель біологічного землеробства Інституту ґрунтознавства та агрохімії УААН. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні. Київ: Оранта, 2000. С. 185–194.
збірника	Уліч Л.І. Уліч О.Л. Терещенко Ю.Ф. Реакція нових сортів озимої пшениці на умови вирощування. 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. Вісник Уманського державного аграрного університету. 2007. № 1–2. С. 10–17.
Тези доповідей	Новак А.В. Продуктивність ріпаку ярого в залежності від попередників. // 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. ...ступеня канд. с.-г. наук: 06.01.04 Харків, 2004. 19 с.
Стандарти	Якість води. Словник термінів: ДСТУ ISO 6107 – 1: 2004 – ДСТУ ISO 6107 – 9: 2004. [Чинний від 2005 – 04 – 01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 181 с.
Електронний ресурс	Невмивако Т.В. Вплив довготривалого сільськогосподарського використання на агрегатний склад сірих лісових ґрунтів. Бюлетень Інституту зернових культур НААНУ. № 36. <a href="http://institut-zerna.com/library/pdf36/29.pdf">http://institut-zerna.com/library/pdf36/29.pdf</a> (дата звернення 06.02.2018)

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 характеристики 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 у вигляді таблиці погодні умови за останні 30 років (середньо багаторічні щомісячні показники кількості опадів, температури та відносної вологості повітря), відмічаються перші та останні приморозки, мінімальні та максимальні температури повітря,тривалість вегетаційного періоду та ін. Обсяг – до двох сторінок.

6. Схема досліду.

На одну-півтори сторінки подаються схема досліду, розміри облікових і захисних частин дослідних ділянок, їх конфігурація і просторова орієнтація, 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 польовими і овочевими культурами обов'язково мають бути: фенологічні спостереження за проходженням основних фаз розвитку, облік густоти посівів, біометричні показники рослин, кількість листків, площа листя продуктивність фотосинтезу тощо. Окреме місце займає формування врожаю, його структури і величина, визначення показників його товарної якості.



## 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	$\infty$	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 рівнімовірності  $P_{0,99}$

Ступіньвільності для меншоїдисперсії (знаменник)	Ступіньвільності для більшоїдисперсії (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