

**В. О. ЄЩЕНКО, П. Г. КОПИТКО,
П. В. КОСТОГРИЗ, В. П. ОПРИШКО**

ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В АГРОНОМІЇ

**За редакцією доктора
сільськогосподарських наук,
професора В. О. Єщенка**

**Рекомендовано
Міністерством освіти і науки
України як підручник для сту-
дентів вищих навчальних за-
кладів II-IV рівнів акредитації**

Вінниця — 2014

УДК 001.89: 631 (075.8)
ББК 40я73
О-753

Гриф надано Міністерством
освіти і науки України
(лист № 1/11-2244 від 11.02.2014).

Р е ц е н з е н т и – доктори сільськогосподарських наук, професори:
В. В. Гамаюнова (Миколаївський національний аграрний університет);
Т. І. Гопцій (Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва);
Л. О. Рябовол (Уманський національний університет садівництва)

О-753 Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник / В. О. Єщенко,
П. Г. Копитко, П. В. Костогриз; В. П. Опришко. За ред. В. О. Єщенка.
— Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. — 332 с.

ISBN 978-966-2462-57-9

Висвітлено основи наукових досліджень в агрономії з класифікацією методів досліджень і агрономічних дослідів та з розкриттям методики планування і техніки проведення дослідів. Велику увагу приділено проектуванню схем дослідів і плануванню в них основних спостережень та обліків залежно від напрямку досліджень. Окремими частинами представлено методику проведення експериментальних робіт в дослідіах та статистичну обробку їх результатів.

УДК 001.89: 631 (075.8)
ББК 40я73

ISBN 978-966-2462-57-9

© Єщенко В.О., Копитко П.Г.,
Костогриз П.В., Опришко В.П., 2014

ЗМІСТ

Передмова	9
ЧАСТИНА ПЕРША. Теоретичні основи агрономічних досліджень	10
1. ІСТОРІЯ ДОСЛІДНОЇ СПРАВИ ТА ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ	10
1.1. Коротка історія дослідної справи в агрономії.....	10
1.2. Структура та основні завдання наукових установ.....	12
1.3. Основні терміни та їх поняття	13
2. РІВНІ ТА ВИДИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	16
2.1. Рівні наукових досліджень	17
2.2. Види наукових досліджень	18
3. МЕТОДИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	19
3.1. Загальнонаукові методи.....	19
3.2. Спеціальні методи досліджень	24
4. ВИМОГИ ДО ПЛАНУВАННЯ І ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДІВ	28
5. ВИДИ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДІВ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ	34
5.1. Класифікація польових дослідів.....	34
5.2. Використання різних польових дослідів	37
5.2.1. Агротехнічні досліді	37
5.2.2. Досліді із сортовипробування.....	39
6. ДОСЛІДИ, ЩО ПРОВОДЯТЬСЯ У ШТУЧНИХ УМОВАХ	41
7. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДІВ	42
8. ВИБІР І ПІДГОТОВКА ЗЕМЕЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ ПІД ДОСЛІД.....	45
8.1. Ґрунтово-біологічне обстеження земельної площі.....	45
8.2. Вибір ґрунтів для окремих дослідних культур	48
8.3. Вирівнювання родючості ґрунту. Вирівнювальні та рекогносцирувальні посіви	49
9. ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ МЕТОДИКИ ПОЛЬОВОГО ДОСЛІДУ	52
10. МЕТОДИ РОЗМІЩЕННЯ ВАРІАНТІВ В ДОСЛІДІ	59
11. МЕТОДИ РОЗМІЩЕННЯ ДОСЛІДНИХ ДІЛЯНОК	64
12. ПЛАНУВАННЯ ДОСЛІДУ	67
12.1. Теоретичні основи планування.....	67
12.2. Планування схем дослідів	71
12.2.1. Досліді з повними схемами.....	71
12.2.2. Досліді з неповними схемами.....	74
12.3. Планування строків спостережень та відбирання зразків	76
12.4. Планування обсягу вибірки.....	77

13. ТЕХНІКА ЗАКЛАДАННЯ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДІВ	80
14. АГРОТЕХНІКА НА ДОСЛІДНОМУ ПОЛІ.....	81
15. ДОКУМЕНТАЦІЯ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДОСЛІДЖЕНЬ	83
ЧАСТИНА ДРУГА. Орієнтовні схеми та перелік обов'язкових аналізів, спостережень і обліків при вивченні основних питань агрономії в дослідях з польовими культурами	86
1. ДОСЛІДИ З ВИВЧЕННЯ РОЗМІЩЕННЯ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР У СІВОЗМІНІ ЧИ ПОЗА НЕЮ	86
1.1. Схеми дослідів.....	86
1.2. Планування спостережень і обліків	89
2. ДОСЛІДИ З СІВОЗМІННИМИ ЛАНКАМИ І СІВОЗМІНАМИ	92
2.1. Схеми дослідів.....	92
2.2. Програма досліджень	97
3. ДОСЛІДИ З ВИКОРИСТАННЯМ ДОБРИВ.....	98
3.1. Схеми дослідів.....	98
3.2. Планування досліджень	100
4. ДОСЛІДИ З ВИВЧЕННЯ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	102
4.1. Схеми дослідів.....	102
4.2. Перелік спостережень і обліків	106
5. ДОСЛІДИ, В ЯКИХ ВИВЧАЮТЬ СТРОКИ СІВБИ (САДІННЯ).....	107
5.1. Схеми дослідів.....	107
5.2. Дослідницька робота	109
6. ДОСЛІДИ, ДЕ ВИВЧАЮТЬ ГЛИБИНУ СІВБИ (САДІННЯ)	110
6.1. Схеми дослідів.....	110
6.2. Програма обов'язкових досліджень.....	110
7. ДОСЛІДИ, В ЯКИХ ВИВЧАЮТЬ СПОСОБИ СІВБИ (САДІННЯ)	111
7.1. Схеми дослідів.....	111
7.2. Планування спостережень і обліків	113
8. ДОСЛІДИ З НОРМАМИ ВИСІВУ НАСІННЯ	114
8.1. Схеми дослідів	114
8.2. Планування досліджень	115
9. ДОСЛІДИ З ГЕРБЩИДАМИ	116
9.1. Схеми дослідів.....	116
9.2. Планування спостережень і обліків	119
10. ДОСЛІДИ, В ЯКИХ ВИВЧАЮТЬ ХІМІЧНИЙ ЗАХИСТ РОСЛИН ВІД ХВОРОБ І ШКІДНИКІВ	120
10.1. Схеми дослідів.....	120

10.2. Спостереження і обліки.....	122
11. ДОСЛІДИ З ВИВЧЕННЯМ ПРОТИЕРОЗІЙНИХ ЗАХОДІВ.....	123
11.1. Схеми дослідів.....	123
11.2. Планування досліджень.....	125
12. ДОСЛІДИ ІЗ СОРТОВИПРОБУВАННЯ.....	126
12.1. Схеми дослідів.....	127
12.2. Планування спостережень і обліків.....	128
ЧАСТИНА ТРЕТЯ. Дослідження з плодоягідними культурами.....	130
1. ОСОБЛИВОСТІ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДІВ У БАГАТОРІЧНИХ ПЛОДОЯГІДНИХ НАСАДЖЕННЯХ.....	130
2. ДОСЛІДЖЕННЯ В ПЛОДОЯГІДНИХ РОЗСАДНИКАХ.....	131
2.1. Закладання і проведення дослідів.....	131
2.2. Планування й виконання програм досліджень.....	134
2.2.1. Досліди в маточних насадженнях плодкових культур.....	134
2.2.2. Досліди в шкільках підщеп і полях саджанців плодкових культур.....	136
2.2.3. Досліди в маточних насадженнях ягідних культур.....	138
3. ДОСЛІДЖЕННЯ В ПРОДУКТИВНИХ ПЛОДОЯГІДНИХ НАСАДЖЕННЯХ.....	141
3.1. Закладання дослідних насаджень.....	141
3.2. Закладання дослідів у вже вирощуваних плодоягідних насадженнях.....	142
4. ВИКОНАННЯ ПРОГРАМ ДОСЛІДЖЕНЬ У ПЛОДОЯГІДНИХ НАСАДЖЕННЯХ.....	145
4.1. Особливості програм досліджень у дослідах з плодоягідними рослинами.....	145
4.2. Дослідження в дослідах з плодovими культурами.....	147
4.2.1. Фенологічні спостереження.....	147
4.2.2. Вивчення росту дослідних дерев.....	148
4.2.3. Облік квітування дерев та зав'язування плодів.....	152
4.2.4. Визначення ступеня плодоношення та врожайності і якості плодів.....	153
4.3. Дослідження у насадженнях ягідних культур.....	156
4.3.1. Фенологічні спостереження.....	156
4.3.2. Ріст рослин.....	158
4.3.3. Плодоношення, врожайність і якість ягід.....	159
5. ВИВЧЕННЯ ЗИМОСТІЙКОСТІ І МОРОЗОСТІЙКОСТІ ПЛОДОЯГІДНИХ РОСЛИН.....	161

ЧАСТИНА ЧЕТВЕРТА. Методика спостережень, аналізів і обліків.....	166
1. ПРОВЕДЕННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ	166
1.1. Кількість опадів та їх інтенсивність	167
1.2. Температура повітря.....	169
1.3. Напрямок і швидкість вітру	169
1.4. Атмосферний тиск	170
1.5. Вологість повітря	171
1.6. Температура ґрунту	173
1.7. Глибина промерзання ґрунту.....	174
2. ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ҐРУНТУ	175
2.1. Вологість ґрунту (ДСТУ ISO11465:2001)	175
2.2. Об'ємна маса (щільність) ґрунту (ДСТУ ISO 11272:2001)	177
2.3. Будова ґрунту	178
2.4. Структура ґрунту (ДСТУ 4744:2007).....	180
2.5. Стійкість ґрунтових агрегатів до розпадання у воді.....	182
2.6. Водопроникність ґрунту.....	183
2.7. Сумарне витрачання вологи на посівах та коефіцієнт водовитрачання посівами за період вегетації.....	184
3. ВИЗНАЧЕННЯ АГРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА.....	185
3.1. Сума увібраних основ.....	186
3.2. Обмінна кислотність (ДСТУ ISO 10390:2007).....	187
3.3. Гідролітична кислотність	187
3.4. Ступінь насичення основами (ДСТУ ISO 11260:2001).....	189
3.5. Вміст нітратного азоту (ДСТУ 4729:2007).....	189
3.6. Вміст лужногідролізованого азоту.....	190
3.7. Вміст рухомих форм фосфору і калію (ДСТУ 4115:2002)	191
3.8. Вміст гумусу (ДСТУ 4289: 2004)	192
4. ВИЗНАЧЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ҐРУНТУ ЗА МЕТОДОМ ШТАТНОВА.....	193
5. ОБЛІК ЗАБУР'ЯННОСТІ ПОСІВІВ І ЗАСМІЧЕНОСТІ ҐРУНТУ ОРГАНАМИ РОЗМНОЖЕННЯ БУР'ЯНІВ.....	194
5.1. Забур'яненість посівів	194
5.2. Засміченість ґрунту насінням бур'янів.....	196
5.3. Засміченість ґрунту органами вегетативного розмноження бур'янів	198
6. ФІТОПАТОЛОГІЧНІ ОБЛІКИ.....	199

7. ЕНТОМОЛОГІЧНІ ОБЛІКИ.....	205
8. ФЕНОЛОГІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ.....	210
9. ОЦІНКА ПОСІВІВ І ОБЛІК БІОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ.....	214
9.1. Візуальна оцінка стану посівів.....	214
9.2. Оцінка морозо- і зимостійкості озимих культур.....	214
9.3. Визначення посухостійкості рослин.....	218
9.4. Оцінка стійкості посівів до вилягання, пониклості, осипання зерна і проростання його в колосі.....	218
9.5. Облік густоти посівів і насаджень.....	220
9.6. Визначення динаміки росту рослин.....	221
9.7. Визначення площі листкового апарату.....	222
10. ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОШИРЕННЯ КОРІННЯ У ҐРУНТІ ТА ОБЛІК ЙОГО МАСИ В ОКРЕМИХ ШАРАХ.....	224
11. ОБЛІК НАДЗЕМНИХ І КОРЕНЕВИХ РОСЛИННИХ РЕШТОК.....	227
12. ОБЛІК УРОЖАЮ.....	228
13. АНАЛІЗ РОСЛИННИХ ЗРАЗКІВ.....	240
13.1. Визначення фізичних показників якості зерна і насіння.....	242
13.2. Аналіз снопових зразків.....	245
13.3. Визначення вмісту води і сухої речовини у рослинних зразках.....	246
13.4. Визначення хіміко-технологічних показників у рослинних зразках.....	247
13.4.1. Вміст азоту, фосфору і калію.....	247
13.4.1.1. Визначення вмісту загального азоту у мінералізаті методом дистиляції.....	247
13.4.1.2. Визначення вмісту азоту фотометричним методом з реактивом Неслера.....	249
13.4.1.3. Визначення вмісту загального фосфору фотометричним методом з відновлювачем аскорбінова кислота плюс сурмяно-виннокислий калій.....	250
13.4.1.4. Визначення вмісту загального калію полуменево-фотометричним методом.....	251
13.4.2. Вміст нітратного азоту в рослинницькій продукції.....	252
13.4.3. Вміст білкового азоту і білка (ДСТУ 4117: 2007).....	253
13.4.4. Вміст хлорофілу в зеленій частині рослини.....	255
13.4.5. Вміст в зерні сирої клейковини.....	255
13.4.6. Цукристість коренеплодів.....	256

13.4.7. Технологічні властивості коренеплодів буряків цукрових	258
13.4.8. Вміст жиру в рослинницькій продукції.....	259
13.4.9. Вміст каротину	259
14. ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ЕРОЗІЇ ҐРУНТУ	261
14.1. Водна ерозія.....	261
14.2. Вітрова ерозія	263
ЧАСТИНА П'ЯТА. Основи математичної статистики в агрономії.....	264
1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЗАВДАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ.....	264
2. АНАЛІЗ ВАРІАЦІЙНИХ РЯДІВ КІЛЬКІСНОЇ ТА ЯКІСНОЇ МІНЛИВОСТІ	266
2.1. Кількісна мінливість	266
2.2. Якісна мінливість.....	273
3. СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ПЕРЕВІРКИ ГІПОТЕЗ	276
3.1. Підготовка даних про врожайність до статистичного налізу	276
3.2. Дисперсійний аналіз	280
3.2.1. Дисперсійний аналіз однофакторних польових дослідів	282
3.2.2. Дисперсійний аналіз двофакторного польового дослідю.....	287
3.3. Недисперсійні методи статистичної обробки результатів досліджень	293
3.3.1. Дробовий метод статистичної обробки результатів досліджень .	294
3.3.2. Різницевий метод статистичної обробки результатів досліджень	296
4. КОРЕЛЯЦІЙНИЙ ТА РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗИ.....	299
4.1. Кореляційний та регресійний аналіз прямолінійної залежності.....	301
4.2. Коефіцієнт спадковості	308
4.3. Коваріаційний аналіз	309
Додатки	313
Показчик символів.....	319
Перелік і розміщення основних термінів та словосполучень	321
Список рекомендованої літератури	329

Без узагальнення даних всіх попередніх спостережень і дослідів можна тільки споглядати, а не розуміти явища природи і зв'язки їх між собою
Н. Ф. Деревицький

Передмова

Прогресивний розвиток землеробства як галузі сільськогосподарського виробництва базується на досягненнях агрономічної науки. Рушієм останньої завжди було дослідництво, основними об'єктами якого виступали культурні рослини та середовище їх вирощування.

Для ефективного ведення дослідницької роботи важливого значення набуває рівень підготовки для неї наукових кадрів. У вищих навчальних аграрних закладах вони готуються в процесі освоєння курсу „Основи наукових досліджень в агрономії” – базової дисципліни для підготовки фахівців за напрямом „Агрономія” на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня „бакалавр”.

Цьому сприятиме підготовлений згідно типової навчальної програми підручник, який, крім теоретичних основ планування і ведення різних видів дослідів та математичної статистики, включає орієнтовні за найважливішими напрямками досліджень схеми дослідів, перелік в них основних спостережень і обліків та опис методик їх проведення.

В цьому виданні його автори певну увагу вділили розкриттю методики закладки і проведення польових дослідів з плодовими і ягідними культурами.

Освоєння такого матеріалу дозволить початкуючому науковцю не тільки правильно спланувати дослід, але й на належному рівні його закласти та за новітніми технологіями провести дослідження для одержання достовірних результатів.

Дане видання може бути настільною книгою також для аспірантів, наукових працівників та викладачів аграрних навчальних закладів різного рівня акредитації.

ЧАСТИНА ПЕРША

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АГРОНОМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. ІСТОРІЯ ДОСЛІДНОЇ СПРАВИ ТА ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ

1.1. Коротка історія дослідної справи в агрономії

Історія дослідної справи в агрономії бере свій початок з народного сільськогосподарського досвіду тих часів, коли первісна людина почала вирощувати рослини. Народний досвід у землеробстві тривалий час був єдиним джерелом аграрних знань на Землі і, переходячи з покоління в покоління та вдосконалюючись, поступово переростав у дослідну справу.

В Україні значний вплив на розвиток дослідної справи в агрономії мала Києво-Могилянська академія, заснована в XVI ст. У свій час вона готувала висококваліфікованих фахівців, багато з яких займали провідні посади у вищих навчальних закладах Європи. Великий внесок у розвиток наукової агрономії в Києво-Могилянській академії зробив ботанік Іоанікій Галятовський.

Своєрідними зародками наукових дослідних установ стали «аптекарські городи», створені в 1629 р. під Москвою, а в 1721 р. – і в Україні (м. Лубни), на яких поряд з дикорослими вирощували культурні рослини за спеціальною агротехнікою.

У 1765 р. створюється Вільне економічне товариство, яке очолювало дослідну роботу в Росії протягом багатьох десятиріч.

В Україні перші дослідні роботи почав М. Г. Ліванов у 1790 р. в с. Богоявленське поблизу м. Миколаєва. За кордоном перші праці з дослідницької справи були опубліковані французом Ж. – Б. Буссенго в 1835 р.

Перший дослідний хутір (Бутирський) був створений під Москвою у 20-х роках XIX ст., а в 1840 р. в Білорусії заклали перше дослідне поле. Основною тематикою дослідних робіт тут було вивчення ефективності органічних та мінеральних добрив, типів сівозмін, ерозії ґрунту в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

У 1852 р. з'явилася перша дослідна станція в Німеччині (м. Меккерн поблизу Лейпцига).

У 1867 р за ініціативою Д.І. Менделєєва були закладені чотири дослідних поля у Петербурзькій, Московській, Смоленській і Симбірській губерніях, де вивчали ефективність мінеральних добрив. У 1869 р. почалося дослідження польових культур у Петровській академії.

Протягом 1881–1885 рр. були організовані Тростянецьке, Білокриницьке, Студенківське, Полтавське, Таганрозьке і Донське дослідні поля, в 1895 р.– Вятська й Енгельгардтська дослідні станції, а в 1897 р.– Іванівська дослідна станція. Більшість дослідних установ створювалось в Україні в районах розвинутого землеробства.

Наприкінці ХІХ ст. в Росії було 10 дослідних і селекційних станцій, 13 дослідних полів, дві лабораторії та дві контрольно-насіenneві станції, де працювало близько 60 науковців.

Про значні темпи організації наукових установ на початку ХХ ст. свідчить те, що в 1913 р. в Росії було вже 214 дослідних установ, зокрема 44 дослідні станції і 78 дослідних полів, де працювало 540 науковців, багато хто з них був зайнятий в Україні у дослідних установах цукрозаводчиків. В Україні в цей час були створені Херсонська, Немерчанська, Плотянська, Харківська, Миронівська та інші дослідні станції. У 1913 р. організована Уманська дослідно-землеробська станція, яку в 1939 р. перетворено на селекційний пункт цукрових буряків.

Активними організаторами створення наукових установ і видатними вченими в галузі агрономії були В.В. Докучаєв, П.А. Костичев, К.А. Тімірязєв, І.О. Стебут, А.Є. Зайкевич, О.О. Ізмаїльський, Б.М. Рожественський, О.М. Енгельгард та багато інших.

Великий внесок у дослідну справу в агрономії зробив О.Г. Дояренко. У 1918, 1919 та 1921 рр. він організував Всеросійські з'їзди з сільськогосподарської дослідної справи, вперше в Росії читав з цієї дисципліни курс лекцій. Починаючи з 30-х років ХХ ст. створюються науково-дослідні інститути: Центральний науково-дослідний інститут сільського господарства (Москва), Всесоюзний інститут прикладної ботаніки і нових культур (Ленінград) і Всесоюзна академія сільськогосподарських наук, першим президентом якої був М.І. Вавілов. У цей період організовується багато галузевих інститутів – рослинництва, захисту рослин, удобрення та агрогрунтознавства, агролісомеліорації, мікробіології, цукрових буряків, льону, кормів та ін. До 1940 р було створено 920 наукових установ з сільського господарства, у яких працювали понад 10 тис. науковців.

У 80-х роках ХХ ст. у колишньому СРСР працювали 215 науково-дослідних інститутів, 322 галузеві і державні селекційні станції, 88 обласних і зональних комплексних станцій, дев'ять ботанічних садів і плодорозсадників, 260 опорних пунктів і дослідних полів. Наукова робота велася також в університетах та сільськогосподарських інститутах.

Перша кафедра методики дослідної справи була організована П.М. Константиновим, який написав фундаментальну працю «Основи сільськогосподарської дослідної справи».

Питання методики дослідної справи розглядалися у працях А.А. Кудрявцевої, Б.М. Рожественського, П.Г. Найдіна, М.Ф. Деревецького.

У 1965 р. Б.О. Доспеховим був виданий навчальний посібник «Методика польового досліду», який в результаті перевидання отримав гриф підручника. В Україні таким підручником був „Основи наукових досліджень в агрономії”, виданий В.Ф. Мойсейченком і В.О. Єщенком в 1994 р. У 2005 р. під такою ж назвою побачив світ підручник колективу авторів за редакцією В.О. Єщенка.

1.2. Структура та основні завдання наукових установ

Елементарною одиницею серед наукових установ є *наукова лабораторія*, яка входить до складу наукового відділу установи або є складовою частиною вищого навчального закладу. Лабораторія може бути й окремою науковою установою на виробництві або у складі академії наук. У вищих навчальних закладах можуть функціонувати ще й проблемні лабораторії для розв'язання науково-технічних проблем з фундаментальних наук, а також галузеві лабораторії, де вирішують актуальні прикладні завдання галузі.

Лабораторії бувають загального призначення і спеціалізовані (агрохімічні, фізіологічні тощо).

Опорний пункт – це підрозділ дослідної станції або науково-дослідного інституту. Організують опорні пункти також на виробництві. Діяльність цих пунктів планується науковими установами, яким вони підпорядковані. За тривалістю функціонування опорні пункти можуть бути тимчасовими і постійними. Залежно від покладених на них завдань вони ведуть роботу з перевірки та уточнення наукових розробок дослідних станцій чи інститутів в конкретних господарствах, подають методичну й організаційну допомогу господарствам у впровадженні досягнень аграрної науки та передового досвіду, визначають економічну ефективність впроваджених рекомендацій тощо.

Дослідне поле – структурна одиниця наукових установ чи навчальних закладів, де проводять різні за тривалістю досліді. Інколи під дослідними полями розуміють територію, на якій проводять різні досліді. На дослідних полях тимчасові досліді присвячені вивченню технологій вирощування сільськогосподарських культур у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. У стаціонарних умовах тут вивчають ефективність добрив, сівозміни, заходи боротьби з ерозією ґрунтів, агротехніку районованих культур тощо.

Науковий відділ – структурна частина дослідної станції, наукового інституту або вищого навчального закладу. До його складу входять наукові лабораторії, об'єктом досліджень яких можуть бути ґрунтові чи рослинні зразки. За спеціалізацією є відділи землеробства, агрохімії і ґрунтознавства, селекції, економіки та ін.

Дослідні станції – науково-дослідні установи, які розробляють і рекомендують виробництву агротехнічні, організаційно-господарські та інші заходи поліпшення агротехнологій стосовно конкретних природно-економічних умов (де ці станції розміщені). Вони можуть бути самостійними чи входити до складу галузевих інститутів чи вищих навчальних закладів.

Інститути – це установи, які працюють над розв'язанням теоретичних проблем сільськогосподарської науки і розробкою практичних рекомендацій щодо розвитку певних галузей агрономії (відповідно до напрямку своєї роботи). Науково-технічне керівництво інститутами здійснює Національна академія аграрних наук України.

Основними завданнями агрономічної науки є: 1) розробка теорії і практики збереження ґрунтів та підвищення їх родючості; 2) агрокліматичне обґрунтування розміщення сільськогосподарських культур у різних природних зонах країни; 3) розробка раціональних структур посівних площ та сівозмін відповідно до спеціалізації господарств; 4) створення нових високопродуктивних сортів і гібридів рослин, стійких до хвороб і шкідників; 5) дослідження питань хімізації і меліорації земель при додержанні екологічної безпеки; 6) розробка теорії і практики програмування врожаїв; 7) постійне вдосконалення методики дослідної справи для підвищення ефективності наукових досліджень.

1.3. Основні терміни та їх поняття

Дослідна справа в агрономії – це наукова робота, основним завданням якої є розробка теоретичних основ і практичних заходів підвищення родючості ґрунту і продуктивності сільськогосподарсь-

ких рослин з метою інтенсифікації рослинницької галузі сільськогосподарського виробництва.

Наукові дослідження проводяться як у природних умовах (безпосередньо у полі), так і у штучних, де частково або повністю регулюються умови життя рослин. Всі вони супроводжуються використанням певних термінів і їх понять, розгляд котрих допоможе доступніше і ефективніше засвоювати поданий у спеціальних розділах даної книги матеріал.

Дослід – умови, штучно створені дослідником за допомогою використання різних варіацій того фактора, який є об'єктом досліджень. Досліди бувають агротехнічні і сортовипробувальні.

Варіанти досліду – це складові елементи схеми досліду. Ними можуть бути 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. В агротехнічних дослідах варіантами можуть бути різні глибини, строки чи способи обробітку ґрунту, дози добрив чи пестицидів і т.п.

Варіанти бувають контрольними і дослідними. *Контрольним* вважається варіант, з яким порівнюються дослідні. Це, як правило, ті елементи агротехніки, що рекомендовані науковими установами і апробовані виробництвом на час проведення досліду. У сортовипробувальних дослідах за контроль або стандарт беруть один із найпоширеніших зареєстрованих сортів чи гібридів для певної ґрунтово-кліматичної зони. Якщо з чотирьох доз добрив – 30, 60, 90, 120 кг/га – на початку закладання досліду у господарстві застосовували дозу 60 кг/га, то вона має бути взятою за *виробничий контроль*. Іноді за контроль беруть варіант без добрив – *абсолютний контроль*. У дослідах з пестицидами абсолютним контролем може бути варіант без пестицидів.

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

Схема досліду – це перелік логічно підібраних варіантів із визначеними контролями, котрі об'єднуються конкретною темою чи ідеєю. Так, при вивченні попередників пшениці озимої у центральній частині Степу України схема досліду, яка записується, як правило, у стовпчик, може включати такі варіанти:

1. Чорний пар (контроль);
2. Багаторічні трави на один укіс;

3. Горох;
4. Соя;
5. Чина.

Агротехнічні заходи, окремі технології і сорти вивчаються у межах *елементарних одиниць*. В польових дослідах елементарною одиницею є дослідна ділянка.

Дослідна ділянка у польових дослідах являє собою земельну площу певного розміру прямокутної форми, на якій розміщується тільки один із варіантів досліду. Так, у дослідах, де планується вивчення попередників пшениці, на дослідній ділянці може бути розміщений лише один з попередників – багаторічні трави, горох або ін. При вивченні сортів на одній дослідній ділянці висівають лише один із сортів, що входять у схему досліду.

Оскільки в природі не може бути ідеально вирівняного за родючістю поля, то щоб уникнути випадковості, коли одні варіанти перебуватимуть у кращих, а інші – в гірших ґрунтових умовах, що утруднюватиме оцінку результатів дослідження, варіанти досліду *повторюють* кілька разів.

Повторність досліду – кількість ділянок з однаковими варіантами. Повторність може бути і в часі. **Повторність у часі** – це кількість окремих дослідів, які закладаються протягом кількох років за однаковою схемою або кількість короткотермінових дослідів за один рік, коли за певний проміжок часу ставиться і проводиться за однаковою програмою кілька нових дослідів. Крім терміну повторності існує і термін **повторення**, під яким розуміють частину площі досліду з повним набором варіантів в одній повторності (рис. 1).

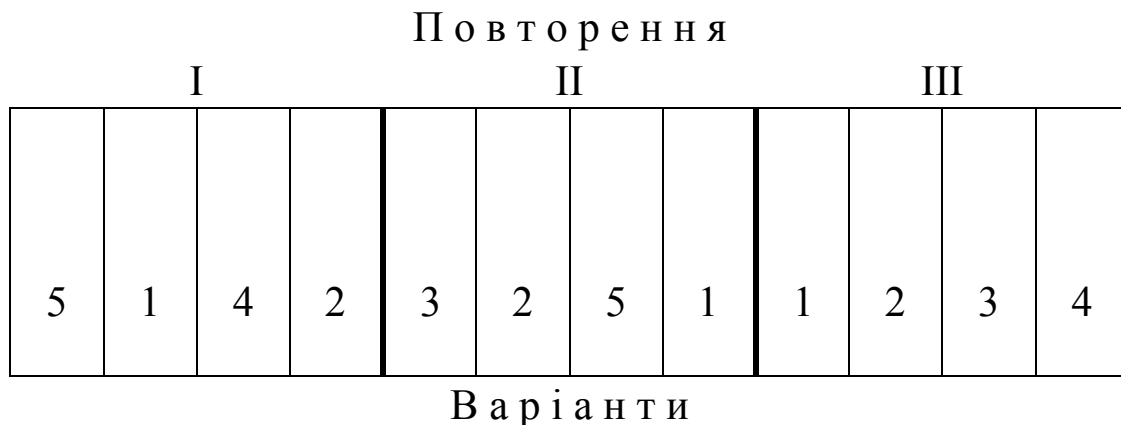


Рис. 1. Повторення у досліді

Методична достовірність досліджу – це чітке дотримання всіх методичних вимог щодо планування досліджу, вибору умов і об'єктів досліджень, закладання і проведення досліджу та 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. Похибку виражають у тих же одиницях, що й досліджуваний показник. Якщо похибку досліджу виразити в процентах, то її називають **відносною**.

Точність досліджу – величина, обернена відносній похибці.

Запитання

для самоперевірки

1. Яка різниця між повторністю і повторенням?
2. Що називається схемою досліджу і які варіанти вона включає?
3. За яким статистичним показником оцінюється точність досліджу?

2. РІВНІ ТА ВИДИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Наукове дослідження – це вивчення конкретного об'єкта, явища або предмета з метою розкриття закономірностей його виникнення і розвитку, що є основою формування нових наукових знань. Основою наукових досліджень є об'єктивність, можливість відтворення результатів, їх доказовість та точність.

Розрізняють такі етапи наукових досліджень: 1) попередній аналіз існуючої інформації з досліджуваного питання; 2) формулювання вихідних гіпотез та їх теоретичний аналіз; 3) планування і організація досліджу та його проведення; 4) аналіз та узагальнення результатів; 5) перевірка вихідних гіпотез на основі досліджених факторів, остаточне формулювання нових закономірностей і законів, пояснення та наукові передбачення; 6) впровадження пропозицій у виробництво (для прикладних досліджень).

2.1. Рівні наукових досліджень

Розрізняють три основних взаємопов'язаних рівні досліджень – емпіричний, теоретичний та описово-узагальнюючий.

На *емпіричному рівні* дослідження проводяться за допомогою спостереження за явищами в природних умовах. З часом їх наслідки накопичуються і стають джерелом теоретичних уявлень, що є основою для побудови теорій.

На *теоретичному рівні* досліджень синтезуються знання, формулюються загальні закономірності у певній галузі знань.

Теорія – це система узагальнених знань, пояснення певних явищ дійсності, тобто уявлене її відродження і відтворення, у тому числі й досліду. Саме тому результати дослідів в узагальненому вигляді є частиною певної теорії, а критерієм правильності теорії є дослід. Теорія також допомагає інтерпретувати результати емпіричних досліджень.

Однак теорія є не сумою окремих даних досліду, а новим ступенем пізнання. Наприклад, в досліді виявлено тісний кореляційний зв'язок між умовами середовища і врожайністю цукрових буряків. Аналізуючи і узагальнюючи результати цих досліджень із застосуванням методів математичної статистики, зокрема кореляційного аналізу, можна скласти рівняння регресії для планування чи прогнозування майбутнього врожаю. Все це є основою для теорії планування і прогнозування врожаю. Аналогічно цьому результати досліджень щодо засвоєння поживних елементів польовими культурами є основою для розробки теорії мінерального живлення рослин.

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

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

Судження – висловлена думка, у якій дещо стверджується про об'єкт дослідження. Вона може бути об'єктивною або помилковою.

Прикладом об'єктивного судження є така думка: якщо пшеницю висівати насінням з низькою схожістю, без відповідної поправки на норму висіву, то сходи будуть зріджені. Помилковим буде судження про те, що співвідношення поживних елементів у добривах не впливає на якість продукції (воно не ґрунтується на даних науки і практики).

Умовивід – міркування, у процесі якого з одного або кількох пов'язаних між собою суджень виводять нові знання. Наприклад, відомо лише те, що новий гібрид кукурудзи має багато таких самих властивостей, як і реєстрований до цього гібрид. Робимо висновок, що врожайність зерна нового гібриду, його якість, стійкість до хвороб, шкідників тощо будуть такими самими, як і реєстрованого.

2.2. Види наукових досліджень

Залежно від пізнавальної або практичної мети наукові дослідження умовно поділяють на фундаментальні та прикладні. Умовність такого поділу полягає в тому, що на певних етапах за певних умов фундаментальні дослідження можуть переходити у прикладні і навпаки. Це свідчить про тісний взаємозв'язок наукового пізнання з практикою.

Фундаментальні дослідження спрямовані на відкриття і вивчення нових явищ і законів природи, їх результатом є закінчена система наукових знань та орієнтація на використання цих знань у певній галузі практичної діяльності людини. Прикладом таких досліджень є вивчення процесів фотосинтезу, біологічної фіксації азоту з повітря, таємниць спадковості, розшифровка молекул ДНК, РНК тощо. Ці дослідження ведуться на межі відомого і невідомого. Певна невизначеність фундаментальних досліджень підвищує роль випадку та здатність дослідника до інтуїції.

Фундаментальне дослідження може бути вільним теоретичним або цілеспрямованим. Вільне теоретичне дослідження очолюється одним ученим, який визначає напрям досліджень на основі своїх ідей. Цілеспрямоване дослідження обмежується галуззю науки і вибором об'єкта досліджень, вибирається колективом дослідників.

Прикладні дослідження в агрономії спрямовані на вивчення факторів життя рослин і взаємозв'язків між рослиною і середовищем, на створення перспективних сортів і гібридів сільськогосподарських культур. Мета цих досліджень – розробка ефективних

агрозаходів підвищення врожайності та якості продукції. Найбільш ефективні агротехнічні заходи, виявлені у досліджах, впроваджують у виробництво. Це – оптимальні варіанти обробітку ґрунту, кращі попередники, більш ефективні дози добрив, строки та глибина їх внесення, норми та строки сівби насіння певних культур, заходи захисту рослин від хвороб і шкідників тощо. Кінцевою метою всіх прикладних досліджень є розробка рекомендацій для впровадження одержаних результатів у виробництво.

Різновидністю прикладних досліджень є *пошукові* – розробка принципово нових агрозаходів для польових культур, створення комплексно стійких сортів чи гібридів до хвороб, шкідників та інших несприятливих умов середовища тощо.

Запитання для самоперевірки

- 1. Що таке наукове дослідження та які етапи воно включає?**
- 2. Чим відрізняється емпіричний рівень досліджень від теоретичного?**
- 3. Яка різниця між фундаментальними дослідженнями і прикладними?**

3. МЕТОДИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Метод – це спосіб пізнання явищ природи. Ним може бути упорядкована діяльність дослідника, яка спрямована на отримання нових знань. В науковій агрономії використовують загальнонаукові та спеціальні методи досліджень.

3.1. Загальнонаукові методи

Із загальнонаукових методів досліджень найчастіше застосовують такі методи: гіпотеза, експеримент, аналіз, синтез, індукція, дедукція, абстрагування, конкретизація, аналогія, моделювання, узагальнення тощо.

Гіпотеза – наукове припущення, істинне значення якого є невизначеним. Гіпотези можуть висуватись на основі відомих знань і в

такому випадку вони є обґрунтованими припущеннями. Крім того, вони можуть бути просто здогадками. Наприклад, у господарстві виявлена низька врожайність одного із сортів пшениці озимої. При цьому, наприклад, можуть висуватись такі робочі гіпотези: рівень мінерального живлення низький і його треба підвищити; співвідношення поживних елементів не відповідає вимогам культури і сорту. Кожна з цих гіпотез висувається на основі того, що вже спостерігалось у практиці. Подібні та інші гіпотези перевіряють в умовах польового дослідження шляхом вирощування зазначеного сорту пшениці за різного мінерального живлення та неоднакового співвідношення поживних елементів. Якщо при поліпшенні агротехніки рівень урожайності та якості продукції даного сорту не підвищуються, висувають гіпотезу про необхідність використання на даному фоні агротехніки інших сортів.

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

Існують певні правила висунування гіпотези: 1) відповідність гіпотез фактам, яких вона стосується; 2) з багатьох висунутих гіпотез найбільш придатною є та, яка пояснює більшу кількість фактів; 3) для пояснення серії фактів зв'язок гіпотез із ними мусить бути найтіснішим; 4) гіпотези, котрі знаходяться у протиріччі, не можуть бути одноразово істинними; 5) висуваючи гіпотези, потрібно усвідомлювати імовірність їх висновків.

Експеримент – метод пізнання, за допомогою якого в штучно створених дослідником умовах (в досліді) досліджується об'єкт та процеси, що відбуваються в ньому. Саме шляхом експерименту на практиці перевіряються гіпотези, які висуваються у процесі планування дослідження.

Експеримент має певні переваги порівняно з іншими методами наукових досліджень. Основна з них полягає в тому, що завдяки експерименту досліджуваний об'єкт перебуває в штучних умовах, не чекаючи, поки такі з'являться у природі – зрошують або удобрюють рослини, висівають насіння різними нормами, у різні строки, захищають посіви від хвороб і шкідників за допомогою різних хімічних препаратів тощо.

Для реалізації експерименту можна закладати дослідження з багатьма факторами, дослідження, в яких можна вивчати не лише окремі еле-

менти агротехніки, а й цілі технології. Наприклад, у ньому є можливість порівняти інтенсивну технологію вирощування сільськогосподарської культури з енергоощадною. Слід зазначити, що експеримент є провідним методом агрономічних досліджень разом з висуванням гіпотез та проведенням спостережень і обліків.

Спостереження – цілеспрямоване зосередження уваги дослідника на явищах експерименту або природи, їх кількісна та якісна реєстрація. Основними вимогами до спостереження є такі: 1) одержання однозначних результатів досліджень; 2) об'єктивність, тобто можливість контролю за допомогою повторного спостереження; 3) використання для спостереження точних приладів; 4) правильна інтерпретація результатів спостережень.

Прикладами спостережень є визначення морозо-, зимо- і посухостійкості рослин, стійкості їх до вилягання, пошкодження шкідниками та ураження хворобами тощо.

Спостереження проводять не лише в експерименті, а й поза ним. Так, спостерігають за явищами природи: випаданням атмосферних опадів, температурою та вологістю повітря, температурою ґрунту, кількістю сонячних днів, настанням перших заморозків восени та останніх навесні, початком вегетації та її кінцем, початком і кінцем цвітіння, проходженням інших фенофаз у рослин безпосередньо в природі, тобто без експерименту. В результаті таких спостережень можна отримати дані і на їх основі зробити цінні висновки про агрокліматичне районування різних культур.

Обліки в дослідках – це встановлення певних кількісних показників. Їх проводять за спеціальними апробованими методиками відповідно до державних стандартів. Всі прилади для обліків та спостережень (ваги, термометри, колориметри та ін.) треба перевіряти не менш як один раз за рік Державною інспекцією по стандартах, а результати перевірки оформляти відповідними актами.

Аналіз – метод дослідження, за допомогою якого піддослідний об'єкт уявно або практично розчленовується на складові частини з метою більш детального його вивчення. Наприклад, окремі варіанти спочатку аналізуються в межах окремих повторень, а потім – в цілому по досліді. Рослини у динаміці їх росту аналізують або через певний проміжок часу (один раз за декаду, місяць), або за фазами розвитку рослин. Для визначення хімічного складу рослини спочатку розчленовують на окремі органи – листя, стебла, плоди, коріння тощо, а потім аналізують кожен з них. У коренеплодах буряків

цукрових, наприклад, визначають вміст цукрів, у зерні злакових культур – білка, у бульбах картоплі – крохмалю.

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

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

У сучасній науці синтез використовують не тільки для дослідження окремого об'єкта у певній галузі науки, а й окремих наук з виявленням існуючих між ними зв'язків (наприклад, між агрономією, фізикою, математикою, хімією та ін.).

Індукція – метод дослідження, за допомогою якого судження ведуться від фактів до конкретних висновків. Наприклад, якщо листя рослин жовтуватє, то роблять висновок про недостатнє азотне живлення; якщо воно набуває фіолетового відтінку, то цей симптом наводить на думку про нестачу фосфору в живленні рослини.

Дедукція – метод дослідження, який дає можливість за допомогою аналізу загальних положень і фактів перейти до часткових і поодиноких висновків. Наприклад, відомо, що короткостебельні сорти пшениці озимої характеризуються коротким міжвузлям. Звідси закономірним буде висновок, що рослини таких сортів пшениці будуть стійкими до вилягання. Перевірка цього висновку у практиці підтвердила його правильність.

Апробацію сортів сільськогосподарських культур за допомогою морфологічних ознак того чи іншого сорту проводять із застосуванням дедуктивного методу. Застосовуючи цей метод, за вмістом та співвідношенням поживних елементів у рослинах або за візуальними ознаками роблять висновки про умови азотного, фосфорного чи калійного живлення.

Аналогія – метод дослідження, завдяки якому знання про відомі вже об'єкти, предмети та явища переносяться на інші, ще невідомі, але схожі із відомими і вже раніше вивченими. При цьому висновок робиться за аналогією. Так, якщо у господарстві вводиться новий сорт картоплі і про нього відомо, що він аналогічний якомусь до цього вже зареєстрованому, то це значить, що і йому будуть притаманні ознаки, якими характеризувався раніше зареєстрований сорт.

Оскільки ізольовано взята аналогія не має показової сили, то її треба використовувати разом з іншими методами пізнання, додержуючи таких вимог: 1) аналогія має ґрунтуватись на істотних ознаках і більшому числі загальних властивостей; 2) зв'язки між порівнюваними ознаками повинні бути тісними; 3) аналогія як метод має показати не лише схожість об'єктів, а й різницю між ними. Метод аналогій, застосований на подібності показників, предметів і явищ, є основою моделювання.

Моделювання – метод дослідження об'єктів, процесів і явищ на їх моделях. Сутністю моделювання є заміна об'єктів, які важко вивчати, спеціально створеними зручними моделями. Наприклад, можна моделювати ґрунт, рослинні клітини, окремі органи.

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

Розрізняють моделювання структури об'єкта і моделювання його поведінки, тобто процесів, які відбуваються в об'єкті досліджень. Чим повніше модель відображує оригінал, тим результати досліджень моделі будуть більше відповідати результатам об'єкта досліджень. Моделювання як метод застосовується разом з іншими методами, часто з експериментом і має назву модельного експерименту.

Узагальнення – метод, за допомогою якого уявно переходять: 1) від окремих фактів, явищ та процесів до ототожнювання у думках; 2) від одного поняття чи судження до іншого, більш загального. Спочатку узагальнюють результати досліджень для кожного повторення, а потім для всього досліду, конкретного господарства, а далі для всіх господарств, що знаходяться в аналогічних ґрунтово-кліматичних умовах, тощо.

3.2. Спеціальні методи досліджень

Це методи, які застосовуються у науковій агрономії, тому їх іноді називають конкретно-науковими. До цієї групи методів належать: лабораторний, вегетаційний, лізиметричний, вегетаційно-польовий, польовий, експедиційний. Кожен із них може використовуватись у взаємозв'язку з іншими спеціальними та загальнонауковими методами, а вегетаційний, лізиметричний, вегетаційно-польовий і польовий методи супроводжуються закладанням дослідів під аналогічними назвами.

Лабораторний метод застосовують для аналізу рослин або їх середовища в лабораторних умовах з метою: оцінки якості урожаю, вивчення обміну речовин у рослин, дослідження фізичних та хімічних властивостей ґрунту тощо.

За допомогою хімічних аналізів ґрунту в лабораторних умовах визначають забезпеченість різних ґрунтів основними елементами живлення на фоні різних попередників, обробітку ґрунту, систем удобрення тощо. Визначивши у рослинах вміст макро- та мікроелементів і знаючи масу рослин, на основі розрахунків можна одержати дані про винесення з ґрунту поживних елементів культурами. Визначення вологості ґрунту, наявності в ньому органів розмноження бур'янів, дослідження структури та інших фізико-хімічних властивостей ґрунту дає змогу мати дані про його окультуреність, придатність для вирощування сільськогосподарських культур. За допомогою пророщування посівного матеріалу у термостатах визначають лабораторну схожість насіння рослин.

Лабораторний метод дослідження супроводжує майже всі вегетаційні та польові досліді. Без лабораторних аналізів не можна обійтись при виборі земельних ділянок для польового досліді, його плануванні та проведенні.

Вегетаційний метод – дослідження рослин, які вирощуються в скляних будиночках в спеціальних посудинах при контрольованих умовах зовнішнього середовища строком від кількох днів до кількох місяців. Для багаторічних рослин такі дослідження можуть тривати протягом кількох років. Основна мета вегетаційного методу полягає у вивченні значення окремих факторів життя рослин, сутності процесів, що відбуваються у рослинах, ґрунті та у системі “ґрунт – рослина” для задоволення оптимальних потреб самої рослини.

Вегетаційний метод дає змогу підтримувати у межах запланованих дослідом різні умови середовища – вологість, забезпечення поживними речовинами, рН розчину, освітлення, температуру тощо.

Але цим методом не досліджується вплив окремих факторів, які вивчаються, на продуктивність рослин у мінливих природних умовах. Оскільки у вегетаційних дослідженнях умови середовища регулюються і не змінюються так, як у полі, то кількість вегетаційних періодів, тобто повторень досліджень у часі можна зменшити до мінімуму.

Дуже ефективним виявився вегетаційний метод для вивчення впливу різних зовнішніх факторів на мінеральне живлення рослин та обмін речовин у них, для дослідження залежності росту рослин від температури прикореневої зони і повітря. За допомогою вегетаційного методу вивчають роль води у живленні рослин, явище фотоперіодизму, інтенсивність освітлення, довготу світлового дня тощо. У вегетаційних будиночках можна порівнювати родючість різних ґрунтів і ефективність вирощування на них культур за однакових інших умов.

Основними недоліками вегетаційного методу є такі. У вегетаційних посудинах немає всіх шарів ґрунту, які є у полі, немає підґрунтя, що змінює гідрологічні умови дослідження. Часто у них поживним субстратом є пісок, вода, гравій тощо. Тому за цим методом не можна одержати відповіді на питання, як буде впливати фактор, що вивчається, на врожайність культур у польових умовах. Одним з недоліків є також значні матеріальні затрати на спорудження вегетаційних будиночків та їх обладнання. Проте вегетаційний метод дає змогу точніше моделювати різні умови середовища і виявляти кращі з них для сільськогосподарських рослин. Д. М. Прянишников писав, що вегетаційний метод більш точний, але менш реальний для безпосереднього впровадження його результатів у виробництво; польовий метод, навпаки, менш точний, але більш реальний. Тому ці методи і доповнюють один одного.

Лізиметричний метод – дослідження, які проводяться у стаціонарних дослідах з використанням лізиметрів, встановлених в ґрунті у полі просто неба в основному з метою вивчення балансу вологи і елементів живлення. У дні кожного лізиметра є отвір, через який збирають промивні води для їх хімічних аналізів.

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

завдання досліду лізиметри можуть бути зайняті рослинами або без рослин.

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

Хоч лізиметричні дослідження проводять у полі, умови їх не дуже близькі до польових. Для усунення цього недоліку використовують вегетаційно-польовий метод.

Веgetаційно-польовий метод – дослідження рослин безпосередньо у полі в металевих посудинах (у циліндрах) без дна. Це проміжний метод між вегетаційним і польовим. Ґрунт у циліндрах відгороджений від поля лише з боків, а знизу знаходиться у контакті з ґрунтом чи підґрунтям тієї площі, де проводиться дослід. Такі циліндри можна встановлювати безпосередньо у полях сівозмін, де вирощуються певні культури на різних агрофонах, на ґрунтах різного типу, на площі різної експозиції чи крутизни схилів тощо. Цей метод використовують для вивчення ефективності добрив, визначення родючості окремих генетичних горизонтів ґрунту, моделювання умов ґрунтового середовища. Для цього у циліндри залежно від варіантів досліду вносять різні елементи живлення в неоднакових дозах і співвідношеннях, створюють різну реакцію ґрунтового розчину, неоднаково ущільнюють ґрунт тощо. Разом з тим у циліндри можна висівати різні культури у чистому вигляді і в сумішках з неоднаковою нормою насіння і на різну глибину, з використанням підживлення рослин або без нього.

У процесі дослідження у ґрунт закопувають металеві циліндри висотою від 30 до 100 см так, щоб вони були вище поверхні ґрунту на 10 см. Повторність має бути, як мінімум, трикратною. У контрольних варіантах створюють такі умови, як і в полі, де установлюють металеві циліндри різної конструкції. Отже, в такому досліді вплив факторів вивчається в умовах, близьких до природних.

Польовий метод – це дослідження, яке проводиться в польових умовах на спеціально виділеній ділянці. Він є основним методом наукової агрономії, бо за його допомогою пов'язуються теоретичні дослідження з практикою. Саме на базі польового методу розробляються рекомендації щодо впровадження кращих агрозаходів, технологій і сортів в сільськогосподарське виробництво.

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

Майже всі наукові проблеми агрономічної науки вирішуються за допомогою польового методу досліджень. Наприклад, глибина, строки і способи обробітку ґрунту вивчаються безпосередньо у полі. Так вивчають і різні технології вирощування культур, структуру посівних площ, кращі попередники, способи і норми зрошення, заходи боротьби з водною та вітровою ерозією ґрунтів, ефективність органічних та мінеральних добрив, заходи меліорації ґрунтів, нові сорти, гібриди та ін.

Хоч польовий метод і є основним в науковій агрономії, його не можна протиставити іншим спеціальним та загальнонауковим методам. Ефективність польового методу значною мірою зростає, якщо він застосовується у відповідному поєднанні з іншими методами, вибір яких визначається програмою досліджень.

Експедиційний метод досліджень застосовується для вивчення і узагальнення агрономічних питань безпосередньо у виробництві шляхом обстежень полів і посівів культур, які на них вирощуються. Метою експедиційних обстежень є з'ясування причин вилягання хлібів і загибелі озимини та багаторічних трав; вивчення причин зниження врожаю або погіршення якості продукції; наявність у продукції вмісту пестицидів, радіонуклідів та нітратів, які перевищують гранично допустимі дози. При експедиційних дослідженнях виявляють також розповсюдження злісних і карантинних бур'янів, хвороб та шкідників сільськогосподарських культур.

Об'єктом досліджень при експедиційному методі може бути і сам ґрунт. Для його вивчення копають ґрунтові розрізи, описують їх, беруть зразки ґрунту для фізико-хімічних аналізів. За допомогою геологічних бурів визначають рівень залягання підґрунтових вод, що має велике значення для вивчення гідрологічних умов на полях.

Запитання для самоперевірки

1. Чим відрізняються загальнонаукові методи досліджень від спеціальних ?
2. Що являє собою гіпотеза і експеримент ?
3. Який із спеціальних методів найбільш поширений в агрономічних дослідженнях ?
4. Умови використання вегетаційного і лізіметричного методів ?

4. ВИМОГИ ДО ПЛАНУВАННЯ І ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДІВ

Найважливішими вимогами або принципами, що ставляться до дослідів, є: 1) дотримання принципу єдиної логічної відміни; 2) додержання правила доцільності; 3) типовість досліду; 4) придатність умов для проведення будь-якого досліду; 5) можливість відтворення результатів досліджень в ідентичних умовах; 6) можливість, при необхідності, вводити додаткові варіанти; 7) проведення досліджень на перспективних культурах і сортах; 8) наявність необхідної документації; 9) облік крім основних показників (урожайність та якість продукції) і супутніх; 10) необхідність супроводження дослідів основними статистичними показниками.

Принцип єдиної логічної відміни. За цим принципом (правилом) дослідник може змінювати лише той фактор, що вивчається, при суворій постійності решти всіх умов проведення досліду. Наприклад, при вивченні у досліді продуктивності посівів соняшника з густотою рослин на 1 га 30, 40, 50, 60 і 70 тис. штук за принципом єдиної логічної відміни варіанти між собою повинні відрізнятися лише густотою посівів, а всі інші елементи агротехніки (попередник, удобрення, обробіток ґрунту, строк, глибина і спосіб сівби, догляд за посівами, строки і способи збирання) повинні залишатись однаковими. Лише за таких умов можна вичленити вплив густоти посіву на їх продуктивність. Якщо вивчають удобрення культури гноєм в дозах 20, 30 і 40 т/га, то всі інші елементи агротехніки, сорти чи гібриди повинні бути однаковими.

Правило доцільності. Як відомо, серед сортів озимої пшениці та інших зернових колосових культур є стійкі і нестійкі до вилягання сорти. Перші не вилягають навіть на високих фонах, а другі – навпаки. І особливо це спостерігається в роки з великою кількістю атмосферних опадів під час колосіння рослин. Порівнювати такі сорти в однакових умовах родючості ґрунту недоцільно. Тому стійкі до вилягання сорти доцільно вивчати після кращих попередників і на високому азотному фоні. Нестійкі ж до вилягання сорти зернових колосових культур, щоб уникнути вилягання рослин, доцільніше вивчати на бідніших агрофонах.

Як відомо, різні сорти зернових колосових культур мають різну кущистість. Якщо при сортовивченні їх висівати однаковою нормою, то на час збирання врожаю посіви одних сортів можуть бути загущеними, а інші – дещо зрідженими. Тому частіше сорти з ви-

щим коефіцієнтом кушення потрібно висівати з меншою нормою, ніж сорти, які характеризуються нижчою кущистістю. Ці вимоги зумовлені правилом доцільності.

Відповідно до правила доцільності боротьбу з хворобами рослин проводять лише у посівах тих сортів чи в інших варіантах досліду, де поширені хвороби. Якщо серед певних сортів чи в окремих варіантах досліду хвороб немає, то застосування фунгіцидів недоцільне. Те ж саме стосується і строків основної обробки ґрунту для окремих культур після різних попередників. Не можна, наприклад, в один строк проводити перший обробіток ґрунту під озиму пшеницю після таких попередників, як озимі на зелений корм, горох на зерно та кукурудза на силос, які різко розрізняються строком збирання. Саме тому обробіток ґрунту щоразу доцільно проводити відразу після збирання врожаю кожного попередника, тобто в різні календарні строки.

Типовість досліду. Згідно цієї вимоги дослід необхідно проводити в таких умовах, які відповідають природній зоні і ґрунтам, сільськогосподарським культурам, сортам, рівню механізації, системі обробки ґрунту, організаційно-економічним умовам тощо.

Для кожної ґрунтово-кліматичної зони підбирають відповідні культури з певним їх співвідношенням у структурі посівних площ. Досліди проводять у типових сівозмінах, які прийняті для даної зони. Так, із багаторічних трав у Степу вирощують переважно люцерну чи еспарцет, а в Поліссі – конюшину; із технічних культур у Степу – соняшник, у Лісостепу – цукрові буряки, в Поліссі – льон.

Типовість сорту вимагає від дослідника використовувати у кожній ґрунтово-кліматичній зоні зареєстровані сорти чи гібриди. Проте, враховуючи періодичну заміну сортів і гібридів на нові більш перспективні, дослід варто закладати також і з ними, тому що через кілька років по закінченню досліджень вони можуть стати зареєстрованими.

Системи обробки ґрунту, удобрення, норми висіву, строки сівби та глибина загортання насіння і т.д., якщо вони і не є об'єктами досліджень, також повинні бути типовими для певної зони.

Як правило, досліді проводяться на типових і добре окультурених ґрунтах, які за площею найбільш поширені у даній зоні.

Типовими мусять бути також підґрунтя (материнська порода), рівень підґрунтових вод, рельєф тощо. У досліді слід використо-

увати сучасні ґрунтообробні машини, посівні та збиральні агрегати та інші знаряддя, які б відповідали високому рівню механізації всіх технологічних процесів.

Отже, типовість досліду – одна з основних його умов. Порушення правила типовості знецінює дослід і призводить до того, що його результати не можуть бути рекомендованими для виробництва.

Придатність умов для досліду. Пояснимо цю вимогу конкретним прикладом. Планується вивчати дози мінеральних добрив від 30 кг до 150 кг діючої речовини азоту, фосфору і калію на 1 га. На площі, яка виділена для досліду, за рік до його проведення були внесені азотно-фосфорно-калійні добрива із розрахунку 180 кг на 1 га кожного елемента. Чи придатна така площа для досліду? Звичайно непридатна, тому що на фоні високих попередніх доз добрив значно нижчі дози не можуть проявитись на рослинах у такій мірі, як це могло б бути на нижчому фоні удобрення.

Інший приклад. Підбирається земельна площа для досліду, де планується оцінити різну глибину основного обробітку ґрунту – від 18 см до 28 см. А площа, яку виділили для досліду, попередньо оранась на глибину 32 см. На фоні такої глибини оранки виявити ефективність значно меншої глибини буде неможливо, тому виділена земельна площа для даного досліду є непридатною.

Відтворення результатів досліду. За цією вимогою дослідник, повторюючи дослід на певну тему за аналогічною схемою і методикою і в ідентичних умовах, мусить отримати результати, аналогічні тим, які були одержані у попередньому досліді. Таке відтворення результатів надзвичайно важливе насамперед для перевірки достовірності одержаних раніше даних.

Щоб дослід можна було відтворити в аналогічних умовах, дослідник мусить детально описувати всі необхідні умови проведення досліду. Такими умовами є: місце проведення досліду (населений пункт, район, область); ґрунтові умови (тип ґрунту, його гранулометричний склад, хімічні властивості, рівень підґрунтових вод, експозиція та крутизна схилу); попередники та передпопередники; дослідна культура та сорти чи гібриди; коротка характеристика агротехніки; назва машин та знарядь механізації тощо; специфічні умови проведення досліду, схема досліду, розмір дослідної ділянки і ширина захисних смуг, повторність, метод розміщення варіантів, методика обліків і спостережень, строки виконання польових робіт тощо.

Можливість введення додаткових дослідних і контрольних варіантів. Схему досліду треба складати так, щоб при необхідності можна було в неї ввести додатковий варіант, що зацікавив дослідника в процесі проведення досліджень. В першу чергу це стосується схем стаціонарних дослідів, в яких завжди повинен бути резервний варіант, який являє собою ділянку, де вирощується піддослідна культура на фоні рекомендованої для неї агротехніки. Наприклад, якщо додатково до раніш розробленої схеми досліду з глибинами обробітку ґрунту виникла необхідність вивчити реакцію даної культури на плантажну оранку, то дослідник надалі такий обробіток зможе вивчати на ділянках резервного варіанту.

Вивчаючи позакореневе підживлення рідкими добривами додатково до контрольного варіанту без підживлення у схему досліду треба включити варіант з чистою водою (щоб виявити дію самого добрива).

Крім того, слід відповісти на таке питання: чи у всіх дослідах з добривами треба мати абсолютний контроль без добрив? Наприклад, якщо вивчають дози добрив або співвідношення елементів живлення у них, то за контроль, як правило, беруть один з варіантів, який у господарстві, де буде проведений дослід, до цього був найефективнішим. Зрозуміло, що варіант без добрив не завжди буде ефективним. Проте є дослід з добривами, де абсолютний контроль буде обов'язковим. Такими є дослід з добривами, де абсолютний контроль буде обов'язковим. Такими є дослід з добривами, де абсолютний контроль буде обов'язковим. Такими є дослід з добривами, де абсолютний контроль буде обов'язковим.

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

Проведення досліджень на перспективних сортах чи гібридах. Всі дослідження рекомендується проводити, як правило, з реєстрованими сортами і гібридами для певної ґрунтово-кліматичної зони і навіть для певних умов господарств з врахуванням попередників, рівня родючості ґрунту тощо. Враховуючи необхідність проведення досліджень у різні за погодними умовами роки, їх тривалість може становити 3-5 років, а в дослід з багатопільними сівозмінами мінімальна кількість років дорівнює числу полів у сівозміні. За такий тривалий період досліджень постійно треба оновлювати сортовий склад культур з використанням перспективних

сортів чи гібридів, щоб виробництво було зацікавлене в наукових рекомендаціях.

Ретельне ведення документації досліду. Вся документація ведеться з дотриманням таких правил: своєчасність ведення записів, повнота відомостей про дослід, однотиповість записів, достовірність даних. Всю наукову документацію можна поділити на первинну і додаткову. До первинної належать: щоденник науковця, головна книга досліду і звіт за науково-дослідну роботу. Додатковою документацією є лабораторний журнал, робочий зошит, таблиці різних форм з результатами аналізів, стрічки приладів-самописців тощо.

Необхідність обліку супутніх показників. Облік основних показників в дослідженнях з сільськогосподарськими культурами – врожайність та якість продукції – дозволяє виявити кращі та гірші варіанти досліду, тобто підвищення або зниження врожаю і його якості у порівнянні з контролем. Проте у дослідах постає питання про причини такого підвищення чи зниження, що є більш складним завданням і без супутніх досліджень вирішити його майже неможливо. Ось чому необхідно проводити одночасно з основними і супутні обліки та спостереження у дослідах.

Досліджуючи питання про норми, дози, строки і способи внесення добрив, співвідношення у них елементів живлення, види та форми добрив, крім основних показників ефективності слід вивчати вміст елементів живлення у ґрунті, їх форми та доступність для дослідної культури, вміст поживних речовин в основній продукції та в інших органах рослин.

У дослідах з вивчення попередників під конкретні культури беруть до уваги забур'яненість посівів, засміченість ґрунту органами розмноження бур'янів на різній глибині орного шару, поширення хвороб, пошкодження рослин шкідниками, вологість ґрунту, його поживний режим тощо.

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

При вивченні строків, способів і глибини обробітку ґрунту, крім

урожайності, структури врожаю і якості продукції, беруть до уваги такі супутні показники, як вологість ґрунту, його водопроникність, щільність тощо.

Досліджуючи сорти, проводять фенологічні спостереження і обліковують такі показники: стійкість проти вилягання, осипання, здатність зерна до вимолочування, ураження хворобами, пошкодження шкідниками, посухо-, морозо- та зимостійкість озимих тощо.

Без обліку супутніх показників дослідження не можна вважати повноцінними, бо без них не можна виявити причинності результатів тих чи інших агротехнічних заходів або сортів.

Необхідність визначення достовірності і точності досліду та істотності різниць.

Достовірність досліду встановлюється шляхом порівняння розрахункового критерію Фішера з теоретичним. Якщо розрахунковий критерій є більшим за теоретичний, то робиться висновок про статистичну достовірність всього досліду. Це означає, що між середніми арифметичними окремих варіантів досліду є істотна різниця. Для виділення таких варіантів розраховують найменшу істотну різницю (НІР). Якщо різниця між середніми арифметичними окремих варіантів буде рівною або більшою за значення НІР, то роблять висновок про істотність різниць на певних рівнях довірливої імовірності.

Точність досліду є одним з основних показників якості дослідної роботи, який розраховується на основі значень відносних похибок у дослідях.

Запитання для самоперевірки

- 1. Які вимоги ставляться до досліду?**
- 2. Як розуміти принцип єдиної логічної відміни ?**
- 3. Що являє собою правило доцільності ?**

5. ВИДИ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДІВ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Польовий дослід – це дослідження, яке проводиться в польових умовах на спеціально виділеній ділянці не менше трьох років з обов'язковим обліком урожаю.

5.1. Класифікація польових дослідів

Серед польових агрономічних дослідів виділяють дві основні групи – агротехнічні та сортовипробувальні дослідів.

Польові агротехнічні дослідів класифікуються для зручності так (рис. 2): 1) за місцем проведення; 2) за тривалістю; 3) за кількістю факторів; 4) за географічним охопленням об'єктів досліджень.

Дослідів за місцем проведення. Серед них виділяють ті, що проводяться в наукових установах або в навчальних закладах, та дослідів у виробництві.

Дослідів в наукових установах або в навчальних закладах поділяють на дрібноділянкові, лабораторно-польові і крупноділянкові, а дослідів у виробництві – на дослідів-проби, точні порівняльні дослідів, з оцінки ефективності нових агрозаходів, демонстраційні та виробничі.

Дрібноділянкові дослідів проводять на дослідних ділянках, розмір котрих становить до 10 м², *лабораторно-польові* – на ділянках площею 11–50 м² і *крупноділянкові* – на ділянках розміром більше 50 м².

Дослідів-проби проводять на виробничих посівах, де виділяють смуги шириною на один прохід жатки або комбайна, а довжиною – в 5–10 разів більшою за ширину.

У *точних порівняльних дослідях* ширину ділянки з культурами звичайного рядкового способу сівби установлюють в межах 8–16 метрів, а з просапними — 5–10 м. Загальна площа дослідної ділянки складає 500–2000 м². Тут користуються правилом, щоб ширина ділянки була кратною ширині ґрунтообробних, посівних або збиральних агрегатів і щоб найбільш трудомісткі процеси виконувались механізовано.

Для дослідів по *оцінці ефективності нових агрозаходів* у виробництві виділяють контрольні смуги, ширина котрих мусить відповідати ширині збирального агрегату, а довжина цих смуг – довжині гонів. Загальна площа цих смуг може бути до трьох гектарів.

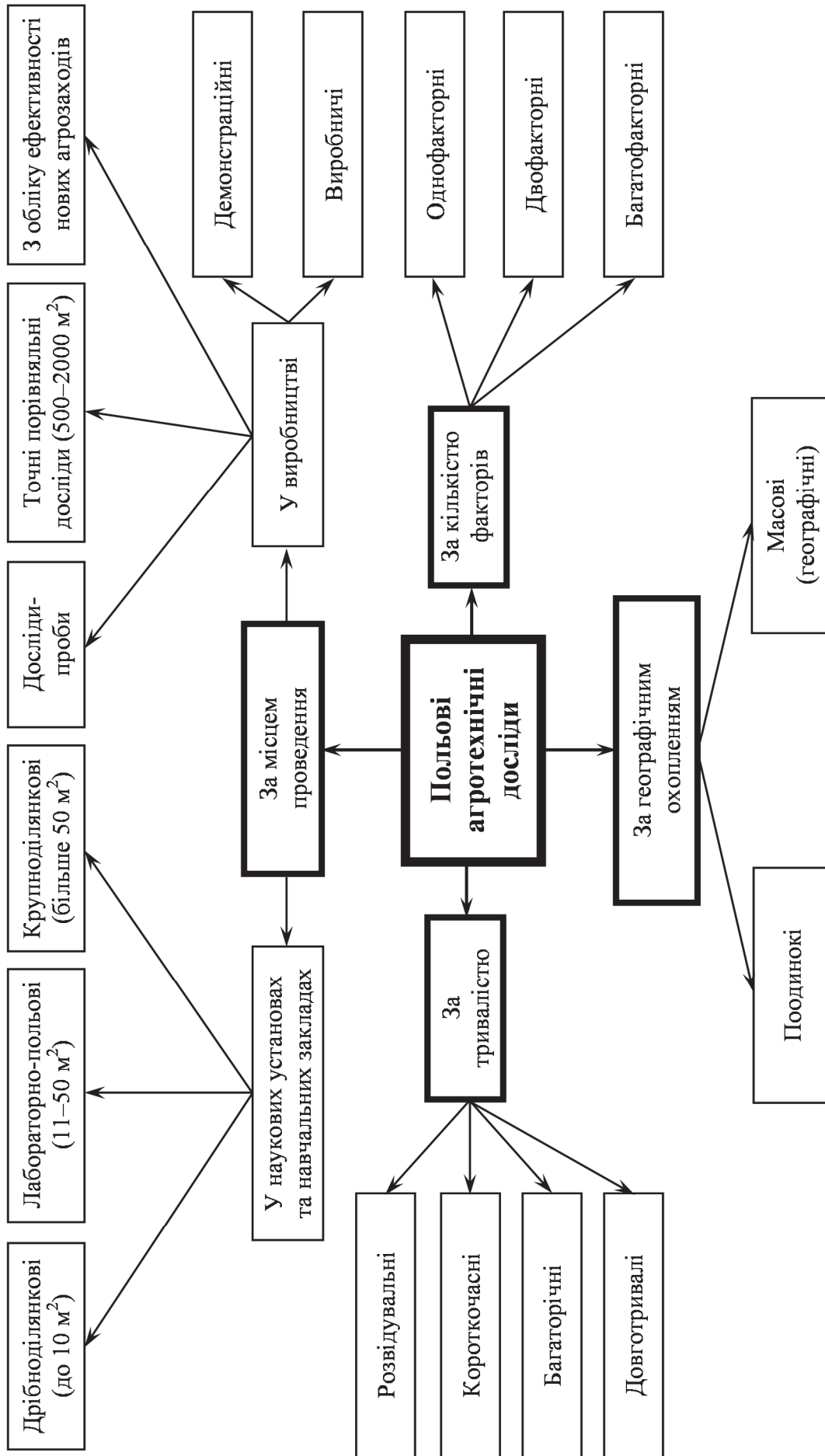


Рис. 2. Класифікація польових агротехнічних дослідів

Демонстраційні дослід мають площу дослідних ділянок у двічі більшу, ніж крупноділянкових дослідів в наукових установах, тобто 200–400 м², що також необхідно для максимальної механізації виробничих процесів.

Виробничі дослід на відміну від вище описаних дослідів можуть проводитись на площі цілих сівозмін, рільничих бригад, окремих господарств і навіть цілого адміністративного району.

Польові дослід **за тривалістю** їх проведення поділяються на розвідувальні, короткочасні, багаторічні і довготривалі.

Розвідувальні або тимчасові дослід проводяться протягом 1–2 років з метою виявлення тих агрозаходів чи сортів рослин, котрі потрібно взяти для подальшого вивчення. Ось чому їх називають розвідувальними.

Короткочасні дослід проводяться протягом 3–10 років. Короткочасними є більшість дослідів, що їх проводять студенти та аспіранти для підготовки дипломних і дисертаційних робіт.

Багаторічні дослід проводяться 11–50 років і виключно в наукових установах чи вищих навчальних закладах в умовах стаціонару.

Довготривалі дослід – це такі, що ведуться в тих же умовах понад 50 років.

За кількістю факторів, що вивчаються (фактором є або елемент агротехніки, або сорти чи інші заходи, якими дослідник діє на рослини чи ґрунтове середовище), польові дослід бувають *однофакторні, двофакторні і багатфакторні*.

Дослід **за географічним охопленням** наукових установ, де вони проводяться, поділяються на масові (або географічні) і поодинокі. *Масові (географічні)* дослід проводяться в різних ґрунтово-кліматичних зонах за єдиною схемою і методикою, що розробляються координаційним науковим центром, який керує дослідженнями, приймає звіти, узагальнює результати і розробляє рекомендації. *Поодинокі* дослід можуть проводитись також у різних місцях, але не за єдиною схемою дослідів, а за тією, що складають окремі дослідники або їх групи без координації з єдиним центром. Безумовно, що більш цінними є географічні дослід, котрі дають можливість узагальнювати їх результати в межах району, області, ґрунтово-кліматичної зони і навіть всієї держави.

5.2. Використання різних польових дослідів

5.2.1. Агротехнічні досліді

Дрібноділянкові досліді використовують для першого етапу досліджень. У цих дослідіах починають перевіряти якийсь зовсім новий агрозахід, який може згубно позначитись на посіві, тому для запобігання великих збитків площі ділянок бажано зводити до мінімуму. Співвідношення сторін дослідних ділянок може бути 1×2 , 1×4 , 2×2 , 2×4 , 2×5 метрів. Оскільки їх розмір обмежений, то захисні смуги на них не виділяються. Повторність у дрібноділянкових дослідіах може зростати до шести–восьми. Тут користуються правилом – чим менша площа дослідної ділянки, тим більшу повторність планують у досліді.

Лабораторно-польові досліді – це перший або другий етап у польових дослідіах. Виявивши кращі варіанти із схеми дрібноділянкового дослідіа, дослідник перевіряє їх далі у лабораторно-польових дослідіах. Основна мета лабораторно-польових дослідіів – виявити взаємозв'язок між рослиною і середовищем. Тому характерною рисою цих дослідіень є те, що в них, крім багаточисельних обліків і спостережень у полі, проводяться також різні лабораторні дослідіа – аналізи рослин і ґрунту. Саме ці аналізи дають підставу повніше виявити зв'язки між дослідними рослинами та умовами їх вирощування. Оскільки ділянки в таких дослідіах відносно невеликі за розміром, то кількість повторень є п'яти–шестикратною.

Крупноділянкові польові досліді. Основне їх завдання полягає у вивченні дії факторів життя і заходів агротехніки на формування врожаю. Головним тут є не лише виявлення кращих варіантів, а й вивчення причин підвищення чи зниження врожаю та його якості залежно від умов вирощування. Такі польові дослідіа хоч і проводяться в наукових установах та навчальних закладах, але в умовах, наближених до виробничих, з максимально можливою механізацією технологічних процесів. Тому площі дослідних ділянок, їх захисні смуги мусять бути такими, щоб мати можливість використовувати необхідні сільськогосподарські машини та знаряддя. Для культур з малою площею живлення рослин (з вузькорядним та звичайним рядковим способом сівби) користуються ділянками $50\text{--}100\text{ м}^2$, а для більшості просапних культур площа ділянки зрос-

тає до 200 м² і більше. Повторність у цих дослідях, як правило, тричотирикратна, хоча може бути і більшою, якщо родючість ґрунту на досліді сильно варіює.

Досліди-проби проводяться безпосередньо в умовах виробництва з метою вдосконалення існуючих у регіоні технологій вирощування тих чи інших культур. Прикладом необхідності проведення дослідів-проб може бути наступне. Обстежуючи посіви озимої пшениці, агроном помітив, що на одному із полів рослини мають не зелений колір, а жовтуватий, що може свідчити про недостатній рівень азотного живлення. Для достовірності цього припущення на даному полі смугами певної ширини, кратній ширині захвату агрегату, проводять підживлення рослин азотом. Якщо рослини змінили колір із жовтуватого на темно-зелений, то припущення було вірним і за аналогічних умов на наступний рік таке підживлення проводять вже на всьому полі. Кращі варіанти дослідів-проб можна вивчити більш досконало у точних порівняльних дослідях.

Точні порівняльні досліді проводяться у відповідності з методикою польових дослідів. Проте розміри дослідних ділянок тут значно більші, що дає змогу забезпечити повну механізацію всіх агротехнічних процесів. Ці досліді закладають з метою розробки диференційованої агротехніки, випробування нових технологій, що рекомендовані науковими установами чи навчальними закладами. Основна увага тут приділяється обліку врожаю та визначенню його якості, а інші обліки і спостереження зведені до мінімуму. У точних порівняльних дослідях вивчають біля чотирьох кращих варіантів і не менше як у три – чотирикратній повторності.

Досліди для оцінки господарської ефективності нових агрозаходів або технологій використовують з метою перевірки у виробництві рекомендацій наукових установ з врахуванням ґрунтового середовища, культури землеробства, рівня механізації тощо. Для цього на полі, де впроваджують новий агрозахід чи нову технологію, у різних місцях виділяють три-чотири контрольні смуги шириною, кратною ширині збирального агрегату. Ці смуги, що являють собою повторення, повинні охопити різноманітність родючості ґрунту всього поля. На контрольних смугах новий агрозахід чи нова технологія не застосовуються. Поруч з кожною контрольною смугою виділяються дослідні смуги, де застосовують той агрозахід чи ту технологію, господарську ефективність яких досліджують. Розміри контрольних і дослідних смуг повинні бути однакової ширини і

довжини, щоб можна було об'єктивно оцінювати рівень врожаю і затрати на його вирощування.

Демонстраційні досліді проводяться з метою пропаганди досягнень науки та передового досвіду. Ці досліді ще називають показовими. Тому їх закладають у передових господарствах, щоб наочно показати переваги нових технологій або сортів чи гібридів у конкретних умовах регіону.

Виробничі досліді – це комплексне науково обґрунтоване дослідження, метою якого є вивчення не окремих елементів агротехніки, а цілих систем, технологій чи організаційно-господарських заходів. Такі досліді проводять на території цілих бригад, окремих господарств і навіть груп господарств. Звідси і мета виробничих дослідів значно ширша, ніж будь-яких інших, що проводяться лише в умовах одного конкретного господарства.

5.2.2. Досліді із сортовипробування

Сортовипробування – це вивчення і оцінка сортів та гібридів сільськогосподарських культур порівняно із стандартом (контрольним сортом чи гібридом). Розрізняють станційне та державне сортовипробування.

Станційне сортовипробування здійснюють у тих селекційно-дослідних установах чи вузах, де виведені нові сорти чи гібриди. Мета станційного випробування – вивчення та відбір кращих сортів чи гібридів для передачі їх у державне сортовипробування.

Державне сортовипробування проводять на державних сортовипробувальних станціях та сортодільницях. Тут об'єктивно і точно оцінюють не лише селекційні, а й місцеві та поліпшені сорти і гібриди. Мета державного випробування полягає у виявленні найбільш урожайних та цінних сортів (гібридів), пристосованих до місцевих умов і придатних для сортового районування. Якість продукції оцінюють у сертифікованих лабораторіях, де є спеціальні прилади.

Державне сортовипробування ведуть за двома типами: конкурсне і з експертизою на ВОС (відмітність, однорідність, стабільність).

Конкурсне сортовипробування проводять на державних сортовипробувальних станціях та сортодільницях для оцінки на господарську придатність за розширеною програмою протягом 2–3 років. Тут з максимальною точністю порівнюють сорти і гібриди за їх

урожайністю, тривалістю вегетації, зимостійкістю, посухостійкістю, схильністю до полягання та осипання, стійкістю до хвороб та шкідників, придатністю для механізованого збирання та іншими важливими показниками. Головна мета конкурсного випробування – рекомендувати кращі сорти чи гібриди для виробництва у конкретних регіонах.

Оцінка нових сортів і гібридів на ВОС – випробування сортів рослин на патентоспроможність згідно рекомендацій Міжнародного союзу з охорони нових сортів рослин, видачу патенту на сорт.

Державне сортовипробування на всіх сортовипробувальних станціях і сортодільницях проводять за єдиною методикою, затвердженою Державною службою з охорони прав на сорти рослин.

Основними науково-виробничими одиницями сортовипробування є сортовипробувальні станції та сортодільниці, їх організовують на базі господарств виробництва, наукових установ. Всі вони об'єднані в єдину систему під керівництвом Державної служби з охорони прав на сорти рослин.

На більшості сортовипробувальних станцій вивчають також сортову агротехніку – норми висіву, строки і способи сівби тощо.

Державні сортовипробувальні станції можуть бути комплексними, де вивчають різні культури, вирощувані в зоні обслуговування, і спеціалізовані. Останні досліджують певні групи культур – зернові, технічні, кормові – і обслуговують не одну, а кілька ґрунтово-кліматичних зон.

Запитання для самоперевірки

- 1. Що називається польовим дослідом ?**
- 2. Як класифікуються польові досліді ?**
- 3. Що являють собою тимчасові і стаціонарні досліді ?**

6. ДОСЛІДИ, ЩО ПРОВОДЯТЬСЯ У ШТУЧНИХ УМОВАХ

В умовах закритого ґрунту закладаються вегетаційні досліди та досліди у теплицях і фітотронах.

Вегетаційні досліди проводять у посудинах, розміщених у вегетаційних будиночках. Посудина, у якій вирощують рослини, може бути скляною, металевою, глиняною, дерев'яною. Як поживний субстрат найчастіше застосовують ґрунт, зрідка – пісок, воду, гравій. Залежно від поживного субстрату розрізняють ґрунтові, піщані, водні та водно-гравійні культури. Основна мета вегетаційних дослідів – кількісна оцінка дії та взаємодії факторів життя для рослин у контрольованих умовах середовища. Тут можна дозувати і контролювати майже всі режими – поживний, водний, повітряний, температурний і світловий. У вегетаційних дослідах можна вивчати родючість ґрунтів, окремих їх шарів та підґрунтя, ефективність різних норм та доз добрив і співвідношення в них елементів живлення тощо. Піщані та водні культури використовують для виявлення симптомів нестачі тих чи інших елементів мінерального живлення рослин. Для цього з поживної суміші видаляють певний поживний елемент, спричинюючи його нестачу у рослин і фотографуючи чи замальовуючи зовнішній стан рослин. Всі вегетаційні досліди ведуть протягом вегетації, звідси і їх назва. Оскільки вегетаційні будиночки у холодний період року не опалюють, то в цей період досліди не проводять.

Досліди у теплицях можна проводити протягом року як з листопадними, так і з вічнозеленими рослинами. У теплицях можна регулювати температуру, вологість повітря і освітлення, використовуючи спеціальні лампи. Тому тематика досліджень у теплицях значно ширша, ніж вегетаційних дослідів. Рослини можна вирощувати у вегетаційних посудинах і коробах, а також на грядках, виділяючи для кожного дослідів частину теплиці з однаковими умовами температури, освітлення тощо.

Досліди у фітотронах. Фітотрон – це камера або їх комплекс для вирощування рослин у регульованих штучних умовах. У цих дослідах можна: 1) вивчати процеси життя рослин залежно від освітлення, довготи дня, вологості ґрунту, температури ґрунту і повітря тощо; 2) визначати оптимальні умови для росту та розвитку рослин; 3) виявляти пристосованість рослин до несприятливих умов середовища, 4) виявляти стійкість рослин різних сортів і гібридів до

збудників хвороб та до шкідників; 5) створювати екстремальні умови для рослин (заморозки, суховії, ґрунтові посухи та ін.); 6) вирощувати кілька врожаїв за один рік, прискорюючи селекційний процес.

Найпростішим фітотроном є вегетаційна шафа – маленька камера площею близько 1 м². Догляд за рослинами тут здійснюють через спеціальний люк у бічній стінці. Іншим типом фітотрона є вегетаційна камера – кімната площею близько 5 м². Рослини вирощують тут на стелажах, у кімнату можна входити для догляду за ними. Найбільш досконалим фітотроном є станція штучного клімату – комплекс стаціонарних камер, розміщених в окремому приміщенні. У них можна імітувати різні погодні умови, які плануються дослідником і регулюються автоматично.

Лізиметричні дослідження є проміжними між польовими і дослідженнями, що проводять у штучних умовах. В них вивчають рух води у ґрунті, її баланс, переміщення поживних речовин та їх вимивання.

Однією з різновидностей проміжних дослідів є також *вегетаційно-польові* – для них використовують у полі металеві циліндри, у яких ґрунт відокремлюється лише з боків, а знизу він безпосередньо контактує з ґрунтом поля.

7. УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДІВ

Більшість дослідів, які проводять у землеробстві, є польовими. Основні умови проведення дослідів – клімат, погодні умови і ґрунт – можуть змінюватися у часі і просторі. Різний клімат у Степу, Лісостепу і Поліссі зумовлює вибір не тільки культур у досліді, а й їх сортів. Найбільш мінливими є погодні умови, елементи яких (атмосферні опади, температура і вологість повітря, кількість сонячних і похмурих днів, сила вітру та ін.) значною мірою змінюються у просторі. Якщо дослід займає велику площу, трапляється, що дощ проходить смугою, випадаючи лише на частині площі. Це звичайно ускладнює порівняння варіантів і призводить до зниження достовірності дослідів. Навіть на невеликих схилах температура і вологість повітря на всій довжині схилу ніколи не буває однаковою, що призводить до того, що досліджувана культура перебуває в різних погодних умовах навіть у межах одного невеликого за розмірами дослідів.

Значні коливання погоди спостерігаються і у часі, що також може відбитись на рослині незалежно від фактору, який вивчається.

Результати досліджень свідчать, що при статистичній обробці дані за окремі роки не можна використовувати як повторність, бо це призведе до значного збільшення похибки досліду і зниження істотності різниць між варіантами.

Різними врожайями виносяться з ґрунту неоднакова кількість поживних елементів, що впливає на варіювання родючості ґрунту по роках. Зміна родючості ґрунту залежить також від кількості рослинних решток, які залишаються після збирання врожаю різних культур.

Якщо рівень урожайності культури, вирощеної на одному фоні, але в різних місцях поля, не можна показати прямою лінією, то це свідчить про випадкове варіювання родючості ґрунту на дослідному масиві (рис. 3).

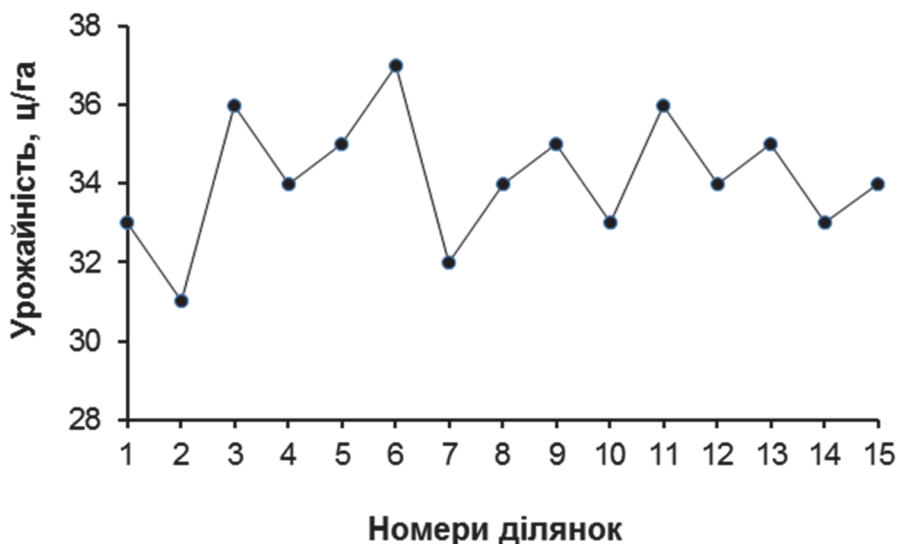


Рис. 3. Випадкове варіювання урожайності сої в просторі

Коли ж урожайність даної культури на одному і тому ж фоні від одного краю поля до іншого поступово зростає (чи зменшується), то це вказує на присутність на полі закономірного варіювання родючості ґрунту (рис. 4).

Разом з тим на земельному масиві одночасно може проявлятися закономірне варіювання і випадкове, складаючи в сумі загальне варіювання. Якщо на закономірне варіювання припадає близько 66%, то це треба враховувати при плануванні розміщення варіантів в досліді. Помилки, пов'язані з випадковим варіюванням, зменшуються обернено пропорційно \sqrt{n} . А звідси точність дослідів можна підвищити за рахунок збільшення повторностей до оптимальної кількості. Проте навіть при підвищеній повторності точність поль-

ових дослідів на один порядок нижча, ніж лабораторних через значне варіювання родючості ґрунту.

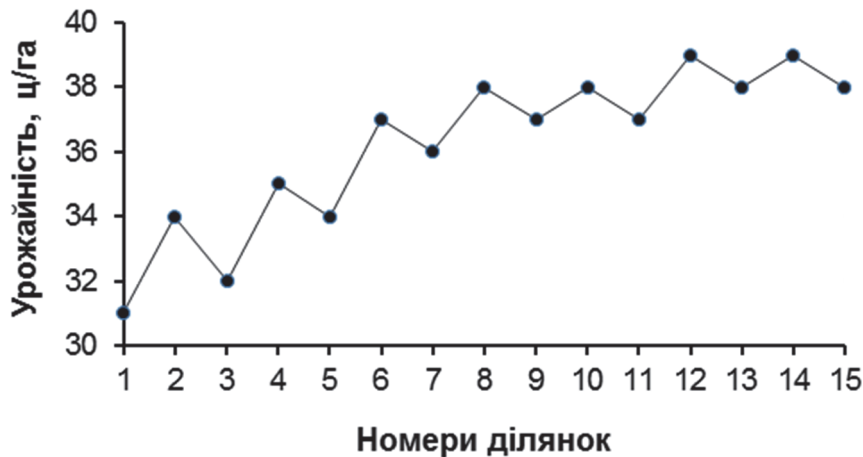


Рис. 4. Закономірне варіювання врожайності сої в просторі

Основними причинами варіювання родючості ґрунту на земельному масиві можуть бути такі: 1) неоднакова вологість на різних частинах схилу; 2) нерівномірне внесення органічних та мінеральних добрив; 3) неоднорідна зміна фізичних властивостей ґрунту при місцевому його ущільненні важкими машинами і знаряддями; 4) різні забур'яненість посівів і засміченість ґрунту насінням бур'янів тощо.

Для підвищення достовірності дослідів треба забезпечити мінімальне варіювання родючості ґрунту, щоб запобігти тим похибкам, які можуть виникати у дослідженнях. Розрізняють три види похибок – систематичні, грубі і випадкові.

Систематичні похибки завищують або занижують результати досліджень під дією певних факторів. Такими факторами є закономірна зміна родючості ґрунту, не відрегульовані прилади. Систематичні похибки не можуть взаємно компенсуватися і впливають на точність визначення середніх арифметичних. Зменшити кількість цих похибок можна правильним плануванням розміщення повторень в досліді та використанням справних приладів.

Грубі похибки – це прорахунки у процесі роботи. Наприклад, при зважуванні врожаю з окремої ділянки неправильно записали його масу або відліки на шкалі приладів, хоч самі прилади були справними. Прикладом грубих похибок можуть бути ситуації, коли помиляються з нумерацією ділянок, двічі вносять добрива на одну і ту саму ділянку, не на заплановану глибину проводять оранку тощо. Якщо допускаються таких похибок, доводиться бракувати окремі ділянки, повторення, а то і весь дослід.

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

Щоб похибок було менше, треба заздалегідь вдумливо аналізувати всі умови досліді, беручи до уваги відомі і незаперечні закономірності та положення методики дослідної справи.

8. ВИБІР І ПІДГОТОВКА ЗЕМЕЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ ПІД ДОСЛІД

Перед вибором земельної площі для досліді визначають її розміри арифметичним розрахунком. Згідно з завданням і видом досліді попередньо визначають загальний розмір і форму дослідної ділянки. Наприклад, вона повинна мати форму 4 x 25 м, а площа її становити 100 м². У досліді планується шість варіантів і чотири повторності із загальною кількістю ділянок $6 \times 4 = 24$. Ці 24 ділянки займатимуть площу $100 \times 24 = 2400$ м², а з урахуванням доріг і захисних смуг навколо досліді загальна площа повинна бути значно більшою.

Вибираючи земельну площу, проводять її ґрунтово-біологічне обстеження, вивчають історію поля, рослинний покрив, рельєф та мікрорельєф місцевості.

8.1. Ґрунтово-біологічне обстеження земельної площі

При виборі площі для досліді виходять з програми досліджень і комплексу природних умов та біологічних потреб рослин. Рельєф, крутизна схилу, його експозиція, ґрунт, підґрунтя та рівень залягання підґрунтових вод у досліді мають бути ідентичними тим умовам, у яких переважно вирощують досліджувану культуру в конкретній

грунтово-кліматичній зоні, області чи районі. У досліді потрібно додержуватись виробничої типовості досліду, орієнтуючись на кращі господарства з передовою агротехнікою.

Для певних культур у першу чергу підбирають відповідні попередники. Так, для пшениці озимої у центральному Лісостепу планують використання таких попередників, як багаторічні трави чи інші парозаймаючі культури, горох, кукурудза на силос тощо, у Степу додатковим попередником дослідної культури може бути чистий пар, а в Поліссі – льон і картопля. Дослід з цукровими буряками, кукурудзою і соняшником закладають на полях, де попередньо, як правило, вирощували озиму пшеницю.

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

Перед закладанням стаціонарних дослідів проводять детальне обстеження площі, метою якого є всебічна характеристика ґрунту. Для вивчення ґрунтових профілів роблять розрізи на глибину 1,5–2 м по діагоналі поля, крайні – на межі дослідної площі, а середні – на майбутніх дорогах або захисних смугах. Між розрізами роблять ще прикопки на глибину 40–60 см і складають ґрунтову карту масштабом 1:5000. У кожному розрізі та прикопці відбирають зразки ґрунту для визначення агрофізичних і агрохімічних показників родючості.

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

У межах досліду допустимими ґрунтовими відмінами для підзолистих ґрунтів є середньо – і слабопідзолені, проте на кожній з них треба розміщувати окремі повторення. Не можна закладати досліди на заболочених ґрунтах у Поліссі та засолених у Степу, якщо заболоченість і засоленість не вивчають.

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

Особливу увагу треба приділяти виявленню факторів, які сильно впливають на зміну родючості ґрунту: проведення на частині площі вапнування ґрунту високими дозами; внесення фосфоритного бо-

рошна чи інших мінеральних та органічних добрив у великих дозах або систематичне кілька років підряд вирощування багаторічних трав. Післядія багатьох із цих факторів триває протягом 2–3 років, а вапнування ґрунту – до 10 років. Якщо закладання дослідів не можна відкласти на кілька років, щоб вирівняти ґрунт на всьому масиві за родючістю, то цю площу треба бракувати і підбирати іншу.

При вивченні історії полів звертають увагу також на ступінь окультурення ґрунту – глибину орного шару, родючість, рН ґрунтового розчину, наявність насіння бур'янів тощо. Сильне забур'янення, зокрема такими злісними бур'янами, як коренепаросткові і кореневищні, свідчить про низьку культуру землеробства. Без попереднього знищення цих бур'янів закладати дослід на такій площі не можна.

З книги історії полів довідуються, де, коли, які і якими нормами вносили добрива, зокрема органічні, які значною мірою впливають на зміну родючості ґрунту. Норми добрив, їх форми, строки і способи внесення у попередні роки повинні бути однаковими на всій площі майбутнього дослідів. Однаковим має бути і обробіток ґрунту на полях.

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

Вивчення рослинного покриву. Висока врожайність попередніх культур свідчить про високу родючість ґрунту, його окультуреність та придатність для дослідів. Звертають увагу і на наявність у посівах рослин-індикаторів – хвоща польового і щавлю, які свідчать про високу кислотність ґрунтів, та полину гіркою і кураю, які вказують на засоленість ґрунту.

Вивчення рельєфу та мікрорельєфу. Рельєф ділянки повинен бути типовим для району досліджень і в більшості випадків рівнинним, тому що навіть на схилах крутизною до 2° експозиція може впливати на ріст і врожайність досліджуваних рослин перш за все через неоднакову температуру в різних місцях дослідів. Так, різниця між прямою сонячною радіацією, яка надходить на південні та північні схили, досягає 30% навесні і 40% восени. За період вегетації на південних пологих схилах сума температур на 120°, а на крутих – на 300° більша, ніж на рівних площах. Крім того, тривалість безморозного періоду на південних схилах збільшується на 30 днів.

Щоб забезпечити однакові умови для рослин у межах одного досліду, важливо вибрати для досліду ділянку з однаковими рельєфом та експозицією схилу.

Навіть на невеликих схилах треба передбачати і організовувати протиерозійні заходи з тим, щоб не втрачався верхній родючий шар ґрунту на ділянках і не замулювалися дослідні ділянки під впливом талих або зливових вод. Особливу увагу треба приділяти цьому в дослідях з добривами (вони не повинні переміщуватися на інші ділянки при атмосферних опадах або під час зрошення).

Оскільки на результат досліду може впливати не лише рельєф, а й мікрорельєф (горбки, блюдця, канавки, рівчачки), то площу до закладки досліду треба ретельно вирівняти.

8.2. Вибір ґрунтів для окремих дослідних культур

Як правило, досліді треба проводити на ґрунтах, які є найпоширенішими у певній ґрунтово-кліматичній зоні.

Для *пшениці* підбирають найбільш родючі ґрунти із сприятливими фізичними та хімічними властивостями. Реакція ґрунтового розчину має бути нейтральною або близькою до неї (рН 6,0– 7,5). Такі властивості мають чорноземи. На півдні України для досліджень з пшеницею придатні і темно каштанові ґрунти.

Цукрові буряки дуже вимогливі до родючості ґрунту, тому для них підбирають чорноземи глибокі малогумусні опідзолені та лучні. Залежно від зони, цукрові буряки можна вирощувати також на темно-сірих опідзолених і дерноволучних ґрунтах. Гіршими є сірі та світло-сірі опідзолені ґрунти, але якщо вони поширені у зоні, то і на них закладають дослід. За гранулометричним складом для цукрових буряків найбільш придатними є суглинкові ґрунти.

Кукурудзу можна вирощувати на більшості ґрунтів, які придатні для польових культур. Найкращими для неї є ґрунти з глибоким гумусовим шаром та високою вологоємністю – чорноземні, темно-каштанові та темно-сірі легкосуглинкові. Непридатні для кукурудзи заболочені ґрунти.

Для *соняшнику* підбирають вилугувані, глибокі та звичайні південні чорноземи, а також каштанові ґрунти. Малопродатними є важкі глинисті ґрунти, схильні до заболочування, а також піщані, кислі і дуже засолені ґрунти.

Картопля добре росте на ґрунтах з високою повітропроникністю. Тому для досліду підбирають супіщані, суглинкові ґрунти,

легкі чорноземи. Можна використовувати для дослідів і легкі піщані ґрунти, але з обов'язковим внесенням високих доз органічних добрив. Малопродатними є важкі глинисті ґрунти, зокрема з близьким заляганням підґрунтових вод.

Для *гороху*, який є вимогливим до ґрунту, підбирають середні за гранулометричним складом суглинкові і супіщані родючі ґрунти з нейтральною реакцією (рН 6–7). Малопродатні для нього надмірно ущільнені глинисті, кислі та перезволожені ґрунти.

Для *гречки* доцільніше використовувати чорноземи, удобрені опідзолени ґрунти з підвищеною аерацією, вологоємкі, але не заболочені. Реакція ґрунтового розчину має бути слабкокислою або нейтральною. Непродатні для неї дуже кислі ґрунти з рН < 5.

Льон-довгунець вирощують на добре окультурених середньосуглинкових ґрунтах з незначною опідзоленістю. Оптимальна реакція ґрунтового розчину слабкокисла (рН 5,9–6,5). Важкі та легкі ґрунти (супіщані і піщані) малопродатні для льону. Якщо для дослідів підбирають дерново-підзолисті ґрунти, то їх треба вапнувати.

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

8.3. Вирівнювання родючості ґрунту.

Вирівнювальні та рекогносцирувальні посіви

Як уже зазначалось, навіть найбільш вирівняна за рельєфом площа, вибрана для дослідів, може мати різну родючість ґрунту, тому її треба вирівняти.

Щоб вирівняти ділянки за родючістю ґрунту, застосовують *вирівнювальні посіви* – висівають одну культуру одного сорту з однаковою агротехнікою на всій площі майбутнього дослідів протягом 2–3 років. Дія цього посіву така. У місцях, де родючість ґрунту була

вищою, врожай культур буде вищим і з ґрунту буде винесено більше поживних речовин. Там же, де родючість нижча, з урожаєм буде винесено з ґрунту менше поживних речовин. Таким чином за 2–3 роки родючість ґрунту під цими посівами вирівнюється. Для вирівнювального посіву краще використовують культури звичайного рядкового способу сівби на зелену масу. Слід зазначити, що якщо строкатість ґрунту за родючістю зумовлена різними його типами, підґрунтям чи рівнем залягання підґрунтових вод, то вона не усувається вирівнювальними посівами і така земельна площа непридатна для закладання досліду.

Родючість ґрунту вирівнюють рівномірним внесенням тих поживних речовин, які в ґрунті є в мінімумі для культури. Варіювання родючості ґрунту можна знизити, якщо всі елементи агротехніки вирівнювальних посівів проводять однаково на всій площі майбутнього досліду. Крім звичайної підготовки площі, проводять ще спеціальну у дослідках із зрошенням, при надмірному зволоженні та на площах після викорчовування дерев.

За 2–3 роки до проведення дослідів із зрошенням для вирівнювання родючості ґрунту площу поливають помірними нормами води, попередньо вирівнявши поверхню ґрунту. Це забезпечить рівномірність зрошення і покращить регулювання подавання води на ділянки залежно від варіанту досліду.

В Поліссі при надмірному зволоженні ґрунту осушення треба проводити одним і тим же способом для всього досліду. Метод осушення залежить від розмірів і форм дослідних ділянок, повторень і всього досліду. Після осушення на всіх дослідних ділянках умови зволоження мають бути однаковими. Для цього дрени або відкриті канали розміщують перпендикулярно до довгих сторін ділянок на однаковій відстані від них.

Площі після дерев і чагарників очищають, витягують та вичісують коріння, вирівнюють поверхню ґрунту, засипаючи ями. У перші роки часто проводять глибокий обробіток ґрунту, щоб вибирати рештки рослин. Після спеціальної підготовки на площах також проводять вирівнювальні посіви. За станом вирівнювальних посівів іноді окомірно оцінюють варіювання родючості ґрунту. При цьому можна виділити окремі частини площі з однаковою родючістю, які можна використати як майбутні повторення. Це дуже важливо для дослідів, які проводять в умовах виробництва, де більш складні (рекогносцирувальні) посіви застосовують дуже рідко.

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 дослід перед його закладанням. Виявляють варіювання родючості ґрунту за допомогою обліку врожайності на окремих діляночках, виділених на посіві. Як правило, ці посіви застосовують у наукових установах та навчальних закладах перед закладанням стаціонарних дослідів. Важливими елементами рекогносцирувальних посівів є добір рослин, догляд за ними, підготовка до збирання врожаю і його збирання та складання плану рекогносцирувального посіву.

Найчастіше для таких посівів використовують ярі культури звичайного рядкового способу сівби. Осимі використовувати не слід, бо причиною зміни їх урожайності може бути не лише родючість ґрунту, а й місцеве вимерзання, випрівання, випирання, пошкодження посівів гризунами взимку тощо. З ярих культур висівають ячмінь, овес, вико-овес. Просапні культури менш придатні для таких посівів, бо їх врожайність може змінюватись не лише через неоднакову родючість ґрунту, а й через якість міжрядного обробітку, коли робочими органами знарядь деякі рослини можуть вирізатись. Крім того, внаслідок пошкодження шкідниками цукрових буряків або картоплі в окремих місцях посіви можуть сильно зріджуватись. Через це варіювання врожаю цих культур буде значно більшим, ніж культур звичайного рядкового способу сівби.

З ярих культур доцільніше вирощувати такі, які є добрими попередниками для більшості культур сівозміни, як це наприклад, вико-вівсяні сумішки на зелений корм. Крім того, цю культуру збирають раніше від тих, які вирощують на зерно, що сприяє своєчасному та якісному обробітку ґрунту під наступну досліджувану культуру. Перед проведенням рекогносцирувального посіву на всій площі у попередні роки повинні бути однаковими передпопередники, попередники та рівномірний агрофон.

Окремі види агротехнічних робіт проводять за один день, ще краще – за кілька годин і на однаково високому рівні агротехніки. Основний, передпосівний, післяпосівний та післясходовий обробітки при догляді за посівами проводять на всій площі однаково. Боротьба із шкідниками, хворобами та бур'янами на всій площі ведеться з використанням одних і тих самих препаратів, однаковими дозами і технікою. Все це робиться для того, щоб краще додержуватися в досліді принципу єдиної різниці, тобто, щоб фактори, які не досліджуються, не впливали на врожайність культури.

Перед збиранням врожаю весь рекогносцирувальний посів поділяють на діляночки, площа яких повинна бути у 2–4 рази меншою за площу майбутніх дослідних ділянок або бути однаковою. Форма діляночок цього посіву має бути видовженою із співвідношенням ширини ділянки до довжини 1: 10. Ширина діляночки залежить від ширини захвату збирального агрегату. Щоб орієнтуватись при збиранні врожаю, межі діляночок фіксують віхами. Найкраще межі діляночок відбивати доріжками ще на початку вегетації рослин, тобто коли вони малі, бо перед збиранням виділення ділянок за допомогою мірної стрічки і шнура утруднює роботу і знижує її точність. Ширина доріжок, які утворюють сапою, може становити 10–20 см.

Урожай збирають малогабаритними машинами, коли спадає роса. Оскільки вологість зеленої маси протягом дня змінюється, то через кожні 2 години роботи з кожної діляночки відбирають 2–3 пробних снопи, які зважують, прикріплюють до них етикетки із зазначенням номерів ділянок, снопів, їх маси та часу збирання. Після висушування під навісом до постійної маси снопи знову зважують і визначають процент вологи. Ці дані використовують для приведення зібраної зеленої маси всіх діляночок до однієї вологості. Збирання врожаю і обліки закінчують у стислі строки. Результати обліків використовують для складання плану рекогносцирувального посіву.

Для цього на білий папір у певному масштабі наноситься план рекогносцирувального посіву і в межах кожної ділянки вписується величина врожаю. Потім для кращого сприйняття кожна ділянка залежно від рівня врожайності фарбується у різний колір: ділянки з найвищою врожайністю – у червоний; з середньою – у зелений; з низькою – у синій, а з найнижчою – залишають білим. Таким чином виділяються блоки з різною родючістю, які будуть являти собою окремі повторення майбутнього дослід.

9. ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ МЕТОДИКИ ПОЛЬОВОГО ДОСЛІДУ

Елементами методики дослідів є кількість варіантів у схемі дослідів, частота контролів, дослідні ділянки і захисні смуги, форма ділянок та їх орієнтація, повторність і повторення дослідів, методи розміщення варіантів у досліді, методика обліків і спостережень.

Кількість варіантів у досліді. Варіанти дослідів можуть бути кількісними (дози добрив, норми зрошення, площа живлення, гли-

бина оранки тощо) і якісними (сорти культур, різні культури, типи ґрунтів, форми добрив тощо). Підбираючи варіанти у схему досліду, дослідник додержує правила, щоб їх кількість була оптимальною для конкретної теми і умов досліду. Кількість варіантів має бути такою, щоб за рівнем вирощених урожаїв можна було побудувати криву, форма якої була б близькою до параболи, тобто серед варіантів досліду повинні бути такі градації дослідного фактору, які б забезпечили відхилення врожаїв від оптимального в обидва боки. Математична статистика доводить, що для побудови такої кривої необхідно мати, як мінімум, п'ять точок. Отже, мінімально у досліді може бути п'ять варіантів. У досліді з якісними варіантами, наприклад із сортами, їх кількість визначається наявністю реєстрованих та перспективних сортів (їх може бути до кількох десятків). Іноді і число кількісних варіантів буває великим.

Різні ґрунти, земельні площі за своєю родючістю мають неоднаковий ступінь строкатості у просторі. Чим більша кількість варіантів у досліді, тим більшою буде його площа, отже, і більшим буде варіювання родючості ґрунту. Збільшення варіювання родючості ґрунту, у свою чергу, призводить до збільшення похибки досліду. Тому кількість варіантів у досліді залежить також від ступеня варіювання родючості ґрунту. Із зростанням строкатості родючості кількість варіантів зменшується і навпаки.

У схемі досліду може бути кілька контролів. У досліді з добривами, як відмічалось уже вище, контроль може бути виробничий і абсолютний. І при вивченні доз пестицидів їх порівнюють з тими дозами, якими користувались у виробництві до закладання досліду, а також з варіантом без пестицидів.

Якщо кількість варіантів досліду велика (кілька десятків), то на кожні 8–10 дослідних варіантів виділяють контрольні ділянки. Іноді при значній строкатості родючості ґрунту контрольні ділянки виділяють на кожні 2–3 дослідні варіанти.

Розміри дослідних ділянок. Дослідні ділянки складаються з облікової частини, яка знаходиться посередині і де проводяться всі обліки і спостереження, і захисної, яка знаходиться зовні облікової (рис.5). Захисні частини ділянки розмежовують між собою варіанти досліду.

Розмір ділянок залежить від виду досліду, теми досліджень, дослідної культури, рівня механізації, повторності, варіювання родючості ґрунту тощо.

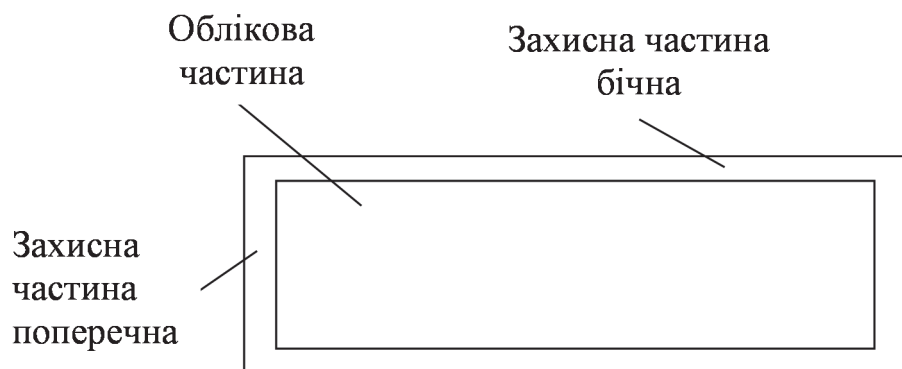


Рис. 5. Дослідна ділянка

У дослідях з вивченням добрив, норм висіву і способів сівби, площ живлення, догляду за рослинами тощо розмір дослідних ділянок може бути в межах 50–100 м², а в дослідях з вивченням глибини і способів обробітку ґрунту із застосуванням потужних і широкозахватних машин і знарядь площа ділянки збільшується до 200–300 м².

На розмір ділянки впливає також і дослідна культура. Чим менша площа живлення рослин, а отже, чим більше рослин на одиниці земельної площі, тим меншим може бути і розмір дослідної ділянки. Так, зернові колосові, круп'яні, зернобобові, багаторічні і однорічні трави, льон і їм подібні за площею живлення культури можна досліджувати на ділянках 20–30 м². У дослідях з соняшником, кукурудзою, картоплею та іншими просапними культурами площі дослідних ділянок становлять 75 – 150 м².

Важливим є питання про ширину облікової частини дослідної ділянки, що у певній мірі пов'язано з шириною ґрунтообробних, посівних та збиральних знарядь і машин.

Для лабораторно-польових і крупноділянкових польових дослідів в наукових установах та навчальних закладах бажано мати малогабаритну техніку, щоб максимально механізувати сільськогосподарські роботи. Проте через обмеженість такої техніки часто користуються звичайними машинами і знаряддями з мінімальним робочим захватом.

Якщо у досліді питання сівби не вивчається і вона є однаковою на площі всього досліду, то вибір робочого захвату сівалки не має особливого значення. У цьому випадку ширину облікової частини ділянки узгоджують з шириною захвату збиральних агрегатів.

Ширину облікової ділянки зернових колосових узгоджують з шириною захвату жатки комбайнів, тому в цьому випадку ширина облікової частини ділянки може бути: 4,1; 5,0; 6,0 та 7,0 м.

У дослідях із соняшником ширина облікової ділянки визначається кількістю рядків, які захвачуються при збиранні зерновими

комбайнами з відповідними приставками. Переважно такими комбайнами збирають за один прохід урожай з шести рядків з шириною міжрядь 70 см. Звідси ширина облікової ділянки може становити в більшості випадків 4,2 м.

Така ж ширина ділянки може бути у дослідах з кукурудзою при збиранні комбайнами, які захвачують шести рядків з міжряддях 70 см. На ділянках меншого розміру використовують трирядні комбайни з шириною захвату 2,1 м.

Захисні смуги. Для розмежування впливу варіанту сусідніх ділянок вводяться бокові і поперечні захисні смуги. Їх ширина залежить від сили впливу того чи іншого агрозаходу, тому у різних дослідах їх ширина може бути різна, але однакова в межах одного дослідю.

Поперечні захисні смуги використовують не лише для розмежування варіантів, а й для розвороту ґрунтообробних, посівних та збиральних агрегатів, тому ці смуги роблять ширшими. Ще ширші захисні смуги роблять навколо всього дослідю (5–10 м), щоб захистити дослідні рослини від шкідливого впливу зовні.

У дослідях з добривами ширина бокових захисних смуг залежить від техніки внесення добрив. При внесенні мінеральних добрив вручну врозкид виділяють захисні смуги шириною не менш 1 м, при внесенні сівалкою – 50 см, а при заорюванні органічних добрив, які можуть пересуватись плугом на сусідні ділянки, – не менш 1,5 м.

У дослідях із зрошенням ширину захисних смуг збільшують до 2–3 м, щоб запобігти горизонтальному переміщенню води у ґрунті або перенесенню вітром при дощуванні. Також широкими мусять бути бокові захисні смуги у дослідях при обприскуванні посівів пестицидами, щоб їх розчини не переносились вітром на сусідні ділянки. Практика свідчить, що двометрові захисні смуги є достатніми, якщо обприскування проводити у безвітряну погоду.

При вивченні норм висіву насіння і способів сівби на бокові захисні смуги доцільно відводити лише певну кількість рядків. Для культур, які висіваються із шириною міжрядь 15 см, відводять 2-3 рядки, а при вузькорядній сівбі – 3-4 рядки.

При сортовивченні на бокові захисні смуги виділяють два рядки або їх не виділяють зовсім, залишаючи між ділянками доріжки, заглушаючи при сівбі крайні висівні апарати.

Кінцеві (поперечні) захисні смуги мусять бути такої величини, щоб при необхідності на них можна зробити розворот машин і

знарядь, а також провести деякі дослідження, тому їх ще називають лабораторними смугами. Від облікової частини ділянки кінцеві смуги можна відділяти розширеним міжряддям (якщо сівба проводиться у поперек ділянок) або спеціально утвореними доріжками.

Форма ділянок та їх орієнтація на місцевості. Форма дослідних ділянок, як правило, є прямокутною, але може мати різне співвідношення сторін – від видовженої до квадратної форми, коли ширина ділянки рівна або наближається до її довжини. Видовжені ділянки умовно вважаються короткими, якщо їх довжина лише в 2–10 разів більша за ширину, а довгими, коли це відношення більше 10.

Близько до квадратної форми повинні бути ділянки у дослідах, де вивчається захист рослин від шкідників, хвороб і бур'янів з використанням обприскування посівів розчинами пестицидів, бо на вузьких ділянках вітер може зносити розчин на сусідні варіанти. Крім того, з центра квадратної ділянки переселення шкідників і збудників хвороб на сусідні буде меншим, ніж з ділянок видовженої форми. Квадратна форма ділянок буде ефективнішою і в багатьох інших дослідах, де суміжні варіанти дуже впливають один на одного або коли ділянки в досліді розміщуються методом латинського квадрату, про що мова буде йти нижче.

Вважається, що в дослідах з площею ділянок від 20 до 200 м² найкраще відношення довжини до ширини 5–10, а при більших площах ділянок це відношення знаходиться в межах 10–20.

Ефективність видовжених ділянок підвищується у тих випадках, якщо вони довгою стороною орієнтуються вздовж основного напрямку варіювання родючості ґрунту. Таке варіювання відбувається, як правило, у напрямі схилу, тому дослідні ділянки довгою стороною орієнтують зверху донизу. У цьому випадку довжина ділянок мусить бути відповідною довжині схилу або близькою до неї, щоб охопити всі його частини.

Земельна площа досліду може знаходитись поруч з лісосмугами, ґрунтовими дорогами, парканами. Тому дослідні ділянки по відношенню до них треба розташовувати коротшою стороною, тоді кожний варіант досліду буде знаходитись на однаковій відстані від лісосмуг, доріг чи парканів. По відношенню до пануючих вітрів ділянки орієнтуються до них також коротшою стороною.

Слід також звернути увагу на форму земельного масиву кожного повторення, які мусять бути квадратними або ж наближатись до

квадрату. Всі повторення повинні мати однакові розміри і співвідношення сторін. Це можливо тоді, коли відношення довжини відведеного під повторення масиву до його ширини буде дорівнювати числу варіантів досліду. Наприклад, якщо число варіантів шість, а дослідна ділянка має довжину 30 м, а ширину – 5 м, то в цьому випадку сумарна ширина ділянок в повторенні буде $5 \text{ м} \times 6 = 30 \text{ м}$, а повторення матиме квадратну форму.

Повторність в досліді. При незначному варіюванні родючості ґрунту (коефіцієнт варіації V до 10%) цілком задовільну точність досліду можна мати навіть при трьох–чотирьох повторностях, а добру – при 6–8. Якщо варіювання середнє (V у межах 10–20%), то задовільну точність можна мати при 6–8 повторностях. При значному варіюванні (V понад 20%) навіть 10- разова повторність не забезпечує задовільної точності досліду. Отже, площі із значним варіюванням родючості ґрунту не можна відводити під дослід, а потрібно бракувати.

Проте повторність визначається не лише варіюванням родючості ґрунту тієї площі, яка виділена для досліду. Є ще багато факторів, що впливають на вибір повторності. До них, зокрема, належить ступінь подовженості ділянки по відношенню до її ширини. Вважається, що довгі ділянки забезпечують вищу точність досліду, тому число повторностей в такому досліді може бути меншим, ніж в досліді з коротшими ділянками. Однакову точність досліду гарантують досліді з ділянками: видовженими у дев'ять разів при трьох повторностях; видовженими у п'ять разів при чотирьох повторностях; видовженими у два рази при шести повторностях; за квадратних ділянок при восьми повторностях. Отже, число повторностей у досліді необхідно узгоджувати із формою ділянок і за рахунок видовження ділянок повторність можна зменшувати до мінімального значення — трьох–чотирьох.

Точність досліду можна підвищити і збільшенням площі ділянок, хоч треба знати, що при збільшенні числа повторностей точність досліду зростає значно швидше, ніж при збільшенні розмірів ділянок.

Від збільшення числа повторностей та варіантів при великих розмірах ділянок досліду зростають похибки досліду за рахунок збільшення загальної площі під дослідом і збільшення при цьому варіювання родючості ґрунту. Тому ці фактори також впливають на число повторностей, які треба оптимізувати з врахуванням умов досліду.

Але є такі досліді, де повторність мусить дорівнювати числу варіантів. Це досліді, в яких ділянки розміщені методом латинського квадрату. У досліді, розміщених методом латинського прямокутника, число повторностей мусить бути кратним числу варіантів. Так, у досліді з 12 варіантами може бути три, чотири або шість повторностей, при 15 варіантах – три або п'ять повторностей.

Проте неможливо встановити якийсь шаблон при виборі числа повторностей. У досліді з сортовипробування зернових колосових, круп'яних, зернобобових, кукурудзи, олійних культур, конопель, тютюну, картоплі, лучних трав рекомендується мати ділянки площею 50 м² при числі повторностей від чотирьох до шести.

Оптимальну кількість повторностей рекомендується визначати у такій послідовності. Проводять рекогносцирувальну сівбу культури на зелену масу звичайним рядковим способом, ділять площу на ділянки з такими розмірами і формами, як у майбутньому досліді, і визначають урожайність зеленої маси. Результати обліків наносять на план, на якому виділяють блоки з майже однакою врожайністю, тобто майбутні повторення. У межах кожного повторення за врожаєм зеленої маси визначають коефіцієнт варіювання родючості ґрунту і за найбільшим його значенням розраховують повторність за формулою

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

де n – оптимальна повторність; V – найбільший коефіцієнт варіації врожаю зеленої маси; $S_{\bar{x}\%}$ – відносна похибка досліді, вище якої проведення досліді є небажаним.

Повторність у часі для польових дослідів, тобто кількість років досліджень визначається кількістю років з різними погодними умовами за період від початку до закінчення досліджень. Це може спостерігатися за 3–5, а іноді і більше років.

Запитання для самоперевірки

- 1. Для чого вивчати історію поля перед закладанням досліді?**
- 2. Що являють собою вирівнювальні та рекогносцирувальні посіви і для чого вони використовуються ?**
- 3. Від чого залежить розмір ділянок і кількість повторностей в досліді ?**

10. МЕТОДИ РОЗМІЩЕННЯ ВАРІАНТІВ В ДОСЛІДІ

Метод розміщення – це певне чергування варіантів на дослідних ділянках в межах повторення. Серед них розрізняють випадковий, систематичний і стандартний методи (рис. 6).

При застосуванні **випадкового методу** місце варіантів визначають за таблицею випадкових чисел або за жеребками. У літературі цей метод називають ще англійським словом *рендомізація*.

Як уже зазначалося, існує випадкове і закономірне варіювання родючості ґрунту. Якщо ці зміни не враховувати при розміщенні варіантів, то деякі з них розмістяться в кращих умовах, а інші – в

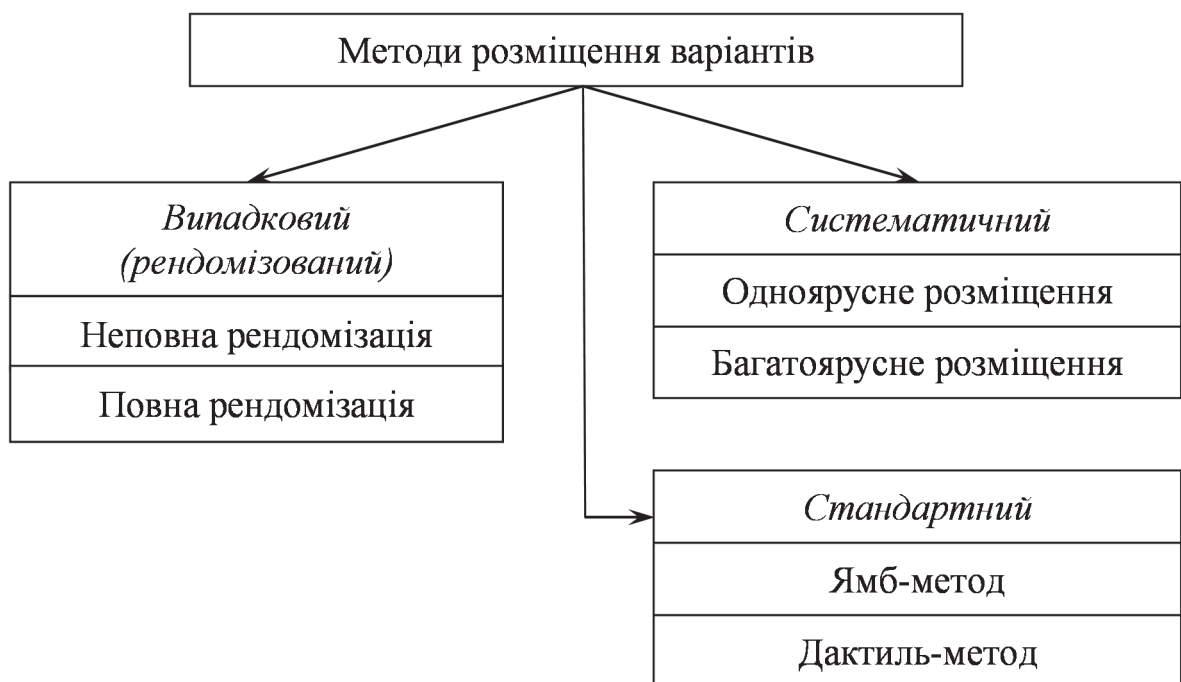


Рис. 6. Класифікація методів розміщення варіантів у досліді

гірших. При цьому буде порушене правило єдиної логічної різниці і такий дослід доведеться бракувати. Але якщо навіть і на полі з добре вираженим випадковим варіюванням родючості ґрунту варіанти розмістити рендомізованим методом, то за теорією імовірності кожен варіант досліді може розміститись у кращих, гірших чи інших умовах і середні арифметичні всіх варіантів будуть близькими, тобто між ними не буде значної різниці. Для випадкового розміщення п'яти варіантів заготовляють п'ять жеребків з номерами від одного до п'яти. Змішують їх і витягують один за одним, ставлячи спочатку у першому повторенні відповідні числа (аналогічно жеребки витя-

гають для другого і третього чи інших повторень).

Випадкове розміщення варіантів має ту перевагу, що дослідник позбавляється від суб'єктивного підходу до розміщення варіантів і може мати об'єктивніші результати досліджень. Однак при розміщенні цим методом спостерігається неоднакова послідовність варіантів в усіх повтореннях, що утруднює демонстраційність досліду і проведення в ньому сільськогосподарських робіт.

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. При застосуванні цього методу у кожному повторенні кожний варіант трапляється лише раз.

На рис.7 показано розміщення п'яти варіантів у чотирьох повтореннях за таблицею випадкових чисел (дод. 1). У кожному стовпчику і стрічці цієї таблиці записані двозначні числа. Оскільки у досліді п'ять варіантів, то потрібно брати останні цифри. Взявши випадково якийсь стовпчик, будемо рухатися вниз чи вгору, вправо чи вліво і вибирати числа в межах від одного до п'яти. Наприклад, ми випадково зупинились на четвертому стовпчику і першій стрічці – остання цифра 5. Рухаючись униз, вибираємо далі числа 5, 1, 4, 2, 3, пропускаючи цифри, більші за п'ять. Отже, у першому повторенні чергування варіантів буде саме таким.

Повторення																			
I					II					III					IV				
5	1	4	2	3	2	5	1	3	4	3	4	2	1	5	2	5	3	4	1
Варіанти																			

Рис. 7. Випадкове розміщення п'яти варіантів ($l=5$) у чотирьох повтореннях (блоках)

Для рендомізації другого повторення випадково зупинимось на другому стовпчику і одинадцятій стрічці. Рухаючись униз, вибираємо цифри 2, 5, 1, 3 і 4. Рендомізацію третього повторення випадково почнемо з 15-го стовпчика і третьої стрічки. Рухаючись униз, вибираємо цифри 3, 4, 2, 1, 5. Далі продовжуємо вибирати цифри для останнього (четвертого) повторення – з 8-го стовпчика і десятої стрічки, рухаючись униз – 2, 5, 3, 4 і 1. Всі ці номери заносимо на схематичний план, де кожний номер означає конкретний зміст варіанта згідно із схемою досліду.

Як уже зазначалося, основна вимога до методу неповної рендомізації полягає в тому, щоб забезпечити мінімальне варіювання родючості ґрунту всередині повторення. Для цього воно має бути невеликим за розміром, що забезпечується незначною кількістю варіантів і невеликим розміром кожної дослідної ділянки.

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. Другою умовою для методу повної рендомізації є мала кількість варіантів, повторностей і невеликий розмір дослідних ділянок (коли площа всього досліду мала).

Щоб застосувати цей метод, готують стільки жеребків, скільки ділянок у досліді. Якщо цим методом потрібно закласти дослід із

2	1	3	3
1	3	1	2
2	1	3	2

Рис. 8. Розміщення трьох варіантів досліду у чотирьох повторностях методом повної рендомізації в трьох ярусах

трьох варіантів (l) в чотирьох повторностях (n), то готують 12 жеребків ($N = l \cdot n = 3 \cdot 4 = 12$). На чотирьох жеребках ставлять число 1, на наступних чотирьох – 2 і на останніх – 3. Жеребки змішують і витягують, ставлячи на схематичному плані підряд номери витягнутих жеребків. Варіанти можуть розміститися так, як показано на рис. 8.

Отже, не в кожному з чотирьох стовпців є всі три варіанти. Якщо якогось варіанта немає в першому стовпці, то він частіше може траплятися в інших.

На видовженому земельному масиві таким методом варіанти розміщуються в один ярус, як це показано на рис. 9.

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

Рис. 9. Розміщення трьох варіантів досліду у чотирьох повтореннях методом повної рендомізації в один ярус

Метод повної рендомізації порівняно з іншими методами має такі переваги: 1) критерій Фішера набуває найбільшого значення, що підвищує статистичну достовірність досліду; 2) дуже просто визначається варіювання між ділянками однойменних варіантів – обчисленням стандартної похибки; 3) максимально збільшується число ступенів свободи для залишкового розсіювання, що сприяє підвищенню точності досліду.

Систематичний метод вимагає розміщувати варіанти у такій послідовності, як вони записані у схемі досліду. Тому цей метод іноді називають ще послідовним. Його різновидностями є *одноярусне* (рис. 10), *дво-* (рис. 11) та *багатоярусне* (рис. 12) розміщення.

П о в т о р е н н я																			
I					II					III					IV				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
В а р і а н т и																			

Рис. 10. Систематичне розміщення п'яти варіантів у чотирьох повтореннях в один ярус

I повторення					II повторення				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
III повторення					IV повторення				

Рис. 11. Систематичне розміщення п'яти варіантів у чотирьох повтореннях у два яруси

1	2	3	4	5	I повторення
2	3	4	5	1	II повторення
3	4	5	1	2	III повторення
4	5	1	2	3	IV повторення

Рис. 12. Систематичне розміщення п'яти варіантів у чотирьох повтореннях у чотири яруси

Це найпростіший метод розміщення ділянок, але його можна використовувати на земельних масивах з рівномірною родючістю ґрунту на всій площі.

Стандартний метод – це розміщення контролю (стандарту) поряд з кожним чи між двома дослідними варіантами. Метод дуже ефективний, якщо родючість ґрунту значно варіює, що характерно для ґрунтів Полісся.

При різкій зміні родючості ґрунту стандарт розміщують через один дослідний варіант і таке розміщення варіантів називається *ямб-методом* (рис. 13). При цьому стандарт займає половину площі досліді, що при її обмеженості є одним з недоліків методу. При дещо меншій строкатості поля за родючістю для зменшення площі під стандартом до третини користуються *дактиль-методом*, де ділянки із стандартом розміщують через два дослідні варіанти (рис. 14).

I повторення					II повторення					III повторення							
Ст	1	Ст	2	Ст	3	Ст	2	Ст	1	Ст	3	Ст	3	2	Ст	1	Ст

Рис. 13. Розміщення трьох дослідних сортів і стандарту ямб-методом

I повторення					II повторення					III повторення								
Ст	1	2	Ст	3	4	Ст	1	2	Ст	3	4	Ст	1	2	Ст	3	4	Ст

Рис. 14. Розміщення чотирьох дослідних сортів і стандарту дактиль-методом

Як при ямб-, так і при дактиль-методі дослід має починатися і закінчуватися стандартом. Стандартні методи розміщення можна використовувати у сортовипробуванні, де вони і були вперше рекомендовані. Однією з умов застосування цього методу є необмежена площа для дослідів або коли розмір дослідних ділянок малий чи для вивчення сорту не вистачає насіння нових сортів. Чергування дослідних варіантів при цьому може бути не послідовним, а випадковим, що підвищує ефективність стандартного методу.

11. МЕТОДИ РОЗМІЩЕННЯ ДОСЛІДНИХ ДІЛЯНОК

Залежно від напрямку зміни родючості ґрунту дослідні ділянки можна розмістити методом латинського квадрату, латинського прямокутника і розщеплених ділянок.

Метод латинського квадрату – так розміщують ділянки, щоб у кожній стрічці і кожному стовпчику були всі варіанти відповідно до схеми дослідів і жоден з них не повторювався (рис. 15).

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

Чотири варіанти

3	5	1	4	2
4	1	2	5	3
2	4	5	3	1
1	3	4	2	5
5	2	3	1	4

П'ять варіантів

Рис. 15. Розміщення дослідних ділянок методом латинського квадрата

Метод латинського квадрата доцільно застосовувати в умовах, де родючість ґрунту змінюється у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Наприклад, в одному напрямі – вздовж схилу, а в протилежному – від лісосмуги чи ґрунтової дороги. Дослідні ділянки можуть бути квадратної або прямокутної форми. При цьому кількість повторень завжди має дорівнювати кількості варіантів, а їх має бути не менше чотирьох і не більше восьми. При меншій кількості варіантів набагато знижується точність дослідів. При кількості варіантів більше восьми треба мати таку саму кількість повторностей, що збільшує кількість ділянок у досліді, а звідси – і об'єм досліджень.

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

Рис. 16. Розміщення дослідних ділянок методом латинського квадрата за послідовною системою

Іноді у латинському квадраті варіанти розміщують не випадково, а за певною системою. Наприклад, на рис. 16 розміщені ті самі чотири варіанти, що й на рис. 15, але у певному порядку – у першій стрічці і першій колонці 1, 2, 3, 4, а в інших – за такою самою системою, але з деяким зміщенням. Якщо родючість ґрунту у взаємно перпендикулярних напрямках буде змінюватися систематично, тобто закономірно, то така зміна може збігатися із систематичним розміщенням варіантів у латинському квадраті. При цьому буде порушуватися

правило єдиної логічної різниці. Щоб запобігти цьому, варіанти треба розміщувати лише випадково (рендомізовано).

Латинський прямокутник – випадкове розміщення всіх варіантів у межах кожної стрічки і кожного окремого блоку. Цей метод застосовують тоді, коли родючість ґрунту варіює не лише у двох взаємно перпендикулярних напрямках, а й по діагоналі, а кількість варіантів кратна кількості повторностей (рис. 17). Таке розміщення найкраще відображує зміну родючості ґрунту у трьох напрямках – взаємно перпендикулярних і по діагоналі.

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

Рис. 17. Розміщення досліду із 12 варіантів у чотирьох повтореннях методом латинського прямокутника

Метод 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. Цей метод застосовують у таких до-

слідках: 1) багатofакторних; 2) якщо основна увага акцентується переважно на взаємодії факторів, а не на кожному зокрема; 3) коли потрібно ввести у дослід групу нових варіантів за рахунок розщеплення площі основних ділянок.

На рис.18 показане розміщення двофакторного дослід: фактор А – сорт та фактор В – удобрення. У досліді вивчаються два сорти – a_1 і a_2 та три дози добрив – v_1, v_2, v_3 , розміщені рендомізовано у кожному з чотирьох повторень.

Літерами a_1 і a_2 позначають ділянки першого порядку, v_1, v_2, v_3 – другого порядку, тобто субділянки.

В агротехнічних досліді факторами першого порядку краще брати ті, які в агрозаходах виконуються першими.

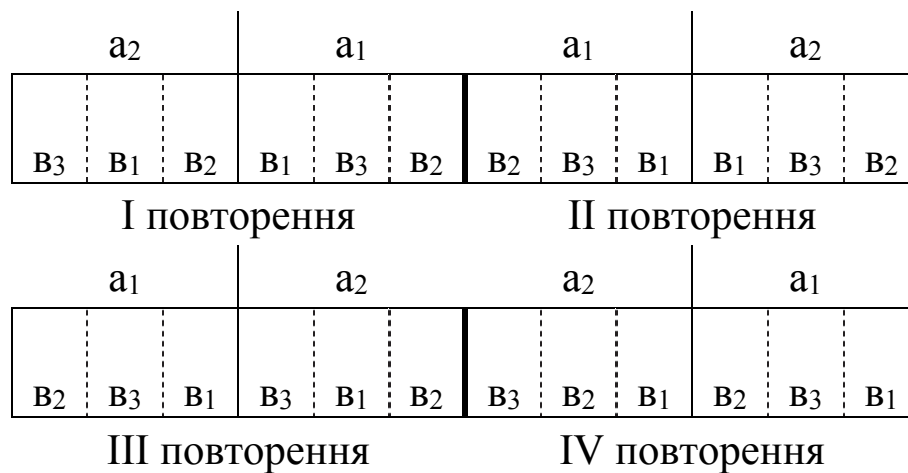


Рис. 18. Розміщення досліді методом розщеплених ділянок двох градацій фактору А і трьох градацій фактору В

Багатofакторні досліді можна розміщувати не лише методом розщеплених ділянок, а й методом рендомізованих повторень, але так, щоб у межах кожного повторення були всі варіанти відповідно до схеми досліді.

Запитання для самоперевірки

1. Які переваги і недоліки випадкового методу розміщення варіантів у досліді ?
2. За яких умов перевага надається систематичному методу розміщення ?
3. В яких досліді використовується стандартний метод ?
4. Коли ділянки в досліді розміщують методом латинського квадрату і латинського прямокутника ?

12. ПЛАНУВАННЯ ДОСЛІДУ

Від якості планування досліджень залежать достовірність, точність та ефективність досліджу. На сучасному етапі досліджень для планування досліджу застосовують методи математичної статистики з широким використанням комп'ютерної техніки.

12.1. Теоретичні основи планування

Уперше математичне планування досліджу було здійснено наприкінці 20-х років минулого століття автором дисперсійного аналізу англійським математиком Р. Фішером. Таке планування підвищує надійність досліджу, дає змогу зменшити кількість дослідних варіантів і розмір дослідів, знайти оптимальні варіанти та підвищити продуктивність праці дослідника. Отже, математичне планування є надзвичайно перспективним процесом у дослідній роботі.

Основне завдання планування – пошук оптимальних умов росту рослин з метою підвищення їх продуктивності, якщо рослина є об'єктом досліджень. Припустимо, що дослідник у попередніх досліджах мав підвищення врожаю від певних градацій досліджуваного фактору на 15% порівняно з контролем. Але цей приріст урожайності не задовольняє дослідника і спонукає його до вибору ще оптимальнішої градації того фактору, який вивчається. Вирішення таких завдань називають процесом оптимізації.

Наприклад, X – діючий фактор (удобрення, зрошення, обробіток ґрунту тощо); Y – результат цієї дії (врожай, його якість). Це є параметром оптимізації, тобто критерієм оптимальності, цільовою функцією.

Математична модель або рівняння, що пов'язує параметр оптимізації з діючими факторами, має такий вигляд:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k),$$

де $f(X_1, X_2, \dots, X_k)$ – функція відгуку, у якому X_1, X_2, \dots, X_k – діючі фактори.

Градації кожного фактору або його дози називають рівнями фактору. Набором рівнів для кожного фактору визначається кількість варіантів у досліді. Якщо кількість рівнів для всіх факторів однакова, то кількість варіантів досліджу дорівнює кількості рівнів, під-

несених у число факторів. При двох факторах та трьох рівнях кожного з них кількість варіантів у досліді буде $3^2 = 9$. При п'яти рівнях кожного з п'яти факторів в одному досліді буде $5^5 = 3125$ варіантів. Оскільки закласти дослід з такою кількістю варіантів практично неможливо, насамперед виключають ті з них, які є проміжними і менш ефективними. Але таке виключення не повинно бути суб'єктивним, його треба робити із застосуванням методів математичної статистики, про що йтиметься далі.

Математичне планування застосовують лише для дослідів, результати яких можна відтворити, а фактори можна регулювати. Такими факторами є сорт, гібрид, удобрення, обробіток ґрунту, глибина і строки сівби, схеми садіння тощо. До факторів, які мало регулюються, належать температура повітря і ґрунту, освітлення та ін. Однак у фітотронах ці та інші фактори повністю регулюються. Фактори, які не можна регулювати у полі – атмосферні опади, температура. Вони певною мірою змінюють процес відтворення результатів, тому у такому разі звертаються до так званого активно-пасивного дослідження, коли зв'язки між факторами, які не регулюються, та параметрами оптимізації визначають лише за результатами спостережень.

Планування дослідів – це насамперед вибір мінімальної кількості варіантів та умов проведення дослідів з метою оптимізації. При цьому користуються двома підходами:

1) побудовою фізичної моделі процесу на основі відомих явищ (фізики ґрунту, фізіології рослин, біології, хімії та ін.), що дає змогу мати математичну модель об'єкта досліджень у вигляді системи диференціальних рівнянь; 2) статистичним підходом, який доповнює перший. Математична модель дослідів – це рівняння, що пов'язує параметри оптимізації з факторами життя рослин.

Вибір параметрів дослідів. Параметр – це те, що потрібно оптимізувати, тобто це реакція на фактори, яких може бути кілька. Параметрами можуть бути врожай, його якісні показники, морозостійкість, посухостійкість рослин та їх стійкість проти шкідників і хвороб тощо.

Знайти оптимальні умови для рослин легше тоді, коли правильно вибраний єдиний параметр оптимізації. При цьому всі інші параметри обмежені. Якщо єдиний параметр вибрати неможливо, вибирають узагальнений параметр оптимізації як функцію від багатьох вихідних. Слід зазначити, що правильний вибір параметра – це одна з основних умов математичного планування.

Параметри оптимізації повинні відповідати таким вимогам:

- 1) параметри мають бути вимірюваними. Якщо їх не можна виміряти (наприклад, якісний параметр – стійка проти посухи рослина або нестійка), то для їх вираження користуються ранговим підходом. При цьому параметрам привласнюють ранги за шкалами: двобальний, п'ятибальний, десятибальний і т. д. Для двобальної шкали ранговий параметр має обмежену область визначення – „так” і „ні”, добрий або поганий стан рослин, уражуються рослини хворобами чи ні тощо. Однак ранговий підхід більш грубий, ніж безпосереднє вимірювання кількісних параметрів (маса врожаю, висота рослин, площа листя та ін.);
- 2) параметр має бути виражений одним числом. Якщо параметр виражається як співвідношення, наприклад, вмісту азоту до фосфору 3: 2, то його записують числом 1,5;
- 3) параметр повинен бути однозначним статистично, тобто певному набору факторів має відповідати лише одне число параметра;
- 4) параметр повинен бути досить точним статистично. Якщо точність недостатня, то збільшують кількість повторностей;
- 5) параметр має бути універсальним і повним, тобто він повинен всебічно характеризувати об'єкт вивчення. Універсальним є параметр, який подається функцією кількох окремих;
- 6) кожний параметр оптимізації повинен мати фізичний зміст.

Одночасно можна оптимізувати лише одну функцію, найголовнішу з усіх. При цьому розраховують коефіцієнти парних кореляцій між основним параметром та іншими другорядними. Якщо зв'язок виявиться сильним, то другорядний параметр виключають. Також виключають параметри, які важче виміряти або зміст яких менш зрозумілий.

Вибір факторів досліджу. На врожай і його якість, стійкість рослин проти хвороб, шкідників, їх морозо- та посухостійкість впливають різні фактори: освітлення, сорт, вологість ґрунту і повітря, температура ґрунту і повітря, повітряний і поживний режими ґрунту, обробіток ґрунту та ін. Але при математичному плануванні враховують основний з них, який в даних умовах є найбільш дієвим.

Вибраний фактор повинен задовольняти такі вимоги:

- 1) має бути регульованим (зміна дози добрив, норми поливу, строків сівби, глибини оранки тощо). Температура і вологість повітря та освітлення у відкритому ґрунті – це фактори, які не можна повністю регулювати, тому їх не використовують для математичного планування польового досліджу;

- 2) щоб фактор можна було виміряти з достатньо високою точністю;
- 3) бажано, щоб фактор був однозначним;
- 4) щоб при вивченні сукупності кількох факторів їх можна безпечно поєднувати;
- 5) вибраний фактор не повинен залежати від інших, тобто між ними не повинно бути прямолінійної залежності, хоч допускається криволінійний зв'язок.

Вибір моделі досліджу. Правильно вибрана математична модель досліджу дає змогу передбачити навіть ті оптимальні варіанти, які в досліді не вивчалися. Для цього користуються кроковим принципом на поверхні відгуку.

Поверхня відгуку багатофакторного досліджу має такі властивості, як безперервність, гладкість та наявність єдиного оптимуму в певних точках даної поверхні. Якщо відомі значення параметрів у сусідніх точках поверхні відгуку, то в інших (сусідніх) можна математичними розрахунками передбачити значення іншого параметра. Так знаходять нові варіанти, яких у досліді не було і які можуть бути ефективними. Після проведення нового досліджу з включенням нових варіантів знову послідовно за допомогою математичних розрахунків визначають ефективніші варіанти досліджу, користуючись кроковим принципом. Якщо розраховують точки, які лежать на поверхні відгуку, то пошук називають інтерполяцією, а якщо за її межами – екстраполяцією. Чим ближче точки до області дослідження, тим точніше передбачення оптимальних варіантів.

Наприклад, для визначення залежності врожайності польових культур від діючих факторів (сорт, удобрення, зрошення тощо) будують кілька найбільш сприятливих моделей та перевіряють їх придатність. З кількох моделей використовують ту, яка за математичним виразом найпростіша, і це називають перевіркою адекватної моделі.

Якщо рух на поверхні відгуку не веде у стаціонарну область, переходять до поліномів більш високих ступенів. Те саме роблять, якщо залежність між факторами та їх параметрами криволінійна.

Отже, суть пошуку оптимуму така: 1) проводять досліджу з великими схемами; 2) за результатами цих дослідів будують математичні моделі, з яких вибирають найбільш придатні; 3) рухаючись у напрямі, який поліпшує параметр, знаходять оптимальний варіант; 4) знову закладають досліджу, будують нові моделі і знаходять більш ефективні варіанти і т. д. Це і є оптимізацією планування.

12.2. Планування схем дослідів

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.

Завбачивши, що норми чи дози кількісних факторів, що впливають на дослідні рослини, є занадто великими або малими, дослідник зменшує їх або збільшує, взявши за контроль ті, які відповідно до рекомендацій використовують у виробництві.

Крім кількісних факторів у дослідях вивчають і якісні – вплив сортів, ґрунтів, експозицій схилу, якість посівного матеріалу (еліта, перша або друга репродукція) тощо.

12.2.1. Досліди з повними схемами

Повні схеми – це ті, які мають всі логічно підібрані варіанти для вивчення конкретного питання.

Однофакторні досліді. Серед варіантів, які плануються, повинні бути послідовно збільшені норми чи дози факторів, від яких досліджуваний показник спочатку буде зростати досягаючи свого максимуму, а далі – знижуватись. Так, якщо при вивченні п'яти доз фосфорних добрив (X) – P₃₀, P₆₀, P₉₀, P₁₂₀, P₁₅₀ – вони вибрані правильно, то врожайність (Y) зображується лінією, яку називають *параболою*, яка є *кривою відгуку* (рис. 19).

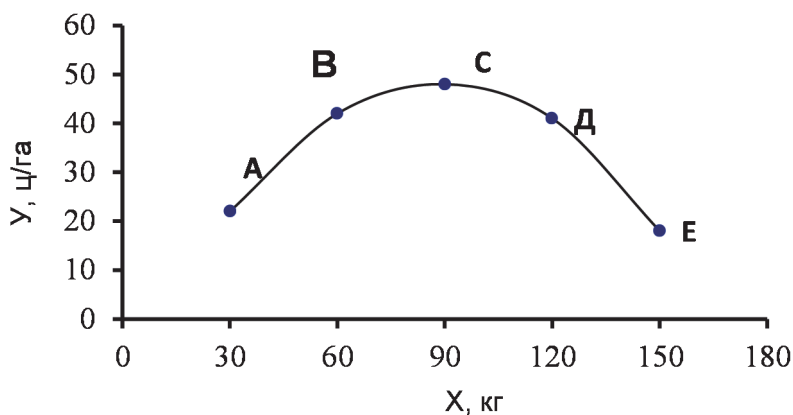


Рис. 19. Крива відгуку однофакторного досліді з п'ятьма градаціями

Окремі відрізки такої кривої мають певні назви і значення: АВ – лімітуюча область, ВСД – стаціонарна, ДЕ – інгібіруюча область. В лімітуючій області починається позитивний ефект фосфорних добрив, в стаціонарній він стає найвищим, в інгібіруючій – затухає і

доходить до негативного. Різні норми чи дози фактору називають *градаціями*. Різницю між наступною та попередньою дозами називають *кроком дослідження* – в нашому прикладі це дози фосфорних добрив.

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

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

Необхідно правильно вибрати крок дослідження, який має бути не дуже великим, щоб не втратити проміжні ефективні варіанти. Однак він не повинен бути і дуже малим, щоб не набрати у дослід непотрібних варіантів і не ускладнювати роботу дослідника. Як правило, крок має бути таким, щоб різниця між варіантами перевищувала похибку досліду і була упевненість виявити різницю, яка існує у природі.

Схема досліду з вище вказаними для прикладу нормами фосфорних добрив і кроком експерименту 30 кг P_2O_5 може бути такою:

1. P_{30} ;
2. P_{60} (контроль);
3. P_{90} ;
4. P_{120} ;
5. P_{150} ;
6. Без фосфорних добрив (абсолютний контроль).

Багатофакторні досліді. Основне завдання сучасної науки – знайти і дати рекомендації виробництву для науково обґрунтованих технологій не з окремих елементів агротехніки, а з їх сукупності. Вивчивши в однофакторних досліді кращі варіанти з окремих елементів агротехніки, починають багатофакторні досліді, які мають певні переваги. У них можна виявити не тільки достовірність дії факторів, а й їх взаємодії: антагонізм, тобто пригнічення дії одного фактору іншим; синергізм – посилення дії фактору іншим; адитивізм – дія факторів незалежно один від одного. Дані багатофакторного

дослідів дають змогу побудувати куполоподібну поверхню відгуку, на якій шляхом екстраполяції та інтерполяції можна знаходити кращі варіанти, прогнозувати і програмувати врожай та його якість.

Повна схема багатофакторного дослідів (ПФД) включає всі можливі поєднання, сполучення факторів та їх градацій: 2^2 , 2^3 , 3^3 і т. д. Число, що стоїть в основі, означає кількість градацій, а число, яке зазначає ступінь – кількість факторів. Отже, число 2^2 свідчить про те, що в досліді два фактори, кожен з яких має дві градації, а ПФД має чотири варіанти.

Якщо для фактора А маємо дві градації – a_0 та a_1 і стільки ж для фактору В – b_0 та b_1 , тоді матриця ПФД буде такою, яка представлена таблицею 1. Для схеми 2^3 матриця ПФД показана у вигляді таблиці 2.

1. Матриця ПФД 2^2

Номер варіантів	Фактори та їх градації		Позначення варіантів	Коди
	А	В		
1	0	0	$a_0 b_0$	00
2	1	0	$a_1 b_0$	10
3	0	1	$a_0 b_1$	01
4	1	1	$a_1 b_1$	11

2. Матриця ПФД 2^3

Номер варіантів	Фактори та їх градації			Позначення варіантів	Коди
	А	В	С		
1	0	0	0	$a_0 b_0 c_0$	000
2	1	0	0	$a_1 b_0 c_0$	100
3	0	1	0	$a_0 b_1 c_0$	010
4	1	1	0	$a_1 b_1 c_0$	110
5	0	0	1	$a_0 b_0 c_1$	001
6	1	0	1	$a_1 b_0 c_1$	101
7	0	1	1	$a_0 b_1 c_1$	011
8	1	1	1	$a_1 b_1 c_1$	111

Якщо число градації у факторів різне, наприклад, фактор А має три градації, фактор В – дві, а фактор С – чотири, то ПФД буде мати $3_A \cdot 2_B \cdot 4_C = 24$ варіанти. Отже, загальна кількість варіантів розраховується як добуток градацій всіх факторів. Кожна схема досліду повинна надати досліднику можливість відповісти на всі питання, які він поставив. Але не варто ускладнювати схему без необхідності.

При чотирьох градаціях двофакторного досліду, позначених числами 0, 1, 2 і 3, кількість варіантів досліду буде $4^2 = 16$. Щоб схема являла ПФД, тобто мала всі можливі поєднання, будують матрицю. Наприклад, у досліді планується вивчати 4 дози добрив – 0, 40, 80 і 120 кг на 1 га (фактор А) і 4 норми зрошення – без зрошення, 0,5 норми, 1 норма і 1,5 норми (фактор В). Для зручності градації позначають числами 0, 1, 2, 3. Поєднання, сполучення цих чисел являє собою код варіантів: 00 означає варіант без удобрення та поливу; 13 – варіант, де застосовують 40 кг добрив та 1,5 норми поливу. Отже, перша цифра означає градацію фактору А, а друга – фактору В.

Матриця ПФД 4^2 наведена нижче (табл. 3).

3. Матриця ПФД 4^2

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

12.2.2. Досліди з неповними схемами

У трифакторному досліді з чотирма градаціями схема ПФД включає 64 варіанти. Навіть при мінімальній трикратній повторності в досліді має бути $64 \cdot 3 = 192$ ділянки. Якщо кожна з них має 100 м², то для досліду треба $100 \cdot 192 = 19200$ м² (близько 2 га). При 4–

5-кратній повторності площа під дослідом стане ще більшою, а з її збільшенням зросте територіальне варіювання, що знизить точність та достовірність досліджу. В умовах виробництва майже неможливі багатофакторні досліджу з великою схемою. Тому кількість варіантів треба зменшити, але при цьому виникає проблема не втратити необхідну інформацію.

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

Неповна факторна схема $1/4 (4 \cdot 4 \cdot 4)$ дає змогу вибрати з 64 варіантів ПФД 16 без втрати необхідної інформації. Для цього, наприклад, з чотирьох градацій кожного фактору – 0, 1, 2, 4 візьмемо початкову градацію – 0 та середню – 2 і запишемо їх матрицю. Отже, схема $4 \cdot 4 \cdot 4$ перетворюється у схему $2 \cdot 2 \cdot 2$. Щоб мати рівномірні вибірки з 64 варіантів, введено поняття „умовний фактор” також у двох градаціях – початковий та середній, які для трьох факторів позначають цифрами 000 та 111. Це так звані фони. На фоні 000 коди утворюють з градацій факторів АВС, що дає варіанти під номерами 1–8. На фоні 111 коди утворюють додаванням числа 111 до кодів нульового фону і одержують варіанти під номерами 9–16 (табл. 4). В результаті одержана вибірка, яка включає 16 варіантів із 64. Вона неповна, але рівномірно охоплює всю область градацій повної схеми. Перше число кожного коду означає градації фактору А, друге – фактору В, третє – градації фактору С.

4. Матриця НФС $1/4$ з 16 варіантів

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

12.3. Планування строків спостережень та відбирання зразків

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

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

У дослідях, де вивчають дію добрив, зрошення, обробіток ґрунту, гербіциди та інші агротехнічні заходи, на ділянках відбирають зразки (проби) ґрунту для визначення його хімічних та фізичних властивостей, вмісту насіння бур'янів тощо.

Проби і зразки відбирають випадковим методом, який запобігає появі систематичних помилок, як це було б у процесі відбирання типових зразків за бажанням дослідника.

Техніка випадкових вибірок така. На дослідній ділянці площею 100 м² потрібно підібрати 8 площадок площею 4 м² для вивчення фізико-хімічних властивостей ґрунту. Поділивши всю площу ділянки на площу окремої площадки (100 : 4) одержимо число 25, яке вказує на загальну кількість площадок, придатних для відбору ґрунтових зразків, нанесених на план і пронумерованих (рис. 20).

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

Рис. 20. Місця випадкових вибірок у полі (позначені +).

За таблицею випадкових чисел (дод. 1) вибираємо будь-яку графу (наприклад, сьому). Рухаючись униз (або в іншому напрямі),

вибираємо числа від 1 до 25, пропускаючи повторні. Цими числами будуть 2, 9, 4, 13, 15, 6, 25, 22. Саме на діляночках з цими числами треба відбирати зразки ґрунту для фізико-хімічного або іншого аналізу.

12.4. Планування обсягу вибірки

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

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

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

$$n = t^2 \cdot \left(\frac{V}{S_{\bar{x}} \%} \right)^2,$$

де t – стандартне значення критерію Стюдента; V – коефіцієнт варіації, %; $S_{\bar{x}} \%$ – допустима відносна похибка, %.

Якщо таблиці Стюдента немає, наприклад у полі, то наближене значення критерію $t_{0,95}$ можна знайти за формулою

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

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

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

Значення $S_{\bar{x}} \%$ вибирає сам дослідник залежно від точності, яку він планує. Якщо планується дуже висока точність досліджу, то $S_{\bar{x}} \%$

береться 2–3% (середня точність забезпечується, коли похибка становить 5–6%). Для більшості польових дослідів достатня точність може бути при $S_{\bar{x}}$ % до 7%.

Коефіцієнт варіації (V , %) знаходять за формулою

$$V = \frac{S \cdot 100}{\bar{x}},$$

де S – стандартне відхилення певного варіаційного ряду, \bar{x} – середня арифметична цього ж ряду.

Наближене значення стандартного відхилення можна розрахувати за формулою

$$S = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{6},$$

де X_{\max} та X_{\min} – максимальні та мінімальні значення показника певного варіаційного ряду, 6 – сталие число. Наближене значення середньої арифметичної можна визначити за формулою

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

Приклад. Щоб обчислити обсяг вибірки (n) для визначення середньої маси бульб картоплі певного сорту, відбирають і зважують найбільшу бульбу (260 г) і найменшу (20 г). Середня маса (\bar{x}) становитиме

$$\bar{x} = \frac{260 + 20}{2} = 140 \text{ г.}$$

Найточніше її визначають зважуванням 100 бульб, узятих підряд, і діленням маси на їх кількість.

Стандартне відхилення дорівнюватиме

$$S = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{6} = \frac{260 - 20}{6} = 40 \text{ г.}$$

Коефіцієнт варіації

$$V = \frac{s \cdot 100}{\bar{x}} = \frac{40 \cdot 100}{140} = 28,6\%.$$

Обсяг вибірки (n) на рівні ймовірності $P_{0,95}$ при $t_{0,95} = 2$ і $S_{\bar{x}} \% = 5$ становитиме

$$n = t^2 \cdot \left(\frac{V}{S_{\bar{x}}\%} \right)^2 = 2^2 \cdot \left(\frac{28,6}{5} \right)^2 = 131 \text{ (в нашому прикладі - це кількість бульб).}$$

Аналогічно розраховують об'єм вибірки для інших показників кількісної мінливості. Точніше значення стандартного відхилення, середньої арифметичної та коефіцієнта варіації визначають у процесі повної статистичної обробки варіаційних рядів кількісної мінливості (див. част. 5).

Щоб не обчислювати коефіцієнт варіації, його можна взяти з наукової літератури або з інших дослідів, проведених в ідентичних умовах. Суть у тому, що варіювання є типовим у межах ботанічного виду, сорту і це дає змогу користуватись відомими коефіцієнтами варіації для оптимізації об'єму вибірки.

Якісна мінливість. Кількість хворих і здорових рослин, пошкоджених шкідниками чи морозами і не пошкоджених, є показником якісної мінливості. Об'єм вибірки для якісної мінливості також оптимізують за певною формулою. Введемо такі позначення: N – загальна кількість об'єктів (рослин, плодів, листків та ін.), взятих для дослідження, n – кількість об'єктів з даною ознакою – уражених, пошкоджених, підмерзлих тощо. Якщо $N = 100$, $n = 10$, то частка наявності ознаки $p = n : N = 10 : 100 = 0,1$, а частка відсутності $q = 1 - p = 1 - 0,1 = 0,9$. Оптимальний обсяг вибірки розраховують на двох рівнях надійної імовірності ($P_{0,95}$ та $P_{0,99}$) користуючись формулою

$$N = t^2 \cdot \frac{p \cdot q}{S_p^2},$$

де p – частка наявності ознаки, q – частка відсутності ознаки; S_p – похибка частки, значення якої вибирає сам дослідник. Для польових досліджень значення S_p беруть в інтервалі 0,05–0,1.

Значення p та q має бути максимальним, тобто 0,5, тому що $(p+q) : 2 = 1 : 2 = 0,5$.

Запитання для самоперевірки

- 1. Чим відрізняється повна схема дослідів від неповної?**
- 2. Яка різниця між градацією і кроком експерименту?**
- 3. Як планується обсяг вибірки в досліді?**

13. ТЕХНІКА ЗАКЛАДАННЯ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДІВ

Маючи схему досліду і спроектувавши на папері з врахуванням площі і конфігурації земельного масиву схематичне розміщення ділянок в досліді, приступають до перенесення плану з паперу в натуру. Починають цю роботу із фіксації контуру піддослідного масиву певної (прямокутної, рідше квадратної) форми. Домагаються цього так. З кінцевих точок вихідної лінії АВ за допомогою геодезичних приладів (екер, бусоль) чи звичайної мірної стрічки або шнура відбивають прямі кути і на основі перпендикулярних ліній відміряють другу і третю сторони, кінцеві точки яких позначаються буквами С і Д. З'єднавши між собою всі точки одержимо контур земельного масиву. Межі його закріплюються за допомогою реперів у вигляді дерев'яних кілків чи металевих труб, які закопуються у основі кожної кутової точки на таку глибину, щоб їх не можна було б дістати знаряддями обробітку. На поверхню ґрунту з такого репера виводиться гнучкий дріт, за допомогою якого можна легко відновити межі досліду. Щоб “прив'язати” дослід до місцевості, треба відстані від куткових реперів до наявних поблизу орієнтирів (ними можуть служити стовпи високовольтної лінії електромереж, дорога з твердим покриттям тощо) нанести на план, який зберігається в документації дослідника. За таким планом є можливість відшукати закопаний або й відновити втрачений репер.

Наступним етапом є розбивка дослідного земельного масиву на повторення. Їх межі також відмічаються реперами. Між повтореннями обов'язково плануються захисні смуги такої ширини, щоб на них змогли б при потребі розвернутись тракторні агрегати і сільськогосподарські машини.

Останнім етапом розбивки земельного масиву є виділення в межах кожного повторення окремих варіантів або дослідних ділянок. Межі кожної ділянки фіксуються невеликими дерев'яними кілочками, які б не заважали проходу сільськогосподарських знарядь при сівбі і догляді за посівами.

Після розбивки земельного масиву на ділянки приступають безпосередньо до закладки досліду шляхом виконання на них агрозаходів, передбачених схемою досліду. В досліді з вивчення норм висіву ними буде сівба культури з різними нормами висіву насіння; в досліді з різною глибиною оранки – оранка на різну глибину; в досліді з різними добривами – внесення відповідних добрив тощо. На заключному етапі закладання досліду проводиться сівба культури, яка планується вирощуватись в досліді.

14. АГРОТЕХНІКА НА ДОСЛІДНОМУ ПОЛІ

Агротехнічний фон. На дослідному полі, де проводять кілька дослідів, агротехніка залежить від досліджуваної культури, її попередника, а також завдань досліді. Агротехніка складається з агрофону, який є єдиним для кожної дослідної ділянки певного досліді, а також тих агрозаходів, які вивчають у досліді залежно від його варіантів. *Агрофон* – це сума елементів агротехніки, певна технологія вирощування тієї чи іншої культури, на фоні якої вивчають ефективність усіх варіантів конкретного досліді. Слід зазначити, що у різних дослідіх створюють певний агрофон, який залежить не тільки від культури і вирощуваного сорту, а й від попередника чи передпопередника, системи обробітку ґрунту та удобрення, захисту рослин від бур'янів, шкідників і хвороб тощо.

Кожний агрофон у досліді повинен забезпечити об'єктивну оцінку (агротехнічну і економічну) агрозаходів, які вивчаються. Саме це є основним завданням агрофону. Тому на низькому агрофоні не можна проводити досліді для оцінки перспективних сортів культур. Водночас, як уже відмічалось вище, на високих фонах органічних добрив не можна вивчати малі дози мінеральних добрив, як і на фоні глибокої попередньої оранки до закладання досліді не можна вивчати особливості оранки на дещо меншу глибину. Отже, умови агрофону мають бути типовими і придатними для певного досліді. Іноді агрофон може бути визначеним як один з контролів у схемі досліді.

Попередники для дослідної культури повинні бути типовими для зони. Для комплексу агротехнічних робіт у досліді складається детальний план, у якому зазначають строки, види робіт і способи їх виконання для всіх ділянок. Проводять ці роботи у стислі строки. Якщо немає можливості за один день виконати роботи на всіх ділянках досліді, то в межах окремих повторень їх можна переносити на другий день, хоч це і не бажано.

Внесення добрив. Для створення агрофону чи вивчення у досліді добрив їх треба рівномірно внести на площі у стислі строки і відразу заробити у ґрунт.

Мінеральні добрива вносять за діючою речовиною основних елементів живлення (N, P₂O₅ і K₂O). Кількість препарату в туках на окрему ділянку розраховують за формулою

$$K = \frac{D \cdot S}{100 \cdot B},$$

де K – кількість добрива на ділянку, кг; D – норма добрива за діючою речовиною, кг/га; S – площа ділянки, м²; B – вміст елемента живлення в добриві, %.

На фонових масивах мінеральні добрива бажано вносити туковими сівалками. Це також стосується і дослідних ділянок великої площі (більше 500 м²). На невеликих ділянках мінеральні добрива розсівають вручну. Для цього на кожен ділянку заготовляють окрему наважку, розкладають по варіантах з наступною перевіркою. Розсівати наважку на ділянку потрібно рівномірно, але з таким розрахунком, щоб добрив трохи залишалось. Цей залишок потім розсівають по всій ділянці. Такий прийом запобігає нестачі добрив на якусь частину ділянки, що привело б до вибраковки всієї ділянки.

Мінеральні добрива можна вносити лише у безвітряну погоду, а при використанні пилюватих туків їх слід вносити з домішкою ґрунту, взятого з тієї ж ділянки.

Органічні добрива перед внесенням добре перемішують, дослідну ділянку розбивають на квадрати, для яких окремо готують наважки ґною, який відразу рівномірно розподіляють по площі. Не можна залишати на ділянках ґній у купах більше одного дня.

Механізоване внесення органічних добрив можливе на дослідних ділянках великого розміру або коли добрива є фоном і рівномірно розподіляються на всій площі досліді.

Обробіток ґрунту необхідно проводити на всіх ділянках високоякісно, одночасно і однаково, якщо вивчається не обробіток, а він є лише агрофоном.

Плуг включають у роботу за 1 м до межі дослідних ділянок. Першу борозну проводять по заздалегідь відбитій лінії і впоперек довжини ділянок кожного повторення. На квадратних ділянках оранку можна проводити в обох напрямках, а на схилі землях – упоперек схилу.

У досліді застосовують гладеньку оранку, щоб на ділянках не було звальних гребенів і роз'ємних борозен. Перед цим упоперек до обробітку ділянки орють захисні смуги із звалом у бік досліді. Це дає змогу своєчасно і якісно заглиблювати плуг при закладанні дослідів з обробітку ґрунту.

Сівба та садіння рослин. Якщо способи сівби (садіння) не є об'єктом вивчення у досліді, то сівбу проводять згідно з рекомендаціями наукових установ для певної ґрунтово-кліматичної зони одночасно (у стислі строки) з однаковою якістю на всіх ділянках досліді.

Напряв сівби – перпендикулярно до довшого боку ділянок. Перший прохід агрегату роблять по туго натягнутому шнуру або по відбитій борозні. Сівалку включають у роботу за 1 м до початку дослідної ділянки, а виключають після її виходу за межі ділянки. Зупинка сівалки в межах ділянки недопустима. Під час сівби чи садіння треба стежити, щоб на кожній ділянці була однакова кількість рядків, а крайні з них розміщувалися на відстані половини міжряддя від меж ділянок. У дослідях з просапними культурами густина рослин на посіві має бути однаковою, якщо вона не є об'єктом вивчення.

Догляд за рослинами. За дослідними посівами доглядають так само, як і за виробничими, але в дослідях виконують усі агротехнічні процеси в оптимальні і найстисліші строки. Як уже зазначалося, переносити певну роботу на другий день можна лише в межах повторення, хоч і це роботи не бажано.

Після появи сходів оглядають дослідні посіви, щоб визначити рівномірність сівби, наявність огріхів, просівів або загущених рядків. У разі потреби у місцях загущення проріджують сходи, а при зрідженні – підсівають.

Оглядаючи ділянки після появи сходів, відбивають кінцеві захисні смуги (вирізують сапою вузькі доріжки), поновлюють бокові межі ділянок, розставляючи на них кілочки. Під час прополювання бур'янів на ділянках при потребі можна вести їх облік.

Розпушування міжрядь, підгортання, підживлення, зрошення, хімічну боротьбу з бур'янами, хворобами та шкідниками на всіх ділянках дослідів проводять на однаковому високому агротехнічному рівні. На досліді установлюють стенд з його описом, а на ділянках – етикетки. Дороги і доріжки протягом проведення дослідів підтримують у чистому від бур'янів стані.

15. ДОКУМЕНТАЦІЯ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Щоденник науковця. Іноді його називають польовим журналом, який являє собою розлінований загальний зошит у твердій обкладинці і такого формату, щоб можна було його носити у кишені і користуватись в польових умовах.

Протягом вегетаційного періоду у щоденнику записують все, що

стосується досліду: місце проведення (область, район, господарство, сівозміна, номер поля); схематичний план досліду, повторність, розмір дослідної ділянки, ширина захисних смуг; умови проведення досліду (грунт, рельєф, попередники, строки і норми внесення добрив, норма висіву насіння, його якість, строки сівби, стан сходів); описується догляд за посівами, методика обліків і спостережень, фіксуються випадки порушення методики та агротехніки; випадки і причини зрідження посівів чи їх знищення, наводяться дані фенологічних спостережень, обліків ураження і пошкодження рослин хворобами і шкідниками; облік виключок, врожайності та результатів аналізів якості продукції; аналіз фізичного стану та хімічного складу ґрунту; подається обробка результатів основних досліджень відповідними методами математичної статистики і наводяться результати економічної ефективності впровадження рекомендованих агротехнічних заходів чи нових перспективних сортів та дається їм енергетична оцінка.

Це далеко не повний зміст щоденника науковця, він може змінюватись залежно від мети та піддослідної культури. Наприклад, для зернових колосових культур, для кукурудзи, цукрових буряків, соняшника у щоденнику записуються властиві лише цим культурам спостереження, тому їх перелік і форми таблиць для запису будуть різними.

Головна книга досліду ведеться не в полі, а в лабораторії. У ній подається програма досліджень, у якій мусить бути вказано: тема, методи досліджень та наукове обґрунтування теми; робоча гіпотеза або кілька конкуруючих; схема досліду з виділеними контролями; розміри дослідних ділянок та ширина захисних смуг; повторність та розміщення варіантів; програма основних обліків та спостережень, строки їх проведення, методика відбирання зразків. Крім того, у головну книгу переносять із щоденника результати всіх обліків і спостережень. Робоча програма складається на весь період проведення досліду, тобто на кілька років, а щорічно розробляється та поновлюється план наукової роботи. Основним розділом плану є календарний план, в якому вказуються у хронологічному порядку всі роботи у досліді із зазначенням строку їх проведення.

Допоміжною документацією є різні журнали з розробленими формами таблиць для окремих аналізів: визначення основних показників фізичного стану та хімічних властивостей ґрунту, хімічного складу рослин, дегустаційної оцінки продукції тощо.

Важливим документом науковця є **річний звіт** за науково-дослідну роботу та підсумковий звіт за всю багаторічну роботу в кінці досліджу. У звітах подають тільки значення середніх арифметичних показників по кожному варіанту, а у додатках – дані по повторностях з відповідною статистичною обробкою. Важливим розділом звіту є висновки та пропозиції виробництву. Для рекомендацій на впровадження у виробництво кращих варіантів досліджу складаються спеціальні акти. За результатами наукових досліджень пишуть статті і реферати (короткий зміст статті), оформляють дипломні та дисертаційні роботи.

Запитання
для самоперевірки

- 1. Які етапи закладання польового досліджу?**
- 2. Як технологічно рівномірно внести добрива на ділянці?**
- 3. Які особливості проведення польових робіт в досліді?**
- 4. Яка документація повинна супроводжувати ведення досліджу?**

ЧАСТИНА ДРУГА

ОРІЄНТОВНІ СХЕМИ ТА ПЕРЕЛІК ОБОВ'ЯЗКОВИХ АНАЛІЗІВ, СПОСТЕРЕЖЕНЬ І ОБЛІКІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ОСНОВНИХ ПИТАНЬ АГРОНОМІЇ В ДОСЛІДАХ З ПОЛЬОВИМИ КУЛЬТУРАМИ¹

1. ДОСЛІДИ З ВИВЧЕННЯ РОЗМІЩЕННЯ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР У СІВОЗМІНІ ЧИ ПОЗА НЕЮ

1.1. Схеми дослідів

Щоб вивчити реакцію окремих культур на вирощування їх у сівозміні чи в беззмінних посівах, можна застосувати таку схему досліді: 1) перший варіант – культура в беззмінному посіві; 2) другий – культура у повторному посіві в сівозміні; 3) третій – культура у сівозміні після рекомендованого попередника.

Якщо планується дослід з вивчення впливу тривалості вирощування культур на одному полі в умовах повторних посівів на продуктивність рослин, у схему рекомендують включити такі варіанти:

- 1) культура в сівозміні після рекомендованого попередника;
- 2) культура другий рік на одному полі;
- 3) культура третій рік на одному полі;
- 4) культура четвертий рік на одному полі;
- 5) культура п'ятий рік на одному полі;
- 6) культура шостий рік на одному полі;
- 7) культура сьомий рік на одному полі;
- 8) культура восьмий рік на одному полі.

За потребою тривалість повторних посівів може бути зменшена вдвічі.

Якщо вивчають попередники для *озимих культур*, то загальна схема досліді буде такою; 1) парові попередники (чистий пар у Сте-

¹ За таким же принципом можна розробляти схеми дослідів та програми досліджень і для овочевих культур в умовах відкритого ґрунту

1. Досліди з вивчення розміщення польових культур у сівозміні чи поза нею (пу, зайнятий – в Лісостепу і Поліссі), 2) непарові попередники (про-сапні і культури звичайного рядкового способу сівби).

У кожній природно-економічній зоні є цілий ряд рекомендованих для озимини попередників, але не всі їх треба включати в схему досліду. Загальним для кожної зони має бути правило, що в схему досліду як контрольний варіант вводиться найбільш поширений і найкращий попередник, а в дослідних варіантах вивчаються менш поширені і мало вивчені попередники.

Нижче наведено такі можливі схеми дослідів з п'яти варіантів для різних природно-економічних зон:

Полісся

- 1) люпин (контроль);
- 2) конюшина на два укоси;
- 3) гречка;
- 4) картопля;
- 5) кукурудза на силос.

Лісостеп

- 1) горох (контроль);
- 2) озимі на зелений корм;
- 3) озимі на зелений корм + післяукісна гречка;
- 4) озимі на зелений корм + післяукісна кукурудза на зелену масу;
- 5) ріпак ярий.

Степ

- 1) чистий пар (контроль);
- 2) горох;
- 3) соя;
- 4) чина;
- 5) соняшник ранньостиглих гібридів.

У структуру попередників озимих культур у поліській зоні доцільно вводити також різні за тривалістю вегетаційного періоду сорти картоплі, оскільки даних з цього питання в науковій літературі дуже мало. Скільки різних за строками збирання сортів картоплі вирощується в районі досліджень, стільки варіантів можна включати в схему досліду.

В південних районах досліджуваними варіантами можуть бути також ранньостиглі сорти сої та гібриди соняшника і кукурудзи, які в останні роки впроваджуються у виробництво.

Вивчаючи попередники для *кукурудзи, ячменю ярого, вівса, проса, гречки, гороху, вики, сої*, в структуру доцільно включати ярі і озимі, просапні та культури звичайного рядкового способу сівби, додержуючи того ж правила, що в певному регіоні більшість дослідних варіантів займають мало вивчені попередники.

Залежно від можливості дослідника (одноосібного чи колективного) у досліді з зазначеними вище ярими зерновими злаковими і бобовими культурами можна включити такий набір попередників: озимі – пшениця, жито, ячмінь і ріпак; ярі – ячмінь і овес, просо і гречка, ріпак, горох і соя (для небобових), кукурудза, буряки цукрові і кормові, картопля і соняшник, баштанні (в Степу) і льон довгунець (в Поліссі) та льон олійний (в Лісостепу і Степу). Орієнтовною може бути схема досліду, в якому вивчають такі варіанти попередників для *кукурудзи*: 1) пшениця озима (контроль); 2) ячмінь озимий; 3) ячмінь ярий; 4) буряки цукрові (чи буряки кормові або картопля); 5) соняшник; 6) соя; 7) кукурудза. Таку схему досліду за винятком п'ятого варіанта можна застосувати і при вивченні попередників для *соняшнику* на півдні Лісостепу чи в Степу.

Вивчаючи місце *буряків цукрових* у сівозміні, треба враховувати, що, крім попередників, ця культура реагує і на передпопередники. Тому в схему одного досліду можна включати різні попередники, а в схему іншого – передпопередники. Наприклад, схема досліду з попередниками буряків цукрових може мати такий загальний вигляд: 1) озимі колосові (пшениця – контроль, ячмінь, жито); 2) ярі колосові (ячмінь, овес); 3) зернобобові (горох, соя); 4) ярі просапні (кукурудза, картопля, соняшники); 5) багаторічні бобові трави (однорічного, дво- чи трирічного використання).

Попередниками буряків цукрових у досліді можуть бути також різні сорти озимої пшениці. При цьому в структуру попередників треба вводити такі варіанти, які б різко розрізнялись між собою за висотою травостою чи за тривалістю вегетаційного періоду. Загальна схема такого досліду може бути такою: 1) найбільш поширений із реєстрованих сортів (контроль); 2) дуже високорослий і схильний до вилягання; 3) низькорослий, стійкий до вилягання; 4) з відносно тривалим періодом вегетації; 5) з коротким періодом вегетації.

У дослідях такого напрямку пшеницю озиму можна замінити іншими колосовими культурами, сорти яких можуть розрізнятись за тими чи іншими показниками.

Маючи на увазі, що такий найбільш поширений і рекомендований попередник буряків цукрових, як пшениця озима вирощують

після різних культур, останні можуть бути варіантами в досліді з передпопередниками: 1) конюшина на один укіс у Лісостепу, чистий пар у Степу (контроль); 2) горох чи соя; 3) кукурудза на зелену масу або силос; 4) картопля; 5) пшениця, ячмінь (для Степу).

Найбільш поширеною покривною культурою для *багаторічних бобових трав* у сівозміні в різних природно-економічних зонах країни є ячмінь ярий, тому при закладанні досліді цей варіант буде контрольним. Загальна схема досліді може включати такі покривні культури: 1) ячмінь (контроль); 2) овес; 3) просо; 4) гречку; 5) кукурудзу; 6) озимі на зелений корм; 7–9) озимі пшеницю, ячмінь чи жито.

У Лісостепу мало вивчене питання про розміщення в сівозміні *конопель* і льону олійного. За контроль може служити їх розміщення після пшениці озимої, а в дослідні варіанти можна включати широкий набір як просапних, так і культур звичайного рядкового способу сівби. Це озимі та ярі колосові, кукурудза різних строків збирання, корене- і бульбоплідні, соняшник (де його вирощують). Оскільки коноплі витримують повторні посіви, цей варіант є обов'язковою складовою частиною схеми досліді.

У районах Полісся досліді з вивчення попередників для *льону* і *картоплі* рекомендується закладати за такою загальною схемою: 1) озимі колосові (контроль); 2) конюшина різного строку використання; 3) ярі просапні; 4) ярі колосові.

Вивчаючи розміщення *люпину* як основної зернобобової культури Полісся, в дослід можна включати як попередники практично всі види культур, вирощуваних у цій зоні.

1.2. Планування спостережень і обліків

У кожному досліді всі дослідження можна поділити на дві групи: аналіз умов життя рослин та процесу формування врожаю.

Загальноприйнятим і обов'язковим незалежно від об'єкта досліджень слід вважати фіксування дат проходження фенологічних фаз розвитку рослинами тих культур, які вирощують у досліді. Оскільки проходження фенофаз більше залежить від погодних умов року, ніж від варіантів досліді (особливо у нетипові за погодними умовами роки), до обов'язкових досліджень слід віднести і аналіз таких основних елементів погоди, як інтенсивність випадання опадів протягом року і вегетаційного періоду, особливості температурного

режиму з фіксацією максимальних (улітку) і мінімальних (узимку) температур, стан вологості повітря протягом вегетації рослин. При цьому дослідник обов'язково повинен фіксувати екстремальні фактори погоди, які можуть значно вплинути на формування врожаю.

Решту досліджень умов життя рослин можна умовно поділити на основні і другорядні. Основні – обов'язкові дослідження, без яких не можна обійтись досліднику, а другорядні – це ті, результати яких допомагають розкрити причинність наслідків основних досліджень. Наприклад, дослідник в результаті обов'язкового обліку врожаю зерна виявив різке зниження його в одному з варіантів досліді, яке вже пізніше пояснив результатом аналізу структури врожаю, тобто результатом допоміжних досліджень.

Тематика основних і допоміжних обліків та спостережень залежить від напрямку досліджень та специфіки досліді.

У досліді з попередниками для будь-яких культур у програму треба включити дослідження умов життя, які насамперед є наслідком вирощування попередньої культури. Наприклад, відомо, що густина сходів озимих тісно корелює із зволоженістю посівного шару ґрунту. Зволоженість посівного шару, в свою чергу, залежить від строку збирання попередника та від кількості вологи, яка залишилася в ґрунті після нього. У зв'язку з цим дослідник повинен запланувати дослідження зволоженості верхнього (в тому числі й посівного) шару ґрунту на час сівби озимих культур.

Якщо згідно зі схемою досліді в структуру попередників озимих зернових входять різновидові культури, у тому числі й колосові злаки, то в програму основних і обов'язкових досліджень необхідно планувати вивчення фітосанітарного стану посівів озимих – забур'яненості та ураженості рослин хворобами і шкідниками. Вивчення цього питання є обов'язковим і в досліді з попередниками для ярих культур, де планується також аналіз водного режиму, який складається в кореневмісному шарі ґрунту на початку і наприкінці вегетації рослин.

У досліді, де порівнюють бобові попередники з небобовими, обов'язковим елементом досліджень є аналіз азотного живлення рослин при вирощуванні озимих і ярих (тільки не бобових) культур на різко відмінних між собою варіантах.

Умови життя піддослідних культур залежно від попередників можна оцінювати також за станом перезимівлі рослин озимих, інтенсивністю вилягання посівів. Останнє стосується ярих і озимих культур звичайного рядкового способу сівби.

До допоміжних досліджень умов життя рослин після різних попередників належить вивчення структури ґрунту, його щільності, будови та інших фізичних властивостей ґрунтового середовища.

Розвиток рослин оцінюють за фенологічними спостереженнями, а ріст і формування врожаю різних культур – за інтенсивністю наростання вегетативної маси і формування основних елементів структури врожаю.

Аналіз росту будь-яких культур у кожному досліді, в тому числі і з попередниками, необхідно починати з урахуванням інтенсивності появи сходів та визначення їх повної густоти. Спостереження за наростанням вегетативної маси проводять в основні фенологічні фази чи періоди розвитку рослин. Для озимих колосових – це кінець осінньої вегетації, початок виходу рослин у трубку, колосіння-цвітіння; для ярих колосових – кушіння, вихід у трубку, колосіння-цвітіння; для кукурудзи – фаза трьох–п'яти листків; початок викидання волоті; утворення початків; для буряків цукрових – змикання листя в рядках, змикання листя в міжряддях, інтенсивне наростання коренеплодів (кінець серпня). Динаміку наростання рослин оцінюють за їх масою, висотою стебла, кількістю листя та площею листового апарату. Оцінюючи формування врожаю зернових і зернобобових культур, треба враховувати густоту продуктивного стеблостою, кількість бобів або качанів на одній рослині, кількість і масу зерен у колосі, бобі, качані чи волоті.

Одночасно із збиранням урожаю на посівах коренеплідних культур визначають середню масу одного коренеплоду, а в насадженнях картоплі – середню масу бульб, їх кількість та загальну масу в гнізді.

Крім визначення врожаю, в кожному досліді обов'язково планують аналізи якісних показників. Для зернових колосових – це маса 1000 зерен, натура зерна, вміст білка (а в зерні пшениці – і клейковини); для олійних культур – вміст олії; для цукрових буряків – вміст цукру в коренеплодах тощо.

Обов'язковим для кожного досліду є статистичний аналіз результатів основних обліків у досліді. У досліді з попередниками поряд з даними про врожайність і якість продукції статистично опрацьовують і показники, які найбільш повно характеризують умови життя рослин залежно від попередників – запаси вологи в ґрунті, ураженість рослин хворобами і шкідниками тощо.

2. ДОСЛІДИ З СІВОЗМІННИМИ ЛАНКАМИ І СІВОЗМІНАМИ

2.1. Схеми дослідів

Досліди із сівозмінами не обмежуються тільки вивченням ефективності розміщення окремих культур, як це можна спостерігати у тимчасових дослідях. У стаціонарних дослідях із сівозмінами об'єктами досліджень є окремі сівозмінні ланки або цілі сівозміни.

В районах, де провідною культурою польової сівозміни є пшениця озима, загальна *схема сівозмінної ланки* буде такою: попередник пшениці озимої – пшениця озима – наступна культура. Якщо в досліді планують вивчити ефективність використання різних попередників для пшениці озимої, а після неї в усіх варіантах будуть вирощувати буряки цукрові, то в схемі дослідів буде стільки варіантів, скільки попередників взято для пшениці озимої. Наприклад, якщо пшеницю озиму і наступні за нею буряки цукрові у лісостеповій зоні розміщують після багаторічних трав на один укіс, озимих і ярих на зелений корм, гороху, кукурудзи на силос, гречки тощо, то схема дослідів з вивчення сівозмінних ланок буде такою:

- 1) ланка з багаторічними травами;
- 2) » з однорічними парозаймаючими культурами;
- 3) » з горохом;
- 4) » з кукурудзою на силос;
- 5) » з гречкою;
- 6) » з іншими непаровими попередниками пшениці озимої.

Якщо в сівозмінних ланках перші дві культури однакові, то в схемі дослідів варіант називають за заключною культурою, наприклад:

- 1) ланка з кукурудзою;
- 2) » з буряками цукровими;
- 3) » з картоплею;
- 4) » з соняшником;
- 5) » з іншою заключною культурою.

У досліді можна також вивчати сівозмінні ланки, які розрізняються двома або трьома культурами, набір яких у різних природно-економічних зонах буде неоднаковим. Наприклад, у лісостеповій зоні схема дослідів з двома різними культурами може мати такі варіанти: 1) горох–пшениця озима–буряки цукрові; 2) горох–ячмінь–кукурудза; 3) горох–кукурудза–гречка; 4) горох–картопля–соняшник.

Схема досліду, варіанти якого розрізняються між собою трьома культурами сівозмінної ланки, може мати такий вигляд; 1) горох–пшениця озима–буряки цукрові; 2) ячмінь–картопля–соя; 3) овес–картопля–соняшник; 4) кукурудза – кукурудза – кукурудза.

При вивченні продуктивності цілих сівозмін схема досліду має передбачати: використання парозаймаючої культури чи чистого пару, наявність чи відсутність багаторічних трав, частку провідних культур.

У першому випадку в схему досліду включають варіанти сівозмін, які розрізняються тільки одним умовним паровим полем. Приклад схеми такого досліду з п'ятипільними сівозмінами наведено в табл. 5.

5. Схема досліду з чистим паром і різними парозаймаючими культурами в 5-пільних сівозмінах

Варіант	Номер поля				
	1	2	3	4	5
1	Чистий пар	Пшениця озима	Буряки цукрові	Кукурудза	Ячмінь
2	Озимі на зелений корм	Те саме	Те саме	Те саме	Те саме
3	Вико-овес на сіно	»	»	»	»
4	Конюшина на сіно	»	»	»	Ячмінь з підсівом конюшини
5	Кукурудза на зелений корм	»	»	»	Ячмінь

Щоб визначити роль багаторічних бобових трав різного видового складу в сівозмінах з певною кількістю полів, дослід планують за такою загальною схемою: в одному з блоків полів першого варіанта сівозмін планують вирощування однієї бобової багаторічної культури, у другому – другої і т. д., а в останньому варіанті – однорічних трав, з якими, як правило, і порівнюють багаторічні. У решті блоків полів в усіх сівозмінах вирощують однакові культури. Для прикладу скористаємось схемою досліду з п'ятипільними сівозмінами, наведеною в табл. 6.

Складніші схеми дослідів із сівозмінами при вивченні ефективності їх насичення провідними в даній зоні культурами. Це зумовлено тим, що при розширенні посівів однієї культури зменшуються площі іншої культури і навпаки.

6. Схема дослідів з вивчення багаторічних трав у 5-пільних сівозмінах

Варіант	Номер поля				
	1	2	3	4	5
1	Конюшина	Пшениця озима	Буряки цукрові	Кукурудза	Ячмінь з підсівом трав
2	Еспарцет	Те саме	Те саме	Те саме	Те саме
3	Люцерна	»	»	»	»
4	Вико-овес	»	»	»	Ячмінь

Тому в одному досліді з найменшими затратами на проведення досліджень можна вивчити одночасно кілька питань, суть яких полягає у концентрації посівів різних сільськогосподарських культур. Однак при цьому дослідник не повинен виходити за межі допустимого розширення чи скорочення посівів відповідної культури. Наприклад, у зоні бурякосіяння не можна зовсім виключати з сівозміни буряки цукрові або збільшувати їх площі до половини і більше в структурі зерно-бурякової сівозміни. Тому в дослід з 10-пільними сівозмінами рекомендують включати варіанти з одним, двома, трьома або чотирма полями буряків цукрових. Частка пшениці озимої в польових сівозмінах таких дослідів може становити 10–40%, гороху—0–30%. Дещо в більших межах може коливатись частка кукурудзи. Прикладом може бути схема 10-пільних сівозмін з різним насиченням названими культурами, наведена в табл. 7.

Збільшення частки пшениці озимої з 20 до 40% можна визначити на основі порівняння варіантів II, IV і V, а порівнявши I, II і III сівозміни, визначають ефективність збільшення чи зменшення посівів буряків цукрових. Порівнявши решту сівозмін дослідів з другою, можна визначити ефективність зміни частки кукурудзи в той чи інший бік від рекомендованого науковими установами рівня. Про ефективність виключення посівів гороху із структури посівних площ або збільшення площ цієї культури (до двох–трьох полів) можна робити висновки, порівнявши другу сівозміну з шостою, сьомою і восьмою.

7. Схема 10-пільних зерно-бурякових сівозмін з різним насиченням провідними культурами

		Варіанти сівозмін та їх зміст									
Номер поля	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
	30% пшениці, 20% кукурудзи, 10% гороху, 10% буряків	30% пшениці, 10% кукурудзи, 10% гороху, 20% буряків	30% пшениці, 0% кукурудзи, 10% гороху, 30% буряків	40% пшениці, 0% кукурудзи, 10% гороху, 20% буряків	20% пшениці, 20% кукурудзи, 10% гороху, 20% буряків	20% пшениці, 30% кукурудзи, 0% гороху, 20% буряків	20% пшениці, 30% кукурудзи, 20% гороху, 10% буряків	20% пшениці, 30% кукурудзи, 30% гороху, 10% буряків			
1	Кукурудза на зелену масу	Кукурудза на зелену масу	Кукурудза на зелену масу	Кукурудза на зелену масу	Кукурудза на зелену масу	Кукурудза на зелену масу	Горох	Горох			
2	Пшениця озима	Пшениця озима	Пшениця озима	Пшениця озима	Пшениця озима	Пшениця озима	Пшениця озима	Пшениця озима			
3	Кукурудза	Буряки цукрові	Буряки цукрові	Буряки цукрові	Буряки цукрові	Буряки цукрові	Кукурудза	Кукурудза			
4	Ячмінь з підсівом конюшини	Ячмінь з підсівом конюшини	Ячмінь з підсівом конюшини	Ячмінь з підсівом конюшини	Ячмінь з підсівом конюшини	Ячмінь з підсівом конюшини	Ячмінь з підсівом конюшини	Ячмінь			
5	Конюшина	Конюшина	Конюшина	Конюшина	Конюшина	Конюшина	Конюшина	Горох			
6	Пшениця озима	Пшениця озима	Пшениця озима	Пшениця озима	Пшениця озима	Пшениця озима	Пшениця озима	Пшениця озима			
7	Буряки цукрові	Буряки цукрові	Буряки цукрові	Буряки цукрові	Буряки цукрові	Буряки цукрові	Буряки цукрові	Буряки цукрові			
8	Горох	Горох	Горох	Горох	Горох	Кукурудза	Кукурудза	Кукурудза			
9	Пшениця озима	Пшениця озима	Пшениця озима	Пшениця озима	Кукурудза	Кукурудза	Горох	Горох			
10	Кукурудза	Кукурудза	Буряки цукрові	Пшениця озима	Кукурудза	Кукурудза	Кукурудза	Кукурудза			

Порівнявши між собою II, IV, V і VI сівозміни, можна виявити ефективність заміни одної зернової культури іншою, оскільки в усіх названих варіантах частка зернових однакова і становить 60%.

Схема наведеного в табл. 7 досліді придатна і для вивчення ефективності збільшення чи зменшення посівів зернових культур. Для цього другу сівозміну з типовим 60-процентним насиченням зерновими треба порівняти з третьою, першою, сьомою і восьмою, у яких частка зернових культур відповідно становить 50, 70, 80 і 90%. Окремо можна досліджувати сівозміни за ступенем насичення просапними культурами. У схемі стаціонарного досліді з 10-пільними сівозмінами (табл. 7) можна виділити варіант IV з трьома полями просапних, варіанти I–III, VII–VIII із 40-процентним насиченням, але з різним видовим складом просапних та варіанти V і VI, де просапні займають відповідно 50 і 60%. Для вивчення ефективності 100-процентного насичення сівозмін просапними культурами можна використати схему досліді, наведену в табл. 8.

8. Схема 5-пільних сівозмін з різним насиченням просапними культурами неоднакового складу

Варіант	Частка просапних, %	Культури в порядку чергування				
1	20	Горох	Пшениця озима	Буряки цукрові	Ячмінь	Овес
2	40	Вико-овес	Те ж	Те ж	Те ж	Кукурудза
3	40	Те ж	Те ж	Те ж	Те ж	Соняшник
4	60	Кукурудза на силос	Те ж	Те ж	Те ж	Те ж
5	60	Те ж	Те ж	Те ж	Те ж	Кукурудза
6	80	Те ж	Те ж	Те ж	Кукурудза	Те ж
7	80	Те ж	Те ж	Те ж	Те ж	Соняшник
8	100	Соя	Кукурудза	Те ж	Соя	Кукурудза
9	100	Те ж	Те ж	Те ж	Те ж	Картопля

2.2. Програма досліджень

Програма досліджень залежить від того, що є об'єктом досліджень у стаціонарних дослідах із сівозмінами – окремі сівозмінні ланки чи цілі сівозміни.

У дослідах із сівозмінними ланками можна обмежитись такими самими дослідженнями, як і в дослідах з попередниками. Додатково лише планують визначення продуктивності сівозмінних ланок за такими загальноприйнятими показниками, як вихід продукції на 1 га, вираженої в абсолютних величинах (зерно, коренеплоди тощо), а також у зернових, кормових і кормопротейінових одиницях. Останнім часом всю продукцію, одержану в сівозмінних ланках, рекомендується виражати відповідно до світових стандартів у калоріях чи джоулях.

Дослідження, які проводять у дослідах з попередниками і сівозмінними ланками, можна проводити і в дослідах з вивчення сівозмін. Водночас у тривалих стаціонарних дослідах із сівозмінами можна вивчити і питання, які не можна дослідити у короткотермінових дослідах. Це, наприклад, питання про зміну окремих елементів родючості ґрунту за одну чи кілька ротацій дослідних сівозмін. Щоб розкрити суть даної проблеми, дослідник у програмі досліджень повинен запланувати таке:

- дослідити вміст окремих елементів живлення в кореневмісному шарі в динаміці – на початку і наприкінці ротації і на основі цього провести балансові розрахунки елементів живлення за ротацію окремих варіантів сівозмін;
- визначити баланс гумусу в ґрунті за ротацію сівозмін;
- дослідити вплив окремих сівозмін на зміни основних показників фізичного стану орного шару ґрунту (щільність, структурність, водостійкість структури тощо);
- вивчити зміни засміченості ґрунту органами розмноження бур'янів за ротацію сівозмін різної конструкції;
- оцінити сівозміни за їх здатністю забезпечити охорону ґрунту від ерозії, запобігати нагромадженню збудників найбільш злісних хвороб і шкідників та створювати умови для одержання екологічно чистої продукції.

3. ДОСЛІДИ З ВИКОРИСТАННЯМ ДОБРІВ

3.1. Схеми дослідів

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

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

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

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

- 1) рекомендоване з врахуванням культури і ґрунту (контроль);
- 2) 1 : 1 : 1;
- 3) 0 : 1 : 1;
- 4) 0,5 : 1 : 1;
- 5) 1,5 : 1 : 1;
- 6) 2 : 1 : 1;
- 7) 1 : 0 : 1;
- 8) 1 : 0,5 : 1;

- 9) 1 : 1,5 : 1;
- 10) 1 : 2 : 1;
- 11) 1 : 1 : 0;
- 12) 1 : 1 : 0,5;
- 13) 1 : 1 : 1,5;
- 14) 1 : 1 : 2.

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

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

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

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

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

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

кальцієво-аміачна селітра; 5) амідні – карбамід (сечовина); 6) аміакати – КАС (карбамід-аміачна селітра).

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

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

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

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

На кислих ґрунтах різного ступеня доцільним буде вивчення ефективності різних форм і норм вапняних добрив і місця їх у сівозміні.

3.2. Планування досліджень

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

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

останні вносять безпосередньо для зниження кислотності ґрунтового середовища.

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

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

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

Умови живлення рослин можуть у тій чи іншій мірі проявлятися на їх ураженості хворобами, тому в дослідах з добривами вивченість поширеності хвороб на посівах є обов'язковим.

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

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

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

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

4. ДОСЛІДИ З ВИВЧЕННЯ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

4.1. Схеми дослідів

Напрямок досліджень з обробітку ґрунту досить різноманітний. В окремі групи дослідів з вивчення обробітку ґрунту можна об'єднати залежно від того, під які культури (ярі чи озимі) планується обробіток, основний це обробіток, передпосівний чи обробіток під час догляду за посівами. Водночас кожному із зазначених груп досліджень можна поділити на три підгрупи за строками, глибиною і способами обробітку.

Схеми дослідів з обробітку ґрунту під озимі залежать від попередників та зони досліджень. Для лісостепової зони приклади схем однофакторних дослідів з вивченням основного обробітку під пшеницю озиму після різних попередників можуть бути такими.

Після конюшини на один укіс: 1) полицева оранка на глибину 25–27 см (контроль); 2) безполицевий обробіток на 25–27 см; 3) обробіток важкими дисковими боронами на 10–12 см; 4) обробіток на глибину 14–16 см комбінованим агрегатом з плоскоріза, голчастої борони і котка.

Після гороху: 1) лушення дисковими луцильниками (контроль); 2) обробіток важкими дисковими боронами; 3) полицева оранка на глибину 20–22 см; 4) безполицевий обробіток на 20–22 см; 5) обробіток на глибину 14–16 см комбінованим агрегатом з плоскоріза, голчастої борони і котка.

Після кукурудзи на силос набір варіантів може бути такий самий, як і в досліді після гороху, лише за контроль слід взяти обробіток важкою дисковою бороною.

Найпростіші двофакторні дослідів при вивченні двох градацій способів і двох глибин обробітку ґрунту після багаторічних трав і кукурудзи на зелену масу рекомендується закладати за такою схемою:

- 1) полицева оранка на 20–22 см (контроль);
- 2) те саме на 14–16 см;
- 3) плоскорізний обробіток на 20–22 см;
- 4) те саме на 14–16 см.

При вивченні строків проведення основного обробітку ґрунту після різних попередників схема дослідів може бути такою:

- 1) обробіток відразу після збирання попередника;
- 2) те саме через два дні;
- 3) » чотири дні;
- 4) » шість днів.

Схеми дослідів з обробітком ґрунту під ярі культури. Дослід з вивчення способів зяблевого обробітку ґрунту під бур'яки цукрові можна закладати за такою схемою: 1) серпнева оранка на глибину 28–30 см (контроль), 2) серпнева оранка з коткуванням на 28–30 см з наступними культиваціями у міру проростання бур'янів (напівпаровий обробіток); 3) серпнєве лемішне луцення з одночасним коткуванням, культивація після появи бур'янів і полицева оранка на 28–30 см на початку жовтня; 4) серпневий обробіток на глибину 10–12 см важкими дисковими боронами з наступним коткуванням, культивація після появи бур'янів і полицева оранка на 28–30 см на початку жовтня; 5) серпнєве лемішне луцення з одночасним коткуванням, культивація після появи бур'янів і безполицевий обробіток на глибину 28–30 см на початку жовтня.

Якщо планується вивчення глибин основного обробітку під горох, схема однофакторного дослідів може включати такі варіанти обробітку:

- 1) оранка на глибину 12–14 см;
- 2) те саме 16–18 см;
- 3) » 20–22 см (контроль);
- 4) » 24–26 см;
- 5) » 28–30 см.

В іншому досліді на такі самі глибини можна планувати безполицевий обробіток ґрунту різними безполицевими знаряддями (плоскорізом, чизелем тощо).

Ефективність використання різних заходів весняного основного обробітку ґрунту замість зяблевого можна вивчити в досліді з такими варіантами: 1) зяблева оранка на глибину 20–22 см (контроль); 2) весняна оранка на 20–22 см; 3) весняний плоскорізний обробіток на 20–22 см; 4) весняний плоскорізний обробіток на 10–12 см; 5) весняний обробіток важкими дисковими боронами на глибину 10–12 см.

Схема дослідів з вивчення необхідності осіннього чи весняного вирівнювання ріллі може включати такі варіанти:

- 1) рілля не вирівнюється восени, вирівнюється навесні боронами (контроль);
- 2) рілля вирівнюється восени культиватором, а навесні боронами;
- 3) восени рілля вирівнювали, а навесні – ні.

В окремому досліді можна вивчити ефективність використання для передпосівної підготовки ґрунту таких сільськогосподарських машин і знарядь: 1) культиватора УСМК 5,4; 2) культиватора КПС-4; 3) шлейф-борін; 4) борін Радченка (ВНІЦ-Р); 5) важких зубових борін.

Дослід, у якому вивчають кількість допосівних проміжних культивацій (крім передпосівної) під пізні ярі культури (кукурудзу, просо, гречку тощо), можна закласти за такою схемою: 1) без проміжних культивацій; 2) одна проміжна культивація (контроль); 3) дві проміжних культивації; 4) три проміжних культивації.

У досліді, де вивчають обробіток ґрунту при догляді за посівами просапних культур, у схему можна включати варіанти, які б передбачали певну кількість обробітків або певну глибину міжрядного обробітку. Окремими варіантами в досліді з міжрядними обробітками можуть бути різні робочі органи просапних мотик, як наприклад: 1) стрілчасті лапи; 2) лапи-бритви; 3) лапи-долота; 4) пружинні лапи.

При вивченні ґрунтозахисного обробітку ґрунту об'єктами досліджень можуть бути як окремі заходи обробітку, так і системи різних заходів. Якщо досліджують окремі заходи обробітку, в схему досліді треба включати оранку і певні заходи безполицевого обробітку на різну глибину, а також обробіток з використанням знарядь, які неоднаково розпушують верхній шар ґрунту. Для прикладу, нижче наведена схема однофакторного досліді, в якому вивчають такі варіанти заходів основного обробітку ґрунту: 1) полицева оранка на глибину 20–22 см (контроль); 2) оранка плугами без полиць на 20–22 см; 3) плоскорізний обробіток на 20–22 см, 4) обробіток важкою дисковою бороною на максимально можливу глибину.

Якщо в досліді порівнюють різні системи ґрунтозахисного обробітку ґрунту, то варіанти повинні розрізнятись лише тими заходами обробітку, які суттєво можуть впливати на протиерозійну стійкість верхнього шару ґрунту.

Якщо дослідник планує вивчити стійкість ґрунту до вітрової ерозії на фоні різних систем зяблевого обробітку після стерньового попередника, то в досліді повинен бути такий набір варіантів, який забезпечив би різний ступінь збереженості стерні на поверхні поля. Цим вимогам, наприклад, відповідає схема з чотирьох варіантів: 1) лушення стерні дисковими луцильниками + полицева оранка на глибину 20–22 см (контроль); 2) лушення стерні дисковими лу-

щільниками + плоскорізний обробіток на 20–22 см; 3) плоскорізний обробіток на 20–22 см без попереднього лушення стерні, 4) чизельний обробіток на глибину 20–22 см без попереднього лушення стерні.

У районах поширення водної ерозії протиерозійні заходи зяблевого обробітку ґрунту у дослідах можна вивчати за такою схемою:

- 1) оранка полицева на заплановану глибину;
- 2) те саме з ґрунтопоглибленням;
- 3) » з утворенням переривчастих борозен;
- 4) » з утворенням валків;
- 5) » з утворенням лунок.

Відомо, що на посівах озимих культур і багаторічних трав як протиерозійний захід додатково в систему обробітку включають щілинування ґрунту. Вивчати ефективність цього агрозаходу доцільно з урахуванням глибини щілин або їх частоти на полі. Для першого випадку прикладом може бути схема:

- 1) без щілинування;
- 2) щілинування на глибину 30 см,
- 3) те саме 40 см;
- 4) » 50 см;
- 5) » 60 см.

Одним з актуальних напрямів досліджень щодо обробітку ґрунту є його *мінімалізація*. Оскільки розроблено кілька способів мінімалізації обробітку ґрунту, то і об'єкти досліджень у таких дослідах можуть бути різними. Це – зменшення глибини обробітку або кількості обробітків, використання комбінованих агрегатів обробітку чи прямого висівання насіння в ґрунт без попередньої підготовки поля.

Так, у схему досліду з вивчення мінімалізації обробітку ґрунту під ячмінь ярий після кукурудзи на зерно, можна одночасно включати такі варіанти: 1) оранка на глибину 25–27 см; 2) оранка на 20–22 см (контроль); 3) оранка на 15–17 см; 4) обробіток важкими дисковими боронами; 5) без обробітку.

У разі необхідності таку схему можна поділити на дві самостійних. При цьому перший дослід включав би тільки перші три варіанти, де можна було б вивчати ефективність зменшення глибини оранки під ячмінь, а решта варіантів разом з оранкою на певну глибину могли б скласти схему самостійного досліду з вивчення мінімалізації обробітку шляхом заміни оранки менш енергоємним заходом або відмовою від основного обробітку ґрунту.

Вивчення ефективності використання No-till технологій може базуватись на досліді, в якому порівнюються сівалки з різними типами сошника, як наприклад: 1) дводисковий; 2) анкерний; 3) дисковий з крильцями.

Деякі схеми дослідів можуть передбачати варіанти мінімалізації за рахунок зменшення глибин передпосівного чи післяпосівного обробітку або тільки їх кількості.

4.2. Перелік спостережень і обліків

Оскільки під час обробітку ґрунту може різко змінюватись фізичний стан його верхнього шару, що впливатиме на водно-повітряний режим та життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів, то програма обов'язкових досліджень повинна передбачати вивчення:

1) будови ґрунту на максимальну глибину обробітку з врахуванням співвідношення пор і твердої фази ґрунту, капілярної і некапілярної пористості, об'єму води і повітря в ґрунтових проміжках;

2) щільності 30-сантиметрового шару ґрунту відразу після обробітку та в основні періоди вегетації культури;

3) структури ґрунту та її стійкості до розмивання водою;

4) водопроникності ґрунту;

5) вологості кореневмісного шару на час сівби та в основні фази розвитку рослин.

У дослідях з вивчення способів і глибин основного обробітку до обов'язкових досліджень слід додати аналіз якості заробки рослинних решток попередника та органічних добрив, а в дослідях з різним передпосівним обробітком ґрунту – і якість загортання насіння.

З показників, які свідчать про інтенсивність мікробіологічних процесів у ґрунті, в дослідях з обробітком визначають інтенсивність виділення CO₂ («дихання» ґрунту), нітрифікаційну здатність верхнього шару і швидкість розкладу в ньому лляного полотна.

До обов'язкових досліджень у дослідях з обробітком ґрунту належать також аналізи забур'яненості посівів та розподілу насіння бур'янів по профілю ґрунту, який обробляється, здатності ґрунту протидіяти водній і вітровій ерозії. Як допоміжне можна планувати вивчення розподілу добрив по профілю ґрунту та окремих основних елементів живлення на глибину обробітку, хоч у дослідях з порівнянням полицевого і безполицевого обробітків такі дослідження вважаються обов'язковими.

Ріст рослин і формування врожаю в дослідах з обробітком аналізують за такими самими показниками, як і в інших описаних вище дослідах.

Якщо в досліді порівнюється полицевий основний обробіток з безполицевим, в програму обов'язкових досліджень доцільно включати вивчення пошарового розміщення кореневої системи вирощуваної культури.

У дослідах, де вивчають протиерозійний обробіток, доцільно включати в програму такі дослідження, як переміщення частинок ґрунту на поверхні поля (коли вивчаються заходи боротьби з вітровою ерозією) та інтенсивність змивання ґрунту (коли заходи спрямовані на боротьбу з водною ерозією).

5. ДОСЛІДИ, В ЯКИХ ВИВЧАЮТЬ СТРОКИ СІВБИ (САДІННЯ)

5.1. Схеми дослідів

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

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

У схему досліді обов'язково треба вводити два–три варіанти більш ранніх і три–чотири варіанти пізніших строків сівби.

Період від першого строку сівби до останнього може бути дещо тривалішим у досліді з озимими на зелений корм, а коротшим – у досліді з озимими зерновими культурами; дещо довшим – у досліді з

ячменем або житом, коротшим – з пшеницею озимою. Загальна кількість варіантів у досліді з озимими культурами може бути в межах 6–8–10.

Якщо крок між сусідніми варіантами в досліді з пшеницею озимою становить п'ять днів, то для лісостепових районів схема досліді може включати такі варіанти строків сівби:

1) 5 вересня; 2) 10 вересня; 3) 15 вересня (контроль); 4) 20 вересня; 5) 25 вересня; 6) 30 вересня; 7) 5 жовтня.

При вивченні строків сівби ярих культур не можна варіанти приурочувати до календарних дат. Строки сівби ярих культур доцільніше визначати за температурним режимом ґрунту, тому що в один рік ґрунт на глибині загортання насіння може прогріватись до 10 °С вже в першій декаді квітня, а в іншій такої температури не спостерігається навіть в останні дні квітня. Саме тому не можна планувати сівбу ярої культури кілька років підряд на одну і ту саму календарну дату. Доцільніше, як уже зазначалося, використовувати щорічно дані про настання оптимальної температури ґрунту для проростання насіння дослідної культури. Цю температуру ґрунту на глибині загортання насіння треба в досліді брати за контрольний варіант, а дослідні варіанти з кроком дослідження в 1–2 °С будуть розміщуватись по обидва боки від контролю за такою загальною схемою:

1) оптимальна температура ґрунту на глибині загортання насіння (контроль);

2) температура нижча оптимальної на 1–2°С;

3) те саме на 3–4°С;

4) температура вища оптимальної на 1–2°С;

5) те саме на 3–4°С;

6) те саме на 5–6°С.

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

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

5.2. Дослідницька робота

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

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

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

Крім фенологічних спостережень, обліків урожайності та аналізу якості одержаної продукції, в таких дослідах обов'язково беруть до уваги густоту сходів, визначають основні біометричні показники росту рослин, оцінюють посіви за стійкістю до вилягання, якщо воно характерне для культури. У досліді з озимими культурами і багаторічними травами обов'язково визначають ступінь перезимівлі рослин. Тому тут значну увагу приділяють вивченню температурного режиму за зимовий період з обов'язковим визначенням температури ґрунту на глибині вузла куціння пшениці і кореневої шийки трав.

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

6. ДОСЛІДИ, ДЕ ВИВЧАЮТЬ ГЛИБИНУ СІВБИ (САДІННЯ)

6.1. Схеми дослідів

Вибираючи варіанти досліду з глибиною сівби, дослідник повинен знати, що чим дрібніше насіння, тим мінімальна і максимальна глибина загортання насіння може бути меншою, і навпаки. Так, якщо в досліді з конюшиною або люцерною глибина загортання насіння буде коливатись по варіантах від 1 до 4–5 см, то в досліді з кукурудзою, насіння якої значно більше за розміром, варіювання глибини загортання може бути значно більшим – від 2 до 10–12 см.

Від розміру насіння залежить і крок між сусідніми варіантами, і чим воно більше, тим крок більший, і навпаки. Наприклад, якщо в досліді з кукурудзою різниця між двома суміжними варіантами може становити 1 чи 2 см, то в досліді з конюшиною – не більше 0,5 см. Нижче наводяться варіанти схем дослідів, де вивчають глибину загортання насіння зазначених вище культур.

Схема досліду з кукурудзою включає такі глибини: 1) 1–2 см; 2) 2–3 см; 3) 3–4 см; 4) 4–5 см; 5) 5–6 см; 6) 6–7 см; 7) 7–8 см; 8) 8–9 см; 9) 9–10 см; 10) 10–11 см; 11) 11–12 см.

Схема досліду з конюшиною може мати такі варіанти глибин 1) 0,5–1,0 см; 2) 1,0–1,5 см; 3) 1,5–2,0 см; 4) 2,0–2,5 см; 5) 2,5–3,0 см; 6) 3,0–3,5 см; 7) 3,5–4,0 см; 8) 4,0–4,5 см; 9) 4,5–5,0 см.

У дослідях з картоплею глибина висаджування бульб може коливатись від 2–3 до 18–20 см при порівняно великому (2–3 см) кроці між сусідніми варіантами.

6.2. Програма обов'язкових досліджень

Оскільки від глибини загортання насіння залежить поява сходів, то у таких дослідях спостереження за інтенсивністю появи сходів є обов'язковими. Обов'язковими є і фенологічні спостереження та визначення основних біометричних показників, які характеризують інтенсивність наростання надземної маси. Щоб більш повно можна було проаналізувати процес формування врожаю, обліковують не тільки його розмір, а й основні елементи структури врожаю.

На посівах зернових колосових культур при різній глибині загортання насіння треба обов'язково планувати визначення глибини залягання вузла кущіння та коефіцієнта кущіння.

На посівах *озимих культур* у програму обов'язкових досліджень включають спостереження за умовами перезимівлі (наявність снігового покриву і його стійкість, утворення притертої льодової кірки, нагромадження на поверхні поля талих вод, температура ґрунту на глибині залягання вузла куштиння).

У дослідях з *буряками цукровими* одночасно з визначенням маси коренеплодів ураховують і їх форму та як вони розміщуються в ґрунті – мілко чи глибоко, на однаковому рівні від поверхні ґрунту чи на різному.

У дослідях з *картоплею* до обов'язкових обліків і спостережень належать підрахунок кількості стебел в одному кущі, глибина розміщення столонів та утворення бульб, кількості бульб у кущі, їх розмірів, форми і маси.

Незалежно від видового складу культур у дослідях з глибиною загортання насіння обов'язковими є визначення вологості ґрунту на глибині залягання насіння, дослідження кореневої системи (розміщення коріння і його маси в шарі 0–40 см, а в разі можливості – і глибше), ураження коріння хворобами (коренеїдом, кореневими гнилями тощо) і ґрунтовими шкідниками (дротяниками, медведками та ін.) При цьому фіто- і ентомологічні дослідження треба планувати насамперед на ранніх етапах розвитку кореневої системи – у період формування сходів, бо молоді первинні корінці найбільш уразливі до шкідливих елементів агрофітоценозу.

До програми обов'язкових досліджень на посівах з високорослими культурами включають також вивчення стійкості рослин до вилягання, оскільки у багатьох культур (кукурудзи, соняшнику та ін.) при мілкому загортанні насіння рослини можуть вилягати навіть під незначним натиском вітру.

7. ДОСЛІДИ, В ЯКИХ ВИВЧАЮТЬ СПОСОБИ СІВБИ (САДІННЯ)

7.1. Схеми дослідів

Способи сівби залежать від багатьох факторів, основним з яких є засміченість ґрунту насінням бур'янів. Так, якщо потенціальна засміченість полів висока, то треба вибирати такий спосіб сівби, який

би забезпечив ефективну боротьбу з бур'янами протягом вегетації механічними заходами, зокрема за умови альтернативного землеробства або недостатнього забезпечення господарств високоефективними гербіцидами.

Залежно від культури і особливостей її агротехніки в схему дослідів можна включати різні варіанти. Наприклад, якщо загальноприйнятим для району досліджень був звичайний рядковий спосіб сівби досліджуваної культури (він береться в досліді за контроль), то з ним можна порівнювати різні варіанти стрічкових, перехресних та вузько- і широкорядних способів. У досліді, в якому планується вирощування просапної культури, в схему доцільно включати стрічковий і пунктирний способи сівби з різною шириною міжрядь.

З наведених нижче багатоваріантних схем дослідів для окремих груп просапних і культур звичайного рядкового способу сівби дослідник може вибрати найбільш придатні для себе варіанти.

Схема дослідів з культурами звичайного рядкового способу сівби:

- 1) рядковий спосіб з міжряддями 7,5 см;
- 2) те саме 15 см (контроль);
- 3) » 22,5 см.

В досліді зі стрічковим способом сівби можуть вивчатись такі схеми:

- 1) 30–15–15 см;
- 2) 45–15–15 см;
- 3) 30–7,5–7,5 см;
- 4) 30–7,5–7,5–7,5 см;
- 5) 30–7,5–7,5–7,5–7,5 см;
- 6) 45–7,5–7,5–7,5–7,5 см,
- 7) 45–7,5–7,5–7,5–7,5–7,5 см;
- 8) 45–7,5–7,5–7,5–7,5–7,5–7,5 см.

Схема дослідів з культурами широкорядного способу сівби може включати такі варіанти:

- 1) пунктирний спосіб сівби з шириною міжрядь 45 см;
- 2) те саме 60 см;
- 3) » 70 см;
- 4) » 140 см;
- 5) » 210 см.

У дослідях з картоплею в схему додатково можна включати як варіанти такі способи садіння:

- 1) звичайний (безгребеневий) з шириною міжрядь 45 см;
- 2) те саме 60 см;
- 3) » 70 см;
- 4) напівгребеневий з шириною міжрядь 45 см;
- 5) те саме 60 см;
- 6) » 70 см,
- 7) гребеневий з шириною міжрядь 45 см;
- 8) те саме 60 см;
- 9) » 70 см.

Окремі просапні польові культури (у зоні бурякосіяння до них належать і буряки цукрові) можна вирощувати розсадним способом. Цей спосіб мало поширений і практично не вивчений в умовах лісо-степової зони. Вивчати це питання можна в тимчасових дослідах, в схему яких, наприклад, включають такі варіанти з висіванням насіння і садінням розсади:

- 1) сівба насінням на кінцеву густоту з шириною міжрядь 45 см;
- 2) те саме 60 см;
- 3) » 70 см;
- 4) садіння розсадою з шириною міжрядь 45 см;
- 5) те саме 60 см;
- 6) » 70 см.

Схеми дослідів, в яких вивчають способи сівби багаторічних трав, повинні передбачати різні варіанти підпокривної сівби і чисті посіви. Чисті посіви, в свою чергу, можуть бути весняними і літніми з шириною міжрядь 15, 30, 45 і 60 см.

На рисових полях різні варіанти рядкового способу сівби можна порівняти з розсіванням насіння рису з літака уже в залиті невеликим шаром води чеки.

Розкидний спосіб сівби можна вивчати у порівнянні з рядковим і не на поливних землях, використавши для цього спеціальні сошники, які розкидають насіння смугою практично на всю ширину міжрядь.

7.2. Планування спостережень і обліків

У дослідах, де вивчають способи сівби чи садіння, важливими є дослідження забур'яненості посівів, визначення коефіцієнта витрачання вологи на утворення сухої речовини. Значна увага в таких дослідах приділяється спостереженням за проходженням рослинами

основних фенофаз, за виживанням рослин протягом вегетаційного періоду. Проте найбільше значення у цих дослідах мають обліки показників, які характеризують наростання вегетативної маси і формування основних елементів структури врожаю дослідної культури. Серед біометричних обліків обов'язковими є визначення густоти посівів на початок і кінець вегетації, замірювання висоти рослин, облік кількості листя та площі листкового апарату на одній рослині, визначення коефіцієнта кушіння злакових культур.

У дослідах з картоплею формування врожаю оцінюють за глибиною бульбоутворення, кількістю бульб у кущі, середньою масою бульб, виходом товарної продукції і насінневого матеріалу.

Із статистичних аналізів у таких дослідах найчастіше використовують кореляційний, за допомогою якого аналізують взаємозв'язки між окремими показниками росту рослин і їх продуктивністю.

8. ДОСЛІДИ З НОРМАМИ ВИСІВУ НАСІННЯ

Якщо спосіб сівби забезпечує просторове розміщення рослин у посіві, то норма висіву – кількісне розміщення на площі.

8.1. Схеми дослідів

Введення у виробництво все нових сортів та гібридів заставляє і селекціонерів, і інших науковців вивчати і встановлювати для них такі норми висіву насіння, за яких найкраще проявлявся б генетичний потенціал цих сортів чи гібридів. Дослідники при вивченні норми висіву частіше користуються кількісними (тис. чи млн. штук насінин на 1 га), ніж ваговими (кг/га) одиницями.

За контроль у таких дослідах завжди береться рекомендована на даний час для певної ґрунтово-кліматичної зони норма висіву зареєстрованого сорту чи гібриду даної культури, а в дослідних варіантах ця норма буде змінюватись у бік зменшення і збільшення. Але ніколи ці зміни не повинні бути лише в один бік, бік зменшення чи збільшення.

Для прикладу можна навести таку схему досліду з нормами висіву насіння кукурудзи для чорноземних ґрунтів Лісостепу:

- 1) 40 тис. схожих насінних на 1 га;
- 2) 50 те саме;
- 3) 60 » ;
- 4) 70 » ;
- 5) 80 » ;
- 6) 90 » .

Для пшениці озимої в степовій зоні схема досліду з нормами висіву насіння може включати такі варіанти:

- 1) 3,0 млн. шт. схожих зерен на 1 га;
- 2) 3,5 те саме;
- 3) 4,0 » ;
- 4) 4,5 » ;
- 5) 5,0 » ;
- 6) 5,5 » ;
- 7) 6,0 » .

8.2. Планування досліджень

Норма висіву насіння може впливати на освітленість рослин, тому що на загущених посівах вони будуть затінити одна одну. Загущені посіви будуть умовою швидкого росту рослин у погоні за світлом, що спричиняє утворення тонких стебел, схильних до вилягання. Через гірше попадання світла на загущених рослинах будуть гірше проходити процеси фотосинтезу, зате на таких посівах буде менше бур'янів, бо менше світла буде попадати на поверхню ґрунту. Тому крім показників продуктивності рослин в дослідах з нормами висіву насіння обов'язковими дослідженнями будуть виміри висоти рослин та діаметру стебла, оцінка освітленості та схильність рослин до вилягання, визначення забур'яненості посівів. Доцільними в таких дослідах буде визначення температури повітря на поверхні та в поверхневому шарі ґрунту, швидкості продукування ґрунтом вуглекислоти, забезпеченості рослин вологою в період інтенсивного їх росту. Особливу увагу необхідно досліднику приділити в дослідах з нормами висіву насіння визначенню структури врожаю та аналізу окремих її елементів.

- 4) половина рекомендованої норми на фоні середньої гумусованості ґрунту;
- 5) те саме на фоні високої гумусованості ґрунту;
- 6) » на фоні низької гумусованості ґрунту;
- 7) 0,75 рекомендованої норми на фоні середньої гумусованості ґрунту;
- 8) те саме на фоні високої гумусованості ґрунту;
- 9) » на фоні низької гумусованості ґрунту;
- 10) 1,25 рекомендованої норми на фоні середньої гумусованості ґрунту;
- 11) те саме на фоні високої гумусованості ґрунту;
- 12) » на фоні низької гумусованості ґрунту;
- 13) 1,5 рекомендованої норми на фоні середньої гумусованості ґрунту;
- 14) те саме на фоні високої гумусованості ґрунту;
- 15) » на фоні низької гумусованості ґрунту;
- 16) без гербіциду з низькою забезпеченістю ґрунту гумусом;
- 17) те саме з середньою забезпеченістю ґрунту гумусом;
- 18) » з високою забезпеченістю ґрунту гумусом.

У кожному конкретному випадку градація норми гербіциду може бути більшою або меншою. Це залежить від абсолютного показника рекомендованої норми: більша норма – більша градація і навпаки.

Норми гербіцидів можна вивчати також залежно від гранулометричного складу ґрунту. При цьому фактором *A* будуть норми гербіцидів за тією самою градацією, яка наводилась у попередній схемі, а фактором *B* – легкі, середні і важкі за гранулометричним складом ґрунту. Якщо дослідник планує визначити норми гербіцидів залежно від температури ґрунту або його вологості, то фактором *B* у двофакторному досліді у першому випадку будуть різні градації температури ґрунту з кроком між сусідніми варіантами 0,5– 1 °С, а в другому – вологість ґрунту на глибині заробки гербіцидів з кроком між сусідніми варіантами 1–2%.

У досліді з вивчення гербіцидів можна порівнювати і різні препарати за їх дією на бур'яни певної групи. Наприклад, перед дослідником ставиться завдання вибрати із багатьох гербіцидів найбільш ефективні на посівах пшениці озимої для боротьби з двосім'ядольними бур'янами. При цьому за контроль беруть варіант з використанням найбільш поширеного в зоні гербіциду. Решту гербіцидів, які менш поширені і менш вивчені, але які згідно з науковою і довідниковою літературою можна використовувати для боротьби з двосім'ядольними бур'янами на посівах колосових зерно-

вих культур, доцільно включати в групу дослідних варіантів.

За таким же принципом розробляють схеми дослідів, в яких порівнюють ефективність різних препаратів і на посівах інших культур.

Цінними є дослідження ефективності сумісного використання гербіцидів і добрив. При цьому доцільніше закладати двофакторні досліді, в яких фактором *A* будуть окремі препарати, норми гербіцидів чи їх суміші, а фактором *B* – окремі елементи (азот, фосфор, калій тощо) чи норми основних елементів живлення. Наприклад, дослідник планує вивчити ефективність двох норм аміної солі 2,4-Д на посівах пшениці озимої залежно від кількості одночасно внесених азотних добрив. При трьох градаціях азотних добрив загальна схема такого досліді може бути такою: 1) без гербіциду і без азоту; 2) перша норма гербіциду без азоту; 3) друга норма гербіциду без азоту; 4) без гербіциду на фоні першої норми азоту; 5) перша норма гербіциду на фоні першої норми азоту; 6) друга норма гербіциду на фоні першої норми азоту; 7) без гербіциду на фоні другої норми азоту; 8) перша норма гербіциду на фоні другої норми азоту; 9) друга норма гербіциду на фоні другої норми азоту; 10) без гербіциду на фоні третьої норми добрив; 11) перша норма гербіциду на фоні третьої норми добрив; 12) друга норма гербіциду на фоні третьої норми добрив.

У досліді можна одночасно вивчати ефективність гербіцидів і зрошення. При цьому першим фактором (*A*) будуть різні варіанти гербіцидів, а другим (*B*) – варіанти із зрошенням або без нього, різні поливні норми води тощо.

Щоб зменшити витрати препарату з метою охорони навколишнього середовища на посівах просапних культур, треба вивчати ефективність внесення гербіцидів суцільним і стрічковим способами. Загальна схема такого досліді може включати такі варіанти: 1) без гербіцидів, 2) суцільний спосіб внесення гербіцидів, 3) стрічковий спосіб внесення гербіцидів.

Останній варіант у наведеній вище схемі може передбачати різні градації ширини стрічки.

Знизити норму гербіцидів можна за рахунок їх поєднання з різними стимуляторами росту рослин, а вивчати ефективність такого поєднання рекомендується за наступною схемою: 1) без гербіциду; 2) рекомендована норма гербіциду (контроль); 3) 0,5 норми гербіциду; 4) 0,75 норми гербіциду; 5) 1,25 норми гербіциду; 6) 1,5 норми гербіциду; 7) без гербіциду з стимулятором росту рослин (СРР); 8) 0,5 норми гербіциду з СРР; 9) 0,75 норми гербіциду з СРР; 10) 1,0

норми гербіциду з СРР; 11) 1,25 норми гербіциду з СРР; 1,5 норми гербіциду з СРР.

Щоб вивчити стимулюючу чи токсичну дію досліджуваних гербіцидів (норм, строків, способів внесення) на культурні рослини, у вище наведені схеми додатково вводять варіант (чи кілька варіантів), де на безгербіцидному фоні бур'яни виривають вручну.

9.2. Планування спостережень і обліків

У зв'язку з тим, що гербіциди використовуються тільки як захід боротьби з бур'янами, у досліді треба насамперед планувати вивчення забур'яненості посівів. Це дослідження проводять різними методами кілька разів за вегетацію в основні фази розвитку культурних рослин. Якщо гербіциди вносять по вегетуючих культурних рослинах і бур'янах, забур'яненість визначають і перед внесенням препаратів.

Крім кількісного чи вагового визначення забур'яненості посівів, у досліді з гербіцидами треба брати до уваги насінневу продуктивність достиглих бур'янів. Це значною мірою визначатиме потенціальну забур'яненість посівів наступних культур.

Гербіциди за своєю природою можуть діяти на культурні рослини як інгібітори або стимулятори росту, тому в досліді з гербіцидами до обов'язкових досліджень належать спостереження і обліки, що стосуються росту і розвитку вирощуваної культури.

Знищуючи бур'яни, гербіциди можуть суттєво впливати на водно-поживний режим ґрунту. Саме тому в досліді з ними планується також визначення запасів вологи у кореневмісному шарі ґрунту і забезпеченість культурних рослин доступними формами основних елементів живлення.

До обов'язкових досліджень у таких досліді належить також вивчення особливостей мікробіологічних процесів в орному шарі ґрунту. При цьому необхідно визначити інтенсивність дихання ґрунту за швидкістю виділення з ґрунтового середовища вуглекислого газу, здатність мікроорганізмів розкладати клітковину та нітрифікаційну здатність ґрунту.

В досліді, у яких гербіциди поєднуються з використанням стимуляторів росту рослин, крім біометричних досліджень доцільно планувати і фізіологічні (вміст хлорофілів, ферментативна активність тощо).

Крім обліків урожаю та визначення основних показників якості, у дослідях з гербіцидами продукцію аналізують на вміст у ній залишкової кількості препарату. Виконують ці аналізи у спеціальних міжвідомчих лабораторіях, які за результатами аналізів дають дозвіл на використання сільськогосподарської продукції для харчових і кормових цілей.

10. ДОСЛІДИ, В ЯКИХ ВИВЧАЮТЬ ХІМІЧНИЙ ЗАХИСТ РОСЛИН ВІД ХВОРОБ І ШКІДНИКІВ

10.1. Схеми дослідів

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

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

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

Прикладом однофакторного дослідів, в якому порівнюватимуть ефективність різних препаратів у рекомендованих нормах, може бути польовий дослід з вивчення дії отрутохімікатів на плантаціях картоплі проти колорадського жука з таким варіантами: 1) Актара; 2) Карате; 3) Конфідор; 4) Моспілан; 5) Банкол; 6) без хімічної обробки.

Аналогічною може бути схема дослідів, який включає п'ять

варіантів-препаратів у рекомендованих нормах для протруювання насіння пшениці озимої проти кореневих гнилей: 1) Вінцит; 2) Дивіденд; 3) Вітавакс 200 фф ; 4) Раксил; 5) Байтан-універсал; 6) без хімічної обробки насіння.

Різні препарати-протруювачі насіння можна вивчати і в двофакторному досліді, де як фактор *B* будуть різні полімериплівкоутворювачі або регулятори росту.

Наприклад, найпростіша схема двофакторного досліді, в якому планується одночасно вивчати ефективність одного із протруйників (Вітавакс 200 фф) і регулятора росту рослин (Біолан), може бути такою: 1) без обробки насіння і рослин препаратами; 2) насіння протруєне, посіви не оброблені СРР; 3) насіння протруєне, посіви обприскані СРР; 4) насіння не протруєне, посіви обприскані СРР.

В окремих дослідіах можна вивчати різні варіанти комплексного застосування хімічних засобів захисту рослин. Наприклад, розглянемо схему такого дослідіа на посівах кукурудзи з такими варіантами. 1) протруювання насіння Вітаваксом 200 фф, обприскування посівів у фазі 2–3 листків Децісом; 2) насіння протруюють Раксилом, а посіви у вищезазначений період обприскують БІ-58; 3–4) при протруюванні і обприскуванні використовують відповідно Вітавакс 200 фф і БІ-58 та Раксил і Деціс.

Різні хімічні засоби захисту рослин доцільно вивчати одночасно з агротехнічними. При цьому фактором *B* у двофакторному досліді можуть бути попередники, обробіток ґрунту, строки сівби тощо. Наприклад, якщо в дослідіах планується вивчати ефективність різних норм хімічних препаратів залежно від якості попередників пшениці озимої, то фактор *A* повинен включати поряд з рекомендованими нормами нижчі і вищі норми препаратів, а фактор *B* – різні попередники. Ними, наприклад, можуть бути попередники раннього, середнього і пізнього строків збирання.

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

Актуальними слід вважати дослідіах, спрямовані на порівняння ефективності хімічного і біологічного захисту рослин від шкідливих елементів з врахуванням, що останній буде альтернативним першому за умов біологізації землеробства. Наприклад, якщо в дослідіах планується порівняти дію різних норм Децісу з випусканням на посіви кукурудзи трихограми проти кукурудзяного метелика, то

схема досліду може мати такі варіанти:

- 1) Деціс з розрахунку 0,5 л/га;
- 2) те саме 0,6 л/га;
- 3) » 0,7 л/га;
- 4) трихограма з розрахунку 50 тис. особин/га;
- 5) те саме 100 тис. особин /га;
- 6) » 150 тис. особин /га;
- 7) » 200 тис. особин /га;
- 8) без Децісу і трихограми.

10.2. Спостереження і обліки

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

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

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

11. ДОСЛІДИ З ВИВЧЕННЯМ ПРОТИЕРОЗІЙНИХ ЗАХОДІВ

11.1. Схеми дослідів

Об'єктами досліджень у дослідах з вивченням протиерозійних заходів можуть бути обробіток ґрунту, структура посівних площ у сівозміні, смугове розміщення посівів, види лісосмуг та їх розміщення на полі тощо.

Приклади схем дослідів, де вивчають протиерозійний обробіток ґрунту в районах поширення водної і вітрової ерозії, наведені в розділі 4 цієї частини книги, де розглядались схеми дослідів з обробітком ґрунту.

В дослідах, у яких вивчається вплив частки просапних культур у сівозміні на хід ерозійних процесів, загальна схема може мати такі варіанти 1) типове для зони досліджень насичення просапними без багаторічних трав, 2) те саме з багаторічними травами; 3) нижчий (з відповідною градацією) процент просапних без багаторічних трав; 4) те саме з багаторічними травами; 5) вищий (з відповідною градацією) процент просапних без багаторічних трав; 6) те саме з багаторічними травами.

Окремо в досліді можна вивчати тривалість використання багаторічних трав у сівозміні та їх вплив на протиерозійну здатність ґрунту. Схема дослідів у вигляді окремих варіантів включатиме однорічне, дворічне, трирічне і більш тривале вирощування на одному полі багаторічних трав.

Об'єктом дослідження у таких дослідах може бути і видовий склад багаторічних трав. Схема дослідів при цьому може мати такий загальний вигляд 1) різні види бобових трав (еспарцет, люцерна, конюшина); 2) різні види злакових трав (грязиця, вівсяниця лучна, кострець безостий, тимофіївка тощо); 3) різні сумішки бобових і злакових трав.

Крім багаторічних трав, об'єктом досліджень у дослідах з вивчення протиерозійних заходів можуть бути і однорічні культури. Загальна схема дослідів буде такою: 1) ярі колосові (ячмінь, овес, пшениця), 2) озимі колосові (пшениця, жито, ячмінь); 3) зернобобові (горох, соя); 4) корене- і бульбоплідні просапні (буряки цукрові і кормові, картопля); 5) інші просапні (кукурудза, соняшник).

Із приведеної схеми дослідів можна вибрати для досліджень тільки окремі варіанти. Так, самотійним може бути дослід, в якому

порівнюватимуть: а) тільки культури звичайного рядкового способу сівби; б) тільки культури просапні; в) ярі колосові з озимими колосовими; г) ярі колосові із зернобобовими; д) окремі види культур звичайного рядкового способу сівби з окремими просапними культурами.

У степових районах доцільно також вивчати вплив на протиерозійну стійкість ґрунту виведення з сівозміни чистого пару (чорного і раннього або весняного). Окремими варіантами в такому досліді будуть схеми сівозмін з чистим паром та різними видами парозаймаючих культур (озимі і ярі на зелений корм).

Вивчаючи ґрунтозахисну роль смугового розміщення посівів і чистого пару в Степу, дослід закладають за такою загальною схемою: 1) чистий пар; 2) чергування на полі чистого пару із смугами посівів озимих культур; 3) різні види просапних культур; 4) чергування на полі різних видів просапних із смугами культур звичайного рядкового способу сівби різновидового складу.

У таких дослідіях окремо можна вивчати вплив на ерозійну стійкість ґрунту ширини смуг. Це зумовлено тим, що їх ширина на схилах різної крутизни за ефективністю неоднакова. Так, можна передбачити, що на крутіших схилах ширину смуг треба зменшувати, а на пологіших – збільшувати. Для наукового обґрунтування ширини смуг дослід закладають на схилах різної крутизни або на неоднакових рівнях схилу.

На схилах різної крутизни доцільніше закласти двофакторний дослід, наприклад, за такою схемою:

- 1) рівнинна територія (схил до 1°), ширина смуг 30 м;
- 2) те саме 50 м;
- 3) » 70 м;
- 4) схил від 1 до 3°, ширина смуг 30 м;
- 5) те саме 50 м;
- 6) » 70 м;
- 7) схил від 3 до 5°, ширина смуг 30 м;
- 8) те саме 50 м;
- 9) » 70 м;
- 10) схил від 5 до 7°, ширина смуг 30 м;
- 11) те саме 50 м;
- 12) » 70 м.

Ширина смуг у різних варіантах досліді має бути кратною ширині захвату сівалок, за допомогою яких висівають культури. Якщо на одних смугах висівають культуру звичайного рядкового способу

сівби, а на інших – просапну, то насамперед ширина смуги має бути кратною ширині захвату сівалок, якими висівають просапну культуру.

На дуже довгих і пологих схилах ефективність використання смуг різної ширини треба вивчати на різних рівнях: у верхній, середній і нижній частинах.

Вивчаючи роль лісосмуг як протиерозійного заходу, до уваги беруть те, на яку відстань поширюється вплив лісосмуг різної конструкції. Тому об'єктом дослідження при цьому може бути як сама конструкція лісосмуг, так і відстань від них. Обидва ці об'єкти можна вивчати у двофакторному досліді. Якщо порівнюють ефективність дії лісосмуги продувної конструкції з непродувною, а за відстань беруть одно-, п'яти-, десяти-, п'ятнадцяти- і двадцятикратну висоту середнього дерева в ній, то схема досліду буде такою:

- 1) продувна лісосмуга на відстані однократної висоти дерева;
- 2) те саме 5-кратної висоти;
- 3) » 10-кратної » ;
- 4) » 15-кратної » ;
- 5) » 20-кратної » ;
- 6) непродувна лісосмуга на відстані однократної висоти дерева;
- 7) те саме 5-кратної висоти;
- 8) » 10-кратної » ;
- 9) » 15-кратної » ;
- 10) » 20-кратної ».

11.2. Планування досліджень

Планування дослідницької роботи залежить від виду протиерозійних заходів, які вивчають у досліді.

Якщо об'єктом досліджень є протиерозійний обробіток ґрунту, в програму дослідницьких робіт обов'язково включають дослідження фізичного стану верхнього кореневмісного шару ґрунту з визначенням таких показників, як структура та її водостійкість, водопроникність, зволоженість як мінімум метрового шару, наявність на поверхні поля рослинних решток, інтенсивність змивання чи видування ґрунту тощо. Те саме планується і в досліді з різною структурою посівних площ у сівозміні та смуговим розміщенням посівів. У досліді, де структуру посівних площ змінюють за рахунок різного співвідношення просапних і культур звичайного рядкового способу сівби, однорічних і багаторічних культур, доцільно також вивчати

зміни біологічного режиму в ґрунті з визначенням загальної кількості мікроорганізмів, їх видового складу та інтенсивності життєдіяльності.

Якщо протиерозійним заходом в досліді є використання лісосмуг, то велику увагу приділяють дослідженням щодо змін мікроклімату під впливом деревовидних насаджень. При цьому на різних відстанях від лісосмуги обов'язково визначають швидкість вітру, розподіл листя і снігу, температуру і вологість повітря, температуру і глибину промерзання ґрунту, запаси ґрунтової вологи в кореневмісному шарі. Визначаючи швидкість вітру в приземному шарі, одночасно враховують здатність повітряного потоку до перенесення ґрунтових частинок, що спричинює пилові бурі і розвиток вітрової ерозії.

Зміна мікроклімату на полі під впливом лісосмуг може впливати і на умови фітосанітарного стану рослин, тому вивчення цих умов у дослідях з використанням лісосмуг є обов'язковою складовою планування досліджень. При цьому беруть до уваги поширеність шкідників і збудників хвороб та інтенсивність ураження ними рослин вирощуваних культур.

Ріст рослин і формування врожаю в дослідях з використанням протиерозійних заходів оцінюють за результатами біометричних обліків, характерних для певної культури незалежно від напряму досліджень (див. розд. 1–9 цієї частини книги).

12. ДОСЛІДИ ІЗ СОРТОВИПРОБУВАННЯ

Дослідження із сортовипробування проводять в умовах державних обласних сортовипробувальних станцій, хоч проводити їх можна також і в інших наукових установах, навчальних закладах чи безпосередньо в господарствах. Як уже зазначалося, рекомендації для реєстрації нового сорту чи гібриду певної сільськогосподарської культури дають тільки на основі державного сортовипробування.

План сортовипробування розробляють для всіх сільськогосподарських культур, поширених у зоні діяльності випробувальної станції. При цьому зазначають стандарт по кожній культурі з кращих і найбільш поширених на даний час зареєстрованих сортів чи гібридів.

12.1. Схеми дослідів

Залежно від напрямку досліджень у досліді одночасно можна вивчати кілька сортів чи гібридів. Так, при розширеному сортовипробуванні вивчають сорти чи гібриди, які перебувають у випробуванні на сортостанціях області, а також нові для області сорти чи гібриди вітчизняної або іноземної селекції.

Нові сорти або гібриди, які виділились у розширеному сортовипробуванні, через 1–2 роки передають у конкурсне випробування на інші сортовипробувальні станції, а сорти, які погано себе зарекомендували, знімають з випробування без передавання в конкурсне випробування. У досліді з розширеним сортовипробуванням може бути 20 варіантів або й більше. Якщо варіантів більше 20, серед повторення вводять дві або більше ділянок із стандартом. Крім того, при великому наборі варіантів сорти можуть розрізнятися за скоростиглістю. Тому їх треба згрупувати за цим показником і для кожної групи доцільно вводити свій стандарт. Наприклад, для групи скоростиглих сортів за стандарт беруть і скоростиглий зареєстрований сорт, а для групи пізньостиглих сортів – відповідно і пізньостиглий зареєстрований сорт. Так роблять і при дослідженні сортів високо- і низькорослих рослин, схильних і стійких до вилягання. При цьому кожну групу сортів чи гібридів порівнюють із своїм стандартом.

На сортовипробувальних станціях при розширеному сортовипробуванні випробовуються сорти, які перебувають у конкурсному випробуванні в інших областях.

У конкурсному сортовипробуванні дається рекомендація для реєстрації нових сортів, які істотно відрізняються від стандарту та інших сортів за врожайністю і якісними показниками врожаю.

Для того, щоб результати конкурсного сортовипробування були достовірними, такі досліді повинні включати меншу кількість варіантів порівняно з дослідіми з розширеним сортовипробуванням. Висівають культури при конкурсному випробуванні, як мінімум, у чотирикратній повторності з використанням ямб- чи дактиль-методу розміщення варіантів.

Ще менше варіантів у схемах дослідів з виробничим сортовипробуванням, яке проводять у передових господарствах з високим рівнем культури землеробства. Для виробничого випробування беруть лише перспективні незареєстровані сорти, які були кращими в конкурсному випробуванні. Як правило, в одному господарстві ви-

робниче випробування проходять дві–три культури. При цьому один-два нових сорти чи гібриди порівнюють з кращим зареєстрованим сортом чи гібридом, який вирощують у господарстві.

У дослідах незалежно від способу випробування об'єкти досліджень розміщують тільки після типових для даної культури і зони попередників.

12.2. Планування спостережень і обліків

У дослідах із сортовипробування незалежно від культури обов'язково планують такі дослідження:

1. Облік густоти сходів і густоти рослин перед збиранням урожаю з урахуванням густоти продуктивного стеблостою.
2. Фіксація фенологічних фаз розвитку рослин.
3. Визначення морозо- і зимостійкості посівів (для озимих культур і багаторічних трав).
4. Визначення посухостійкості посівів за допомогою фіксації в'янення листя.
5. Облік динаміки росту рослин з урахуванням кількості листя та їх площі, висоти і маси надземних органів.
6. Аналіз вирівняності посівів за висотою рослин (для коренеплідних – за заглибленням коренеплоду в ґрунт).
7. Визначення стійкості рослин до ураження хворобами та пошкодження шкідниками.
8. Визначення стійкості посівів проти вилягання (для високорослих культур), розтріскування бобів і стручків, осипання зерна, проростання зерна в колосі (для колосових культур).
9. Аналіз одночасності досягання врожаю – для зернових, олійних, насінників буряків і багаторічних трав тощо.
10. Аналіз структури врожаю: довжина колоса, кількість колосків у колосі, кількість зерен у колосі, маса зерна в колосі (для колосових культур), кількість зерна у волоті, маса зерна у волоті, довжина качана, маса качана, маса зерна в качані (для неколосових зернових культур); кількість бобів і стручків на рослині, кількість зерен у бобі і стручці, маса зерна і насіння в бобі і стручці, маса зерна і насіння з однієї рослини (для зернобобових і хрестоцвітних культур); діаметр кошика, кількість і маса насінин у кошику, кількість рослин з вираженою пустозернистістю, про-

цент пустих зерен (для соняшнику); кількість коробочок на одній рослині, маса насіння в коробочці і з однієї рослини (для льону і маку олійного).

11. Облік урожаю основної і побічної (якщо така використовується) продукції.
12. Аналіз якості врожаю за такими показниками: масою 1000 зерен чи насінин, натурою зерна або насіння (для зернових і олійних культур), середньою масою коренеплоду і бульб (для коренеплідних і бульбоплідних культур), виходом насіннєвого матеріалу і його вирівняністю (для всіх культур), вмістом білка в зерновій продукції всіх культур, клейковини – в зерні продовольчої пшениці, цукру – в коренеплодах цукрових буряків, крохмалю – в бульбах картоплі, олії – в насінні олійних культур, перетравного протеїну – в кормовій продукції, лузжистістю насіння соняшнику, вмістом алкалоїду – в зерні люпину, ерукової кислоти – в продукції ріпаку тощо.

ЧАСТИНА ТРЕТЯ

ДОСЛІДЖЕННЯ З ПЛОДОЯГІДНИМИ КУЛЬТУРАМИ

1. ОСОБЛИВОСТІ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДІВ У БАГАТОРІЧНИХ ПЛОДОЯГІДНИХ НАСАДЖЕННЯХ

Ці дослідження базуються на тих самих загальнонаукових і спеціальних методах досліджень, що й з іншими об'єктами в агрономії. Однак основний зі спеціальних методів – *польовий дослід* з багаторічними плодючими культурами має значні відмінності від дослідів з малорічними польовими та овочевими культурами. Одна з основних відмінностей та, що дослідження проводяться з порівняно великогабаритними рослинами (деревами, кущами), які на одному місці ростуть багато (від десяти до кількох десятків) років, послідовно проходячи декілька періодів у своєму рості і розвитку (росту в розсаднику і в саду до плодоношення, росту і плодоношення, повного плодоношення, затухаючого плодоношення тощо). Тому варіювання показників спостережень, вимірювань, обліків та аналізів зумовлюється не тільки неоднорідністю ґрунтових та інших просторових чинників (рельєфу, експозиції схилів, захисних бар'єрів тощо), а й від стану розвитку і продуктивності кожної досліджуваної рослини зокрема. Останнє залежить від впливу на багаторічні рослинні організми численних природних факторів та заходів, пов'язаних з технологіями вирощування насаджень, який важко, а інколи й неможливо, достатньо повно визначити й врахувати. Через це при закладанні дослідів у деревних чи кущових плодючих насадженнях і визначенні необхідної кількості повторень для забезпечення належної достовірності досліджень враховують, поряд з показниками родючості ґрунту на всіх ділянках варіантів дослідів у намічуваних повтореннях, ще й показники стану і продуктивності окремих рослин (плодових дерев, ягідних та виноградних кущів) для визначення необхідної їх кількості у варіантах на облікових ділянках повторень. Тому в цих дослідів площі облікових ділянок бувають різні відповідно до кількості на них облікових дерев чи кущів, вирощуваних за різних конструкцій насаджень і відповідних площ живлення рослин.

Полюві досліди не зовсім однаково закладаються і проводяться у насадженнях різних плодових і ягідних культур, а також за вирощування їх садивного матеріалу у розсадниках і в промислових садах та ягідниках, де отримується товарна продукція. Ці особливості досліджень зумовлюються значними відмінностями технологій вирощування саджанців у розсадниках і продуктивних дерев та кущів у товарних насадженнях.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ В ПЛОДОЯГІДНИХ РОЗСАДНИКАХ

2.1. Закладання і проведення дослідів

У плодорозсадницьких господарствах для повного циклу вирощування саджанців плодоягідних культур організують необхідні насадження. Це маточні сади і ягідники із зареєстрованими для відповідних природних зон сортами всіх плодових порід і ягідних культур, саджанці яких потрібно вирощувати для закладання промислових насаджень. В них агротехнічні досліди (з вивченням площ живлення, обрізування дерев і кущів, утримання ґрунту, удобрення, захисту від хвороб і шкідників тощо) закладають і проводять так, як і в товарних садах і ягідниках. Також є маточники клонових (вегетативних) підщеп, де укорінюючи пагони вирощують їхні саджанці, на які прищеплюють розмножувані сорти з маточних сортових насаджень. Тут проводять досліди з вивчення різних форм чи типів клонових підщеп, способів їх розмноження (вертикальними пагонами чи горизонтальними відсадками або живцями), підгортання різними субстратами для посилення укорінення тощо. Залежно від площ живлення маточних рослин та вирівняності ґрунтових умов площі і конфігурації облікових ділянок можуть бути різні, але такі, щоб на них розміщувалась достатня кількість облікових маточних рослин для забезпечення належної достовірності результатів досліджень. Ці рослини повинні бути добре розвинені. Відсталі в рості, пригнічені вибраковують з числа облікових при закладанні дослідів, а також і під час його проведення, якщо вони значно пошкоджені механічно робочими знаряддями або хворобами чи шкідниками.

Насінневі підщепи вирощують у шкілці сіянців. Для отримання

доброякісного підщепного матеріалу в шкілку потрібно висівати кондиційне, відповідно підготовлене (стратифіковане) насіння і створювати для сіянців оптимальні умови мінерального живлення, вологозабезпечення, фітосанітарного стану середовища тощо. Ці питання також вирішуються на основі відповідних досліджень з вивчення підготовки ґрунту для шкілки, удобрення і підживлення (під час вегетації) та зрошення сіянців тощо. Тут в агротехнічних дослідах кількість повторень і розміри облікових ділянок у них залежать, в основному, від вирівняності родючості ґрунту на площі під шкілкою сіянців, яка не буває надто великою, і, як правило, розміщена на рівних (за рельєфом) ділянках з добре окультуреним родючим ґрунтом.

Прищеплені на підщепах саджанці культурних сортів плодкових порід вирощують у трьох полях розсадника впродовж трирічного періоду. У перше поле висаджують вирощені в маточнику клонових підщеп укорінені саджанці або сіянці, вирощені в шкілці (насінневі підщепи), і на них прищеплюють (переважно способом окулірування) прищепи культурних сортів з вищезазначеного маточного сортового саду.

Для закладання агротехнічних дослідів при вирощуванні саджанців, який проводитиметься протягом двох (якщо реалізують однорічні саджанці) або трьох років (якщо вирощують і реалізують дворічні саджанці), ретельно відбирають необхідну кількість саджанців-підщеп для всього дослідів тільки першого сорту за стандартом зі страховим фондом не менше 10% загальної кількості. Їх оцінюють не тільки візуально, а й вимірюють діаметр кожного на висоті 10 см від кореневої шийки і зважують та за цими показниками ранжирують і розподіляють по повтореннях та варіантах так, щоб за результатами математичної обробки забезпечувалась необхідна точність дослідів і між варіантами не було істотних відмінностей. Якщо цього не досягається, то збільшують кількість саджанців-підщеп на кожній обліковій ділянці, а також ретельніше їх перегруповують між повтореннями та обліковими ділянками, щоб забезпечити більш вирівняні середні показники по повтореннях і менші відмінності між варіаційними рядами. Далі при висаджуванні підщеп у перше поле і вирощуванні їх до окулірування та окулянтів у другому (однорічок) і дворічних саджанців у третьому полях забезпечують однакове, високоякісне й одночасне виконання всіх агротехнічних заходів догляду за насадженням на всіх повтореннях та облікових ділянках.

При вирощуванні саджанців у першому, другому і третьому полях розсадника агротехнічні досліді варто проводити з вивчення підготовки ґрунту перед висаджуванням підщеп у перше поле (попередники, хімічна меліорація, удобрення, обробіток ґрунту тощо) за такими методиками, як і з польовими чи овочевими культурами. Під час їх вирощування в досліді можуть вивчатись також питання обробітку ґрунту в міжряддях, удобрення та підживлення вегетуючих саджанців, боротьби з бур'янами різними методами (механічним, хімічним, біологічним тощо), захисту рослин від хвороб і шкідників, а в третьому полі – започаткування різних систем формування крони майбутніх дерев та інші.

Садивний матеріал ягідних культур вирощують у маточних насадженнях агрусу (укорінюють пагони на стеблових відсадках), малини й ожини (використовують кореневі паростки, а в ожини ще й укорінювані верхівки пагонів заміщення) та суниці (на вусах у вузлах утворюються й укорінюються листові розетки), а також у шкілках смородини, порічки та винограду (укорінюють або дорощують укорінені в тепличних туманоутворювальних установках стеблові живці розмножуваних сортів чи щеплених виноградних живців). З цими об'єктами можна проводити досліді з вивчення продуктивності маточних рослин щодо продукування живцевої продукції та інших органів розмноження залежно від їх біологічних особливостей, агротехнічних умов вирощування (основного удобрення, підживлення, захисту від несприятливих факторів середовища та шкідливих організмів тощо), а також укорінюваності живців залежно від використання їх із різновікових маточних рослин і частин пагонів (апикальної, медіальної чи базальної) і від застосування різних біологічно активних речовин для стимуляції коренеутворення та інших факторів. Також актуальні досліді з вивчення способів та умов дорощування укоріненних саджанців на різних ґрунтосумішах та інших субстратах за неоднакових умов живлення і вологозабезпечення, з утворенням відкритої кореневої системи (на грядках) або закритої (у контейнерах чи інших ємкостях). Це не весь перелік досліджень, які можуть проводитись при вирощуванні садивного матеріалу плодкових і ягідних культур. У плодорозсадниках можуть проводитись й інші польові досліді, пов'язані з вирішенням різних технологічних питань при вирощуванні саджанців, їх зберіганні до реалізації, повторному дорощуванні нестандартних тощо. Всі вони організовуються, плануються, закладаються і проводяться згідно з вимогами методики дослідної справи як і з іншими агрономічними об'єктами.

2.2. Планування й виконання програм досліджень

2.2.1. Досліди в маточних насадженнях плодових культур

У маточних насадженнях плодорозсадників з розмножуваними сортами плодових культур дерева вирощують багато років як і в промислових садах, з яких отримують плодоягідну продукцію. Тому в них планують і виконують аналогічні дослідження: вимірювання та обліки приросту розмірів вегетативних органів і їх біомаси для визначення загальної продуктивності рослин, аналізують ґрунт і тканини органів дослідних дерев для оцінки факторів (досліджуваних варіантів агротехніки), які впливають на ростові процеси тощо. Програма досліджень у цих дослідах порівняно з відповідними в промислових насадженнях відрізняється лише тим, що тут головний показник ефективності досліджуваних варіантів не врожайність, а продукування деревами однорічних пагонів як живцевого матеріалу з повноцінними бруньками, якими проводиться окулірування підщеп.

У маточнику вегетативних (клонових) підщеп у перший рік за висаджування маточних рослин навесні проводять обліки їх приживання і подальшого росту впродовж першої вегетації (проростання бруньок, динаміка росту і загальні розміри пагонів, розміри листків і сумарна листова поверхня, маса вегетативних органів і цілих кущів з кореневою системою) та аналізи ґрунту і рослин. За осіннього садіння маточних рослин у перший рік обліковують лише їх приживання перед входом в зиму.

Навесні наступного року, за необхідності (після суворої без- або малосніжної зими), визначають ступінь підмерзання кореневої системи маточних рослин за шестибальною шкалою: 0 – відсутнє пошкодження морозом; 1 – пошкоджені кінці обростаючого коріння тільки в поверхневому шарі ґрунту; 2 – обростаючі корені пошкоджені у верхній половині кореневмісного шару; 3 – пошкоджено більшість обростаючих коренів; 4 – пошкоджено більше половини скелетних коренів; 5 – пошкоджена вся коренева система.

Після зрізування надземної частини маточних кущів із залишенням пеньків заввишки 1,5 – 2 см відмічають початок відростання пагонів (коли появляється перший листок із пророслої сплячої бруньки), далі вивчають інтенсивність пагоноутворення на маточних рос-

линах і динаміку росту пагонів, а також після третього їх підгортання визначають початок утворення коренів і динаміку їх наростання регулярним огляданням (через кожні 10 днів) основи пагонів, розгортаючи підгорнуті модельні кущі на облікових ділянках кожного повторення і знову їх підгортаючи. Впродовж вегетаційного періоду в дослідах можуть виконуватись й інші дослідження, такі як: визначення інтенсивності пошкодження рослин хворобами і шкідниками, стійкості їх до несприятливих умов залежно від досліджуваних технологічних заходів за відповідними методиками.

В кінці вегетації відділяють укорінені пагони (відсадки) від маточних кущів і на кожній обліковій ділянці сортують за стандартом на чотири групи: перший і другий сорти та перерослі саджанці-підщепи і недорозвинуті, що не годяться для висаджування у перше поле розсадника. За цими даними визначають на кожній обліковій ділянці вихід товарних саджанців у розрахунку в середньому на маточний кущ і на одиницю площі маточного насадження та, відповідно, продуктивність маточних рослин й економічну ефективність вирощування вегетативних підщеп. В кінці вегетації також визначають загальний стан облікових маточних рослин для оцінки їх потенційних можливостей продукувати пагони в наступному році. Оцінюють їх вигляд – здоровий чи пригнічений та як вони розвинуті за п'ятибальною шкалою: 1 – всі рослини пригнічені й слаборослі; 2 – переважають слаборослі рослини, багато з яких фізіологічно пригнічені; 3 – сильно виражена неоднорідність рослин за ростом і загальним виглядом; 4 – всі рослини на вид здорові, але значно різняться за розмірами; 5 – рослини всі здорові й рослі.

За потреби, у цих дослідах (у маточниках клонових підщеп) виконують різні супутні дослідження: визначення площі листків і сумарної листової поверхні, вмісту в листі різних форм води, хлорофілу та елементів мінерального живлення, а також аналізують всі інші органи і визначають їх масу в сухому стані для розрахунків виводу поживних речовин з ґрунту, який теж аналізують для визначення рівнів забезпечення дослідних рослин вологою та мінеральним живленням. Обсяг програми досліджень залежить від завдань, які вирішуються у дослідах для найбільш повного встановлення зв'язків між досліджуваними варіантами дозованих факторів і відповідним реагуванням на них маточних рослин, що виявляється у показниках їх продуктивності.

2.2.2. Досліди в шкільках підщеп і полях саджанців плодових культур

За вирощування насінневих підщеп у шкільці сіянців програма досліджень включає вивчення динаміки росту сіянців протягом вегетаційного періоду вимірюванням їх висоти періодично через декаду або двічі на місяць, а також визначення в динаміці вологості ґрунту і вмісту в ньому мінерального азоту та забезпеченості рухомими формами фосфору й калію, а за необхідності – визначення вмісту й інших елементів живлення для встановлення рівнів забезпеченості ними сіянців та потреби їх у підживленні, аналізуючи зразки ґрунту з шарів 0 – 20 і 20 – 40 см. При цьому також визначають вміст елементів живлення в листі сіянців.

В кінці вегетації перед викопуванням сіянців вимірюють їх висоту і діаметр штабика на висоті 5 см від кореневої шийки на всіх облікових ділянках, а також на 3 – 4 модельних рослинах (з середніми показниками висоти і діаметра штабика) визначають середню площу листків (методом висічок) і сумарну листову поверхню як добуток від перемноження показника середньої площі листка на їх кількість. Ці модельні сіянці розкопують або розмивають і визначають величини сирої і сухої маси всіх органів (стебла, листя, коріння) та окремо довжину і масу всіх провідних і мичкуватих коренів.

Після викопування сіянці сортують за стандартом на три групи: 1-й і 2-й стандартні сорти та нестандартні сіянці, які вибраковують. Це роблять окремо по кожній обліковій ділянці і розраховують середній вихід стандартних сортів саджанців-підщеп від їх загальної кількості та з одиниці площі шкільки. За цими показниками оцінюють ефективність вирощування підщеп у шкільці сіянців при застосуванні різних варіантів досліду.

У дослідах першого поля плодового розсадника облік приживання саджанців підщеп проводять через 1,0 – 1,5 місяці після їх висаджування навесні, бо не всі вони одночасно починають рости, на деяких довго затримується «пробуджування» бруньок. Далі визначають динаміку росту підщеп на облікових ділянках, а перед окуліруванням – силу їх росту за п'ятибальною шкалою: 1 – дуже слабкий ріст; 2 – слабкий; 3 – середній; 4 – добрий; 5 – сильний. Обов'язковими є виміри загального приросту (висоти) і діаметра штабиків на висоті 10 см від кореневої шийки (сіянців) чи поверхні

грунту (вегетативних підщеп). До окулірування ще визначають ступінь однорідності підщеп за 3-бальною шкалою: 1 – однорідність низька; 2 – середня; 3 – висока. Після окулірування в період осінньої ревізії обліковують кількість вічок, що прижилися, і визначають їх у відсотках від кількості заокуліруваних.

Впродовж вегетації підщеп проводять і супутні дослідження – визначають в динаміці вологість ґрунту в шарах 0 – 20, 20 – 40 і 40 – 60 см, вміст у ґрунті мінеральних сполук поживних речовин, а в листі – вміст елементів живлення та форм води й хлорофілу, середню площу листків і сумарну площу листової поверхні. Все це роблять на облікових ділянках досліджуваних варіантів у всіх повтореннях досліду.

У другому полі навесні обліковують кількість пророслих вічок (під час весняної ревізії) і визначають їх відсоток від кількості заокуліруваних. Далі вивчають динаміку росту окулянтів, вимірюючи періодично їх висоту від місця щеплення, оцінюють силу росту та ступінь однорідності однорічок у балах, як і в першому полі підщеп. Висоту однорічних саджанців вимірюють рейкою від поверхні ґрунту (кореневої шийки) до верхівкової бруньки. Кількість однорічок, у яких спостерігається невідповідність прищепи з підщепою, визначають в кінці вегетації і виражають у відсотках. Тоді ж проводять облік однорічних саджанців, придатних до зрізування для закладання крони, та тих, що мають бічні пагони, і виражають їх у відсотках від загальної кількості. Супутні дослідження тут проводять аналогічні з тими, що і в першому полі.

У третьому полі, за потреби, навесні визначають ступінь підмерзання однорічок перед зрізуванням на крону за шестибальною шкалою: 0 – підмерзання відсутнє; 1 – незначне підмерзання – у більшій частині саджанців побуріли лише верхівки, а в решті вони не пошкоджені або проявляються слабкі опіки кори; 2 – підмерзання слабке – побуріла серцевина і частково деревина зверху до половини стовбурця, у 25% саджанців відмерли верхівки, а нижче спостерігаються слабкі опіки кори; 3 – підмерзання середнє – побуріла деревина стовбурця, біля 30% саджанців вимерзло до рівня снігового покриву; 4 – сильне підмерзання – понад 50% рослин вимерзло до рівня снігового покриву, сильні опіки на решті стовбурців; 5 – понад 75% саджанців вимерзло повністю. За результатами цього обслідування дослідних однорічок вирішують, які з них треба виключити з числа облікових, з якими продовжувати дослідження (за слабого

підмерзання) або припинити проведення досліду (за сильного підмерзання чи вимерзання більшої частини саджанців).

За нормальної перезимівлі дослідних однорічних саджанців їх зрізують на кронування і далі досліджують динаміку росту пагонів (верхнього провідника і бокових), вимірюючи їх довжину 2 – 3 рази на місяць, та потовщення штамба, вимірюючи періодично його діаметр штангенциркулем на висоті 10 см від місця щеплення (на вегетативних підщепах) або від кореневої шийки (на насінневих підщепах). Інтенсивність галуження визначають за 3-бальною шкалою: 1 – слабе галуження (менше шести бокових пагонів); 2 – середнє (6 – 9 пагонів); 3 – сильне (10 і більше пагонів).

Впродовж вегетаційного періоду проводять супутні дослідження (аналізи ґрунту і листя) як і в першому та другому полях. Перед закінченням вегетації визначають середні і сумарні прирости пагонів облікових саджанців на всіх дослідних ділянках, вимірюють діаметр штамба усіх облікових саджанців і визначають його середню величину на кожній обліковій ділянці. За середніми показниками приросту пагонів на саджанцеві і діаметра штамба підбирають по 3 – 4 модельні саджанці (з такими показниками) на облікових ділянках і на кожному з них визначають середню площу листків та сумарну площу листової поверхні, за величиною якої, при потребі, розраховують сумарну поверхню листя на одиниці площі. Загальну оцінку якості дворічних саджанців з врахуванням сили їх росту, кількості гілочок і зимостійкості роблять за 5-бальною шкалою: 5 – якість відмінна; 4 – добра; 3 – середня (саджанці другого сорту за стандартом); 2 – погана (в більшості саджанці нестандартні); 1 – дуже погана (брак). Силу росту і ступінь однорідності саджанців визначають так, як і в другому полі.

Вихід дворічних саджанців після викопування оцінюють за товарними сортами згідно зі стандартом: перший і другий сорти та нестандартні. Якщо з розсадника реалізують саджанці однорічні, то їх так оцінюють ще в другому полі після викопування.

2.2.3. Досліди в маточних насадженнях ягідних культур

В агротехнічних та інших дослідах, що проводяться в маточних насадженнях, дослідження перш за все спрямовують на оцінку стану і сили росту самих маточних рослин і на кількість та якість отримуваної від них садивної продукції – розсади суниці і саджанців малини, ожини, кущових ягідних культур та винограду.

У маточниках суниці, де досліди закладаються щорічно як і з польовими та овочевими культурами, на всіх дослідних ділянках виділяють по одній або дві мікроділянки завдовжки два метри в рядку чи стрічці з однаковою кількістю облікових маточних рослин і на них проводять такі обліки:

- навесні (перед квітутанням суниці) і восени підраховують кількість листків – окремо великих, середніх і дрібних та відмерлих, що висохли, визначають середню площу їх по групах і розраховують сумарну площу листової поверхні в середньому на кущі;
- підраховують кількість повзучих пагонів і розеток на них окремо вкорінених і не вкорінених;
- проводять підрахунок видалених з маточних рослин квітконосів;
- навесні і восени визначають кількість сильних, середніх і слаброслих маточних рослин;
- восени фіксують місця, де випали маточні рослини, та обліковують їх кількість;
- визначають кількість стандартної розсади і розраховують її вихід в середньому від маточних кущів і з одиниці площі насадження.

У цих дослідах також передбачають виконання агрохімічних (аналізи ґрунту і листя) та фізіологічних (обводненість листя, вміст у ньому хлорофілу, інтенсивність і продуктивність фотосинтезу тощо) досліджень.

У маточних насадженнях малини основні обліки включають:

- подекадні вимірювання приросту кореневих паростків (майбутніх саджанців) на двометрових мікроділянках у всіх повтореннях досліду для визначення динаміки їх росту в період вегетації;
- вимірювання висоти тих же кореневих паростків восени перед викопуванням (від поверхні ґрунту до верхівкової бруньки);
- підрахунок стандартних саджанців після викопування на всіх дослідних ділянках і визначення їх виходу з одиниці площі маточника. Крім того, у відповідності з метою та завданнями, які вирішуються в досліді, проводять супутні дослідження (агрохімічні, фізіологічні та інші) як і в маточниках суниці.

У маточних насадженнях кущових ягідних культур (аґрусу, порічки, смородини чорної) основні обліки включають:

- виміри окремо довжини нульових пагонів, які ростуть від основи куща, і тих, що на плодоносних гілках (у сантиметрах) та визначення їх сумарної довжини в розрахунку на кущ (у метрах);
- виміри об'єму кущів на облікових ділянках для оцінки їх розвинутості і потенційних можливостей до пагоноутворення;
- визначення кількості стандартних саджанців агрусу, який розмножується відсадками, з облікових ділянок та виходу їх в розрахунку на кущ й одиницю площі;
- визначення виходу з куща та облікової ділянки (одиниці площі) доброякісних живців порічки і смородини чорної для вирощування в шкільці саджанців.

У дослідах, які проводяться в шкільках саджанців порічки, смородини та винограду, основні обліки такі:

- вимірювання висоти саджанців порічки і смородини та довжини лози винограду – в динаміці і загальної – восени;
- визначення середньої площі листків і їх кількості на рослинах та розрахунки сумарної площі листової поверхні на рослині і на одиниці площі (проводяться на мікроділянках з 10 і більшою кількістю саджанців, які позначають на всіх облікових ділянках досліду);
- визначення довжини і маси всіх коренів після викопування чи вимивання трьох модельних саджанців на кожній обліковій ділянці досліду та співвідношення між масами кореневої системи і надземної частини;
- підрахунок стандартних саджанців окремо на всіх облікових ділянках і визначення їх виходу з одиниці площі шкільки.

Супутні дослідження аналогічні з іншими дослідженнями.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ В ПРОДУКТИВНИХ ПЛОДОЯГІДНИХ НАСАДЖЕННЯХ

Полеві дослідження в продуктивних плодоягідних насадженнях проводять, закладаючи їх як разом із садінням дослідних садів і ягідників, так і в уже вирощуваних. Відповідно підготовка до їх закладання має свої особливості.

3.1. Закладання дослідних насаджень

Якщо планується проведення досліджень у майбутньому (ще не посаженому) насадженні, то перш за все ретельно підбирається площа всієї ділянки, на якій вирощуватиметься дослідний сад чи ягідник з розміщенням усіх облікових ділянок запланованої схеми дослідження з врахуванням захисних рядів дерев чи кущів, виходячи з того, що за даними спеціальних методичних досліджень на кожній обліковій ділянці кількість облікових рослин повинна бути в межах від шести до 30. Зі зменшенням чи збільшенням цієї кількості знижується достовірність результатів досліджень. Враховуючи те, що після висаджування саджанців не всі вони можуть однаково прижитись, рости і розвиватись через різні випадкові або й не випадкові пошкодження і деякі з них доведеться виключити з числа облікових, необхідно планувати не мінімальну їх кількість на облікових ділянках, а значно більшу – від 10 – 12 до 20 – 30 залежно від площ живлення дослідних рослин. Це потрібно ще й тому, що в досліді можуть плануватись їх розкопки для вивчення кореневої системи, визначення співвідношення її маси і надземної частини та локалізації елементів живлення в різних органах і їх виносу цілими рослинами.

Підібрана площа під дослідне насадження повинна знаходитись на рівній місцевості за рельєфом та на характерному для зони типові ґрунту з вирівняною родючістю. Для оцінки ґрунтових умов на всій площі проводять ґрунтово-агрохімічне обстеження. Якщо при цьому виявляються відмінності родючості ґрунту на окремих ділянках площі майбутнього дослідження, то на них розміщують цілі повторення з усіма обліковими ділянками варіантів дослідження. А якщо якась ділянка значно відрізняється від інших, то її виключають з дослідних (вибраковують) і розміщення повторень переплановують.

У зв'язку з тим, що за багаторічного вирощування плодоягідних

насаджень індивідуальне варіювання показників продуктивності окремих дерев і кущів може перевищувати неоднорідність початкової родючості ґрунту на площі досліду, то при його закладанні також ретельно оцінюють садивний матеріал, який повинен бути стандартний і вирівняний за розвитком кореневої системи та надземної частини без будь-яких пошкоджень. Відібрані для висаджування на облікових ділянках саджанці зважують для визначення їх маси і вимірюють діаметр штабика на висоті 30 см (на вегетативних підщепах ця відстань від місця щеплення, а на сіянцевих – від кореневої шийки) у двох взаємно перпендикулярних напрямках і розраховують середню його величину. За цими показниками саджанці розподіляють по повтореннях та облікових ділянках у них з таким розрахунком, щоб середні з них якомога менше відрізнялись по варіантах. Для цього проводять математичну обробку їх і визначають коефіцієнт варіації та істотність різниці між варіантами. Якщо коефіцієнт варіації перевищує 10%, а відмінності між варіантами істотні, то потрібно зробити перерозподіл саджанців між варіантами у повтореннях і після досягнення необхідних показників точності та достовірності досліду їх висаджують на облікові ділянки повторень, ретельно дотримуючись всіх вимог технології.

Так само підбирають садивний матеріал для закладання дослідних насаджень кущових ягідних культур (аґрусу, порічки та смородини чорної) і малини, ожини та винограду.

У дослідні насадження суниці заготовляють розсаду вищого гатунку. Її підбирають з добре розвиненою кореневою системою і надземною частиною (розеткою листків) без будь-яких пошкоджень. Майбутні облікові кущі доцільно зважити для визначення маси (якщо висаджується розсада з відкритою кореневою системою чи розсада «фріго»), щоб можна було порівняти приріст маси рослин з вусами та дочірніми розетками (укоріненими й не укоріненими) за вегетаційний період у досліджуваних варіантах.

3.2. Закладання дослідів у вже вирощуваних плодючих насадженнях

У вирощуваних садах і ягідниках та виноградниках для закладання дослідів вибирають квартали, що знаходяться на рівних площах, де родючість ґрунту більш вирівняна, ніж на схилах. Всю площу насадження, на якій буде розміщений дослід, розбивають на по-

вторення, яких повинно бути не менше трьох, щоб забезпечувалась достатня достовірність результатів досліджень. Площа повторення потрібна така, щоб на ній розмістились облікові ділянки всіх варіантів схеми досліду, розділені захисними рядами дерев чи кущів. По краю досліду, як правило, є два захисних ряди, а в середині між повтореннями і ділянками – один. На облікових ділянках проводять ретельне обстеження всіх дерев чи кущів і в число облікових відбирають лише добре розвинуті здорові (не хворі і не пошкоджені) рослини того сорту чи тих сортів, з якими буде проводитись дослід, тобто всі дослідні рослини повинні бути типовими для всього дослідного насадження. Всі інші не беруться в число облікових. Але якщо таких (вибракуваних) рослин виявляється 30% і більше, то бракується вся облікова ділянка і підбирається інша.

Для математичної оцінки підібраних об'єктів з метою визначення параметрів точності і достовірності досліджень у дослідах з плодовими культурами вимірюють товщину штаблів облікових дерев на середині його висоти, зважаючи на те, що цей показник тісно корелює з продуктивністю, зокрема врожайністю, плодових рослин. У молодих насадженнях, де товщина штаблів дерев не більша 10 см у діаметрі, вимірюють його величину, а в старших з товстішими штаблами вимірюють їх обхват. У дослідах з ягідними культурами проводять облік урожаю та вимірюють об'єм кущів агрусу, порічки, смородини чорної і сумарний приріст пагонів, а на винограднику обліковують урожай та сумарну довжину лози. Розраховують середні величини цих показників на всіх облікових ділянках усіх повторень і за результатами їх математичної обробки визначають коефіцієнти варіації та істотність відмінностей між варіантами й, за необхідності, переплановують ділянки у повтореннях для досягнення достатніх рівнів варіювання досліджуваних показників та відсутності істотних відмінностей між варіантами досліду. По завершенню планування й розміщення повторень та облікових ділянок у дослідах з деревними плодовими культурами потрібно на штабах облікових дослідних дерев позначити їхні номери згідно зі схематичним планом. Виконується це позначення, як правило, на середині висоти штаба у вигляді дробу, де над рисою позначається цифрою номер ряду, а під рисою – номер дерева в ряду контрастною (найчастіше білою) масляною фарбою. Акуратно й ретельно наведена риска служить місцем вимірювання приросту товщини штаба за вегетаційний чи інший період дослідження.

У дослідях з кущовими ягідними культурами і виноградом дослідні ряди та облікові ділянки у них позначаються табличками-етикетками і так само потрібно позначати облікові кущі, навішуючи на них таблички з відповідними номерами. В насадженнях малини і суниці дослідні ряди чи смуги й облікові ділянки позначають також табличками-етикетками.

Після чіткого виділення й позначення облікових ділянок і рослин на них відбирають на кожній з них проби ґрунту в деревних насадженнях до метрової глибини з двадцятисантиметрових шарів (0 – 20, 20 – 40, 40 – 60, 60 – 80, 80 – 100 см), а в ягідних кущових – до глибини 60 см з таких же шарів і в насадженні суниці, яка зазвичай вирощується на одному місці (в сівозміні) не більше трьох років, можна обмежитись відбиранням ґрунту до глибини 40 см з шарів 0 – 10, 10 – 20 і 20 – 40 см. Ці проби ґрунту потрібні для визначення показників його родючості при закладанні дослідів, що особливо важливо за вивчення систем утримання ґрунту в плодоягідних насадженнях, різних питань їх удобрення (системи удобрення, норми, дози, форми добрив, способи, строки, періодичність і кратність їх внесення тощо). До деякої міри, менш важливе дослідження ґрунту перед закладанням дослідів з порівняльного вивчення продуктивності різних сорто-підщепних комбінувань, конструкцій плодоягідних насаджень, зокрема площ живлення рослин, формування крон дерев і кущів, їх обрізування тощо. Однак, зважаючи на те, що продуктивність досліджуваних рослин залежить не тільки від їх біологічних особливостей, а й від родючості ґрунту на ділянках, де вони вирощуються, а також у зв'язку з тим, що дослід з плодоягідними культурами можуть проводитись багато років і, відповідно, бути багаторічними і навіть довготривалими, то в них може бути актуальним вивчення змін родючості ґрунту під цими багаторічними деревними чи кущовими насадженнями і реакції самих рослин на ці зміни. Вирішення цих питань на основі результатів досліджень у тривалих дослідях неможливе без якомога повніших вихідних відомостей про родючість ґрунту на дослідних ділянках.

При відбиранні проб ґрунту потрібно, щоб змішані зразки з кожного 20-сантиметрового шару склались з однакових кількостей проб, взятих у трьох – п'яти (залежно від площі і конфігурації облікової ділянки) місцях рівномірно зі всієї облікової ділянки. Ці місця потрібно точно зазначати – між якими обліковими рослинами і на якій відстані від кожної з них взяті проби, що записується

у відповідному польовому журналі та на етикетках, супроводжуючих зразки ґрунту, а також заноситься в головну книгу досліду в лабораторії. Кількість ґрунту в кожному зразку повинна бути така, щоб вистачило його на виконання всіх аналізів з визначення комплексу біологічних, агрофізичних, агрохімічних і фізико-хімічних показників родючості та щоб залишилось не менше 2 кг ґрунту для зберігання впродовж багатьох років з метою порівняння результатів аналізів (за потреби) у майбутньому. Зберігати його потрібно добре висушеним у щільно закритій скляній тарі, на якій і в якій (разом з ґрунтом) повинні бути етикетки з інформацією, в якому досліді, на якій ділянці, з якого шару і коли (дата, рік) відібрано зразок.

Після виконання всіх необхідних робіт і заходів з підготовки до закладання досліду проводять одночасно або якомога в найкоротший термін створення нормованих умов для плодкових рослин, передбачуваних досліджуваними варіантами на всіх облікових ділянках усіх повторень (започаткування запланованих у схемі досліду систем утримання ґрунту, внесення добрив згідно з варіантами, обрізування дерев чи кущів за досліджуваними системами чи способами (ступенями), обробка насаджень засобами захисту рослин за схемою досліду тощо). У дослідних насадженнях всі технологічні заходи, передбачені в зональних рекомендаціях для плодоягідних культур, повинні виконуватись ретельно, вчасно і доброякісно та однаково на всій площі досліду.

4. ВИКОНАННЯ ПРОГРАМ ДОСЛІДЖЕНЬ У ПЛОДОЯГІДНИХ НАСАДЖЕННЯХ

4.1. Особливості програм досліджень у дослідах з плодоягідними рослинами

Всі досліді в плодоягідних насадженнях проводяться переважно для того, щоб вивчити в процесі досліджень і за їх результатами встановити, якими факторами і заходами та наскільки можна підвищити продуктивність (урожайність) рослин і якість отримуваної від них продукції. Тому в них, як і в дослідах з іншими культурними рослинами, головними обліковуваними показниками вважаються

врожайність і якість плодів. Але у дослідях з плодючими культурами як багаторічними рослинами потрібно мати на увазі, що загальна їх продуктивність (створення сумарної біомаси) не завжди однаково корелює з урожайністю чи навпаки. Часто буває, що впродовж одного вегетаційного періоду сильний ріст вегетативних органів зумовлює послаблення плодоношення і зниження врожайності навіть за достатнього або й надмірного забезпечення рослин вологою і мінеральним живленням, а за дефіцитного забезпечення цими факторами послаблюється ріст вегетативних органів і знижується врожайність, тобто має місце як обернена, так і пряма кореляція між показниками загальної продуктивності та врожайності. Буває така неоднозначна залежність і за оптимального забезпечення плодючих рослин всіма факторами життя.

Зважаючи на такі особливості багаторічних плодючих культур, у дослідях з ними важливими вважаються, поряд з обліком урожайності, вимірювання приросту вегетативних органів та визначення загальної продуктивності – сумарної маси всіх органів рослин. При цьому також важливо визначати співвідношення між масами вегетативних і генеративних органів, що дасть можливість оцінювати ефективність впливу на них досліджуваних варіантів.

Загальна продуктивність та врожайність плодючих рослин у значній мірі залежать від їх стійкості до несприятливих екологічних умов, зокрема до надто низьких температур у період їх перезимівлі та весняних приморозків під час квітування, що зумовлюється, відповідно, визріванням тканин пагонів і бруньок у літньо-осінній період (для їх перезимівлі) та від раніших чи пізніших строків настання фази квітування навесні. А ці процеси в рослинах залежать від умов живлення і вологозабезпечення, що створюються у різних варіантах дослідів. Тому є необхідність співставляти з цими умовами результати фенологічних спостережень та досліджувати можливе підмерзання різних органів плодючих дерев і ягідних кущів під час перезимівлі, а також вивчати їх стійкість до мінусових температур у штучно створюваних умовах.

У плодючих багаторічних рослин ступінь квітування в поточному році залежить від диференціювання бруньок у плоді під час минулорічної вегетації, що теж зумовлюється неоднозначним забезпеченням їх факторами життя у різних досліджуваних варіантах. А зав'язування плодів і збереження зав'язі для формування врожаю зумовлюється станом рослин залежно від рівня живлення та захисту

від шкідливих факторів у поточному році. Тому в дослідях потрібно вивчати усі ці процеси та їх зв'язки зі створюваними умовами ґрунтового живлення, станом навколишнього середовища і реагуванням на них дослідних рослин.

Отже, в агротехнічних та інших дослідях, що проводяться в плодоягідних насадженнях, повинна виконуватись досить широка програма різнопланових досліджень для встановлення багатьох зв'язків між досліджуваними факторами впливу на дослідні рослини та їхнім реагуванням на ці дозовані впливи, що в кінцевому результаті дає можливість достовірно вичленити ті варіанти досліду, які істотно забезпечують найвищу врожайність і якість плодів. Нижче наводяться основні спостереження, виміри, обліки й аналізи, які виконуються в дослідях із плодоягідними культурами.

4.2. Дослідження в дослідях з плодовими культурами

4.2.1. Фенологічні спостереження

У дослідних насадженнях плодових культур ведуть спостереження за настанням, проходженням і закінченням таких фенофаз росту і розвитку рослин: *розпускання бруньок*, що свідчить про початок вегетації, *початок і закінчення квітування*, *закінчення фази росту пагонів*, *дозрівання плодів*, *початок і закінчення листопаду* (кінець вегетації). Розпускання бруньок починається тоді, коли на окремих їх верхівках з'являються кінчики листочків чи квіткових пелюсток (початкову дату фіксують окремо для ростових і квіткових бруньок), закінчення – коли розпустились усі бруньки. Початок квітування фіксується при розкриванні на облікових деревах 5 – 10% квіток, закінчення – коли на 90% квіток обсіпались, зав'яли чи побуріли пелюстки (визначення окомірне). Фаза закінчення росту пагонів настає тоді, коли сформувались верхівкові бруньки у більшості пагонів продовження скелетних гілок верхньої частини крони. Якщо пізніше спостерігається повторне відновлення росту пагонів (що буває за надмірних опадів у другій половині вегетаційного періоду), то його початок записується окремо (у примітці). Знімальна стиглість плодів літніх сортів яблуні і груші настає тоді, коли вони стають придатні до споживання, а осінніх і зимових, коли досягли нормальних розмірів (характерних для кожного помологічного сорту) і набули властивого для них забарвлення. Плоди кісточко-

вих плодкових культур вважаються стиглими, коли вони стають придатні до споживання, як і літні сорти яблуні та груші. Початок листопаду фіксується тоді, коли опаде біля 25% листя, а закінчення – опадання близько 75%. Якщо частина листків залишається на деревах до настання стійкої морозної погоди, то про це відмічають у примітці, вказуючи їх відсоток. Закінчення листопаду вважається кінцем вегетації плодкових рослин. Під час фенологічних спостережень також зазначають особливості проходження фенофаз (інтенсивне чи повільне, передчасне чи запізніле настання тощо). Середніми (нормальними) строками фенофаз вважаються такі, які за роки досліджень спостерігаються найчастіше.

4.2.2. Вивчення росту дослідних дерев

Для вивчення росту дослідних дерев проводять вимірювання та обліки приросту їх вегетативних органів: товщини штамба (діаметра, обхвату, площі поперечного перерізу); довжини однорічних пагонів (середньої в розрахунку на один пагін і загальної на дереві, розраховуваної за середньою довжиною і кількістю пагонів); висоти і ширини крони та визначення її об'єму і проекції на поверхні ґрунту під нею, що свідчить про ступінь освоєння деревом площі живлення; середньої площі листкової пластинки (методом висічок) і сумарної площі листової поверхні на дереві (за потреби – і на одиниці площі насадження) за середньою площею пластинки і кількістю листків; довжини і маси коренів після викопування молодих (малих) дерев повністю та частини кореневої системи великих плодоносних дерев.

Вимірюють *діаметр чи обхват штамба* щорічно в кінці вегетації дерев постійно на одному місці, позначеному фарбою. За цими даними можна розраховувати площу поверхні поперечного перерізу штамба, яка найкраще характеризує силу росту дерева.

Приріст пагонів також визначають в кінці вегетації – вимірюють мірною стрічкою довжину і підраховують кількість всіх пагонів завдовжки п'ять і більше сантиметрів. У молодих насадженнях цей облік проводять на цілих облікових деревах, а в плодоносних – на позначених контрольних гілках, які представляють певні частини крон дерев, та перераховують на цілі дерева. За потреби, ще визначають динаміку приросту пагонів, вимірюючи їх довжину два – три рази за місяць через 15 або 10 діб відповідно впродовж періоду їх росту на трьох модельних деревах кожної облікової ділянки.

Висоту і ширину крони всіх облікових дерев вимірюють мірною рейкою перед закінченням вегетації (в плодоносних садах після збирання врожаю плодів) або рано навесні до обрізування дерев. Для визначення висоти крони міряють висоту всього дерева і від неї віднімають висоту штамба. Ширину вимірюють в двох напрямках (вздовж і впоперек ряду) й розраховують середнє значення. При цьому розміри крони визначають не по найдовших окремих гілках, а по краях найбільш характерної її щільності. При вимірюванні крон великих дерев ширину визначають, опускаючи окомірно перпендикуляри від їх країв на поверхню ґрунту і на ній заміряють відстані між протилежними точками кола проекції крони.

Середню площу листків і сумарну площу листової поверхні визначають окремо на пагонах і кільчатках. На трьох модельних деревах кожної облікової ділянки відбирають всі листки з 10 пагонів і 10 кільчаток для визначення середньої площі листкової пластинки і підраховують кількість листків на молодих цілих деревах, а на плодоносних великих – кількість пагонів і кільчаток та встановлюють середню кількість листків на пагоні і кільчатці й за цими даними вивчають сумарну площу листової поверхні.

Для вивчення росту *корневих систем* дослідних дерев застосовують різні методи їх розкопування, за допомогою яких досліджують поширення коренів у вертикальному і горизонтальному напрямках, освоєння ними площі живлення і шарів ґрунтового профілю, насичення ними ґрунту на різній глибині та віддалі від штамба (центра дерева), спостерігають і періодично фіксують наростання та інтенсивність росту активних коренів, що свідчить про інтенсивність фізіологічних процесів живлення і нарощування біомаси рослин, а також вимірюють довжину і визначають масу коренів різних фракцій за товщиною (скелетних, провідних, обростаючих, мичкуватих – найтонших), з яких складається коренева система.

Поширення горизонтальних і вертикальних коренів у ґрунтовій товщі вивчають за *методом «скелета»*, розкопуючи кореневу систему всю або 1/6, 1/4 чи 1/2 частини круга, обмеженого колом з радіусом, що дорівнює 1,5 радіуса проекції крони. Розкопку починають від штамба за напрямом поширення горизонтальних коренів, вибирають ґрунт з 10- чи 20-сантиметрових шарів зверху вглиб за профілем, вивільнивши з нього корені. Ті з них, які переходять з одного шару в інший відрізають і ці місця позначають на планшетах (креслярському папері) в масштабі 1: 10 чи 1: 20 (до площі розко-

пуваного круга чи його частини), де умовно зазначають цифрами параметри всіх горизонтальних коренів (товщину, довжину та інші потрібні характеристики), щоб на них відобразити архітекtonіку всієї кореневої системи. Для такого ж вивчення кореневої системи ще застосовують *метод «моноліта»*. Вибирають моноліти ґрунту 50 x 50 x 50 см разом з корінням через певні інтервали в горизонтальному і вертикальному напрямках поширення коренів і вставляють в ящики та переміщують до місць відмивання. Їх розмивають, вибирають і розділяють на фракції за товщиною всі корені, вимірюють їх довжину і зважують. В результаті отримують більше інформації про нарощування маси коренів, однак цей метод ще трудомісний від попереднього, особливо при дослідженні великих дерев, коли доводиться вибирати і розмивати до 60 т і більше ґрунту.

Для спостереження за ростом коренів, зокрема активних (за інтенсивністю їх наростання і тривалістю функціонування до переходу в провідні), застосовують *метод «скляної стінки в траншеї»*, який буде описано в наступній частині книги. Цим методом можна вивчати добову, сезонну і річну динаміку росту коренів, зокрема залежно від досліджуваних заходів агротехніки (удобрення, зрошення, обрізування тощо).

З метою вивчення поширення кореневої системи в ґрунтовій товщі з визначенням довжини і маси коренів застосовують *метод секторного пошарового розкопування*. Молоді дерева з малою кореневою системою доцільно викопувати повністю, а в плодоносних насадженнях розкопують сектори – 1/4 або 1/6 чи 1/2 круга з радіусом, рівним віддалі поширення горизонтальних коренів від штамба в міжряддя. Розкопуваний круг чи сектор від центру до периферії розбивають на кругові зони 0,5 або 1 м завширшки і в них з 20-сантиметрових шарів викопують ґрунт разом з корінням. Корені ретельно вибирають з ґрунту і складають у пронумеровані пакети. В пакети разом з коренями вкладають етикетки, на яких зазначені необхідні відомості про дослід, варіант, повторність, номер дерева, шар ґрунту і дату розкопування. В польовий журнал записують номер пакета і при ньому всі ті відомості, що й на етикетці. Дуже мілкі корені, які важко відділити, кладуть в пакети разом з деякою кількістю ґрунту для подальшого відмивання. Вибрані і відмиті корені розділяють на фракції за товщиною (скелетні, напівскелетні, мичкуваті) і зважують для визначення їх маси окремо по фракціях та вимірюють довжину коренів перших двох фракцій мірною лінійкою чи стрічкою, а дрібних мичкуватих – ваговим методом. З кожної

фракції відбирають середні проби для визначення вологості коренів для розрахунків їх сухої маси.

Для визначення поширення в ґрунтовій товщі горизонтальних коренів і насичення ними різних шарів ґрунтового профілю (метричних чи генетичних) застосовують простіший і менш трудоемкий *метод зрізу*. Для цього на віддалі 1, 2, 3 чи більше метрів від штамба перпендикулярно до кореневої системи риють одну чи декілька траншей (залежно від мети дослідження та віку дерева) 1 м завдовжки, 60 – 70 см завширшки і до 1,5 м завглибшки. Ближчу до дерева стінку рівно зачищають і накладають на неї сітку з квадратами, сторони яких 10-сантиметрові (або наносять таку сітку, намічаючи сторони гострим кінцем ножа у вигляді тонких борозенок). В квадратах відмічають і підраховують всі зрізи горизонтальних коренів та відповідно їх відображають на планшеті (міліметровому папері) в масштабі 1: 10 відносно облікової площі стінки, де зазначають умовними значками корені різної товщини: тонкі до 1 мм в діаметрі крапкою, до 2 мм – кружочком, товстіші 2 мм – трикутничком. Також пунктирними лініями позначають границі генетичних горизонтів ґрунтового профілю та перераховують кількість коренів на 1 м² стінки.

Застосовуються різні методи залежно від того, які завдання ставляться при вивченні корневих систем плодкових дерев, які відомості про них потрібно отримати, а також від можливостей виконання всього обсягу робіт, пов'язаних з їх дослідженням, тощо.

У дослідях з вивченням сорто-підщепних комбінуваних з метою оцінки продуктивності і можливості ефективного вирощування їх насаджень у конкретних зональних природних умовах, крім зазначених вище досліджень, ще визначають *ступінь сумісності підщепи і прищепи*. Спостереження й обліки починають в кінці літа – на початку осені на другий рік після садіння і далі проводять щорічно. Обліковують несумісність за такими ознаками: 1) слабкий ріст дерева і передчасне пожовтіння чи багряно-червоне забарвлення здрібненого листя, пригнічення і відмирання первинних тонких коренів; 2) наявність калюсовидного прошарку між підщепою і прищепою в місці щеплення; 3) зниження морозостійкості коренів при «голодуванні» підщепи; 4) зменшення хлорофілу в листі прищепи; 5) відламування прищепи від підщепи (головна ознака); 6) загибель дерев за сильного впливу екстремальних факторів (низької температури, посухи тощо).

За вивчення застосування в плодкових насадженнях регуляторів росту (біологічно активних речовин), досліджуючи ріст вегетативних органів, додатково вимірюють *товщину пагонів* – з кожного облікового дерева в серпні-вересні відбирають по три пагони продовження і штангенциркулем вимірюють їх товщину біля основи, на середині і біля верхівки в двох взаємно перпендикулярних напрямках та визначають середні показники. Також вимірюють на цих пагонах довжину міжвузлів від основи нижчих бруньок до основи вищих. І ще вивчають анатомічну будову цих пагонів і листків з них, роблячи відповідні зрізи для дослідження під мікроскопом.

4.2.3. Облік квітування дерев та зав'язування плодів

Інтенсивність квітування всіх облікових дерев оцінюють, коли повністю розкрились практично всі квітки, за шестибальною шкалою: 5 – квітування рясне; 4 – добре; 3 – середнє; 2 – слабке; 1 – дуже слабке (поодинокі квітки на деревах); 0 – квітування повністю відсутнє. Для визначення *кількості квіток* на молодих невеликих деревах підраховують кількість суцвіть в той час, коли вони виокремились, але ще повністю не розкрились квітки в них, і, перемноживши результат підрахунку на середнє число квіток у суцвітті, отримують загальну їх кількість на дереві. У старших плодоносних насадженнях такий облік здійснюють на контрольних гілках і перераховують на цілі дерева. Якщо значна кількість плодкових бруньок закладається на однорічних приростах і суцвіття бувають не повні (з меншою кількістю квіток від звичайної), то потрібно додатково проводити їх облік.

Через 10 діб після закінчення квітування проводять перший *облік зав'язі* і визначають *ступінь зав'язування плодів* у відсотках від кількості квіток. За потреби, у дослідах вивчають динаміку опадання зав'язі – періодично (через тиждень чи декаду) підраховують її кількість на 3 – 4-х модельних деревах чи контрольних гілках кожної облікової ділянки і визначають відсотки опалої та збереженої зав'язі. Останній облік роблять після червневого опадання, коли на деревах залишаються плоди, з яких формується урожай.

У випадках, коли під час квітування дослідних дерев бувають приморозки і частково пошкоджуються квітки, виникає потреба визначити *ступінь підмерзання*, який може бути неоднаковим у різних варіантах досліду. Тоді проводять облік пошкоджених квіток на

модельних деревах як і за вивчення динаміки опадання зав'язі. Остання також може пошкоджуватись приморозками, які бувають і після періоду квітування, то облік її підмерзання проводять так само, як і квіток.

У дослідах, які проводяться у молодих садах зразу після їх закладання, визначають *час вступу дослідних дерев у плодоношення*. Вона настає тоді, коли запліднювало не менше 50% облікових дерев. За скороплідністю їх розділяють на скоро-, середньо- та пізньо-оплідні.

4.2.4. Визначення ступеня плодоношення та врожайності і якості плодів

Ступінь плодоношення дослідних дерев визначають у балах, як і ступінь квітування. Облік проводять за два тижні до досягання та збирання плодів. При цьому також визначають *очікуваний урожай* плодів на облікових деревах – на молодих невеликих підраховують всі плоди, а на великих плодonoсних – їх кількість на контрольних скелетних гілках і перераховують на цілі дерева. За цими даними розраховують *величину врожаю*, перемножуючи їх на середню масу плодів у знімальній стиглості, яку визначають у період збирання врожаю.

Для обліку *загальної маси плодів*, що формуються на облікових деревах, та визначення ступеня їх передзбирального осипання за 2 – 3 тижні до збирання врожаю рекомендується періодично збирати і зважувати плоди, які опадають через різні причини. Їх сумарну масу виражають у відсотках до маси зібраного врожаю, які можуть бути істотно різні у досліджуваних варіантах. Плоди, які опадають під час збирання врожаю, включають до його складу.

Визначення маси плодів під час збирання врожаю проводять, як правило, подеревно, зважуючи за допомогою переносних ваг всі зняті і підібрані опалі плоди. Однак за великої кількості дерев на облікових ділянках в сучасних загущених насадженнях, а також у виробничих дослідах з великими обліковими ділянками можна проводити поділяночний облік, збираючи плоди у виважені контейнери певних об'ємів. Методику обліку також можна змінювати залежно від рівня врожайності. Якщо вона не дуже висока, то зважують плоди з кожного дерева, а якщо дуже висока, то можна користуватись оціночним способом – визначати масу плодів за об'ємом тари

(ящиків чи контейнерів), у якій вони поміщаються. У дослідах з плодовими культурами, плоди яких мають неодночасний період дозрівання, облік урожаю проводять за кожного збирання і всі результати сумують після їх завершення.

За даними обліку врожаю плодів з урахуванням і тих, що опали в передзбиральний період, розраховують такі показники плодоношення, як: *навантаження дерев урожаєм* плодів у розрахунку на 1 м² листової поверхні та на см² поперечного перерізу штамба, *коефіцієнт продуктивності крони* в розрахунку на 1 м³ її об'єму та 1 м² проєкції, а також, за потреби, *індекс періодичності плодоношення* (наприклад, у дослідах з порівняльним вивченням сортопідщепних комбінувань). Останній показник вираховують за формулою Сінга:

$$P = \frac{Y_1 - Y_2}{Y_1 + Y_2} \cdot 100,$$

де P – індекс ступеня періодичності, %; Y_1 – урожайність у врожайному році, т/га; Y_2 – урожайність у менш урожайному суміжному році, т/га.

За показниками індекса сорти розділяють на чотири групи: 21 – 40% – з відносно регулярним плодоношенням; 41 – 60% – з середньою періодичністю; 61 – 80% – з сильною періодичністю і 81 – 100% – з дуже сильною періодичністю, в яких урожайні роки можуть чергуватись із зовсім неврожайними.

При збиранні врожаю з дослідних дерев визначають *середню масу плодів* на кожній обліковій ділянці – відбирають їх по 100 шт. підряд без вибору на модельних деревах і зважують. Також визначають їх *товарні якості*, розділяючи відібрані плоди на сорти: вищий, перший, другий і нестандартні у відповідності з параметрами державного стандарту, та відбирають зразки для вивчення їх здатності до зберігання (лежкості) і визначення хімічного складу з метою оцінки якісних показників урожаю.

Кожний товарний сорт плодів повинен відповідати певним вимогам. Плоди вищого сорту повинні бути близькі за розмірами (яблука округлої форми не менші 65 мм у діаметрі, продовгуватої або овальної форми з діаметром не меншим 60 мм), типовими за формою і забарвленням для певного помологічного сорту, без пошкоджень хворобами і шкідниками та інших (механічних), з плодоніжками (лише деякі з них можуть бути зламаними), однорідні за

стиглістю (без перезрілих і недозрілих). Допускаються поодинокі легкі натиски пальців чи інші вм'ятини загальною площею до 1 см^2 . Серед плодів першого сорту можуть бути і без плодоніжки, але всі без пошкоджень шкірки. За розмірами (яблука, груші) округлі не менше 60 мм у діаметрі, продовгуваті – з діаметром не меншим 50 мм, за стиглістю однорідні. На них допустимі (не більше двох) градобоїни і легкі натиски на шкірці загальною площею 2 см^2 , які не впливають на тривале зберігання, а також заживлені пошкодження шкідниками до 2 см^2 і плями від парші $0,6 \text{ см}^2$ (діаметр однієї не повинен перевищувати 3 мм). Заживлені пошкодження повинні бути лише на кількості плодів, не більшій 2% від загальної. До другого сорту відносять і не зовсім типові плоди за формою та забарвленням з розмірами не меншими 50 мм (округлі) і 45 мм (продовгуваті) в діаметрі. Допускаються натиски чи інші вм'ятини загальною площею до 4 см^2 і до двох заживлених механічних проколів шкірки та пошкоджень її шкідниками площею до 3 см^2 та плями від парші – до 2 см^2 . Кількість плодів із заживленими пошкодженнями плодожеркою не повинна перевищувати 10% від загальної. Допускається також загар на шкірці до 25% її поверхні, підшкірна плямистість до 3 см^2 і в'янення плодів з легкою зморшкуватістю. Всі інші плоди з неоднорідними характеристиками форми, забарвлення, ступеня стиглості, але не зелені і не перестиглі та не дрібніші 40 мм (округлі) і 35 мм (продовгуваті) в діаметрі відносять до нестандартних. Різні пошкодження шкірки (вм'ятини, натиски, проколи заживлені і свіжі) можуть займати до 25%, а плями парші до 12 – 13% її поверхні. Плодожеркою може бути пошкоджено більше 20% плодів, а побуріння шкірки – до половини поверхні, допускається наявність підшкірної плямистості, в'янення та слабого побуріння м'якуша.

Якісні показники врожаю визначають також за дегустаційною оцінкою плодів, у якій узагальнюються такі їхні характеристики, як *розмір, зовнішня привабливість, смак, загальна якість*. *Зовнішня привабливість* оцінюється за 5-бальною шкалою: 5 – плоди великі, правильної форми, красиво забарвлені; 4 – плоди великі, привабливі за зовнішнім виглядом; 3 – плоди недостатньо великі, мало привабливі за формою та забарвленням; 2 – плоди дрібні, різні і негарні за формою та забарвленням; 1 – плоди дуже дрібні, неправильної форми, погано забарвлені. *Смак* плодів оцінюється теж за аналогічною шкалою: 5 балів – відмінний десертний; 4 – добрий столовий; 3 – посередній; 2 – поганий, плоди мало придатні для споживання

свіжими; 1 – дуже погані, плоди не їстівні. Для точнішої характеристики смаку оцінки виставляють балами з десятими долями. *Загальна оцінка якості плодів* так само визначається за 5-бальною шкалою: 5 – якість відмінна; 4 – добра; 3 – середня; 2 – погана; 1 – дуже погана.

Для визначення якісних показників плоди потрібно відбирати з дерев, типових для облікових ділянок, на яких вони ростуть. Можна збирати для цього весь урожай з дерева або з частини його гілок, які повинні бути на однаковій висоті в кроні і з одного того ж боку відносно сторін світу на всіх облікових ділянках, тобто плоди повинні бути сформовані в усіх однакових умовах, крім тих, які створювались під впливом варіантів досліду.

4.3. Дослідження у насадженнях ягідних культур

У дослідах з ягідними культурами програми досліджень у певній мірі аналогічні з плодовими культурами, але мають і деякі відмінності через те, що плодові і ягідні рослини різняться за морфологічними ознаками, біологічними особливостями та довговічністю й, відповідно, неоднаковою тривалістю вирощування продуктивних насаджень. Якщо плодові сади вирощують декілька десятків років на одному місці, то кущові ягідники (агрус, порічку, смородину чорну) – до 12 – 15 років, малину – напівкущову рослину ще менший період і трав'янисту суницю – не більше трьох років, а за інтенсивних технологій її вирощують дворічною культурою з однорічним плодоношенням. У дослідних насадженнях цих культур програма включає такі обов'язкові дослідження: фенологічні спостереження, вивчення росту вегетативних органів, облік урожайності та оцінка якості ягід, а також загального стану дослідних рослин, зокрема після перезимівлі.

4.3.1. Фенологічні спостереження

У дослідах з кущовими ягідними культурами визначають такі фенофази:

- 1) *розпускання бруньок* – з них появляються кінчики листків;
- 2) *початок квітування*, коли розкрилось 3 – 5% квіток, і *закінчення* – відцвіло 90 – 95%;
- 3) *початок досягання врожаю*, коли появляються перші за-

барвлені ягоди і *повне досягання* – ягоди набули характерного забарвлення, смаку й аромату та стало забарвлене насіння в них;

4) *закінчення росту пагонів*, коли повністю сформувались верхівкові бруньки на більшості пагонів (визначається окремо на нульових і обростаючих пагонах);

5) *початок і закінчення повторного росту пагонів*;

б) *початок листопаду*, коли осипалось 20 – 25% листків, і *закінчення* – з більшості кущів осипались всі листки; якщо на деяких залишилась деяка частина листків, то визначають їх відсоток і тих, що осипались, а також *дату закінчення вегетації* – при настанні стійких холодів.

Спостереження за розпусканням бруньок і квітуванням проводять через добу, дозріванням ягід – через дві доби і закінченням росту пагонів та листопадом – раз у п'ять діб.

У дослідних насадженнях малини фенологічні спостереження починають з другого року після садіння, визначаючи такі фенофази:

1) *початок розпускання бруньок*, коли вони починають розкриватись і появляються кінчики перших листків;

2) *початок квітування*, коли розкрилось 5 – 10% квіток. Далі в період повного квітування візуально визначають його *інтенсивність* у балах: 5 – квітування рясне; 4 – добре; 3 – середнє; 2 – слабке; 1 – дуже слабке; 0 – квітування відсутнє;

3) *закінчення квітування*, коли відцвіло до 90% квітів, при цьому на 75% їх можуть обсіпатись пелюстки, а на решті вони побуріли та зав'яли;

4) *початок досягання ягід* – появляються перші стиглі ягоди;

5) *кінець досягання ягід* – строк останнього збирання врожаю;

б) *початок росту пагонів заміщення* – появляються перші кореневі паростки біля кущів;

7) *закінчення росту пагонів заміщення* – на більшості з них сформувались верхівкові бруньки.

У дослідях з культурою суниці проводять фенологічні спостереження, починаючи з визначення *стану рослин* навесні після їх перезимівлі, який оцінюють за шестибальною шкалою: 0 – рослини зовсім здорові без підмерзлого листя; 1 – побурілого листя на рослинах до 15%; 2 – побурілого листя до 30%; 4 – до 50%, 5 – все листя побуріле (вимерзле). Далі визначають: 1) *початок квітування*, коли розкрилось 5 – 10% квіток; 2) *кінець квітування*, коли відцвіло до 90% квіток, а в 75% їх обсіпались пелюстки;

3) *початок досягання ягід*, коли достигли перші ягоди; 4) *кінець досягання ягід* – строк останнього збирання врожаю; 5) *зміна забарвлення листків* визначається восени і виражається в балах: 0 – забарвлення не змінилось; 1 – змінилось забарвлення поодиноких листків; 2 – змінилось до 10% листків; 3 – змінилось до 30% листків; 4 – змінилось до 70% листків; 5 – змінилось забарвлення більше 70% листків.

4.3.2. Ріст рослин

Для вивчення росту кущових ягідних культур вимірюють висоту облікових кущів та діаметр на середині висоти (в двох взаємно перпендикулярних напрямках з визначенням середнього), а також в кінці вегетаційного сезону підраховують кількість і вимірюють довжину нульових пагонів, що відростають від основи куща, та пагонів першого і другого порядків, які виростили на всіх гілках. За цими даними розраховують середню кількість нульових пагонів на кущі (що свідчить про пагоновідновлювальну здатність кущів) та їх сумарну довжину, а також середню і сумарну кількість та довжину пагонів на гілках, що характеризує пагоноутворювальну здатність і силу росту плодоносної частини кущів.

У дослідних насадженнях малини на кожній обліковій ділянці виділяють по 1 м² площі чи по два погонних метри смуги з дослідними рослинами, типовими за ростом і розвитком для всієї ділянки, і підраховують кількість пагонів заміщення та недорослих паростків і вимірюють їх висоту. За цими даними розраховують середні і сумарні показники на одиницю площі насадження, які характеризують силу росту рослин у різних варіантах дослідів. Загальний стан дослідних рослин оцінюють у період квітання і восени після закінчення росту пагонів у балах: 5 – добрі облистеність і квітання, восени пагони заміщення сильнорослі та вирівняні за висотою і товщиною, пагоноутворювальна здатність відмінна, типова для сорту; 4 – рослини і пагони заміщення вирівняні, листки і суцвіття добре розвинуті, типові і не пошкоджені, пагоноутворювальна здатність добра, типова для сорту; 3 – рослини з ослабленим ростом, дещо зріджені, листки і суцвіття слабо розвинені, не вирівняні, пагоноутворювальна здатність ослаблена, пагони заміщення не вирівняні; 2 – рослини пригнічені, листки ненормально забарвлені, пагоноутворювальна здатність слабка, пагони заміщення не вирівняні,

тонкі, зріджені; 1 – дуже слабкі рослини, пагонів заміщення для відновлення кущів майже немає.

Загальний стан рослин у дослідних насадженнях суниці визначають на початку літа і восени також за п'ятибальною шкалою: 5 – рослини сильнорослі з великою кількістю добре забарвлених типових для сорту листків; 4 – рослини теж рослі з добре розвинутими нормально забарвленими листками без пошкоджень; 3 – рослини ослаблені середньо облистнені порівняно здрібненими листками; 2 – рослини різнорослі з неоднаковими за розмірами листками блідого кольору, серед яких переважають недорозвинені; 1 – рослини дуже пригнічені з дрібними листками на коротких черешках.

4.3.3. Плодоношення, врожайність і якість ягід

За порівняльного вивчення сортів кущових ягідних культур та при проведенні агротехнічних дослідів, започаткованих зразу після закладання дослідних насаджень, визначають рік вступу кущів у плодоношення, коли з кожного отримують не менше 0,5 кг ягід. Також встановлюють *ступінь плодоношення* – відбирають по 5 – 10 однорічних пагонів із кущів на кожній обліковій ділянці з 100 – 150 бруньок і через кожну з них роблять поздовжні зрізи та підраховують кількість генеративних, яку виражають у відсотках від загальної кількості.

Ступінь квітучання і плодоношення визначають візуально в балах: 5 – рясне квітучання та плодоношення, яке оцінюють за наявністю зав'язі; 4 – добре; 3 – середнє; 2 – слабке; 1 – дуже слабке (поодинокі квітки, зав'язі); 0 – рослини не квітують і не плодоносять.

Урожайність обліковують, зважуючи всі зібрані ягоди з кожного облікового куща і розраховують середню на кожній обліковій ділянці. Також розраховують щільність урожаю діленням показника маси врожаю з куща на його об'єм. Її визначають, як дуже високу – більше 2,5 кг/м³; високу — 1,6–2,5 кг/м³; середню — 0,6–1,5 кг/м³ і низьку – менше 0,6 кг/м³. Ще визначають візуально ступінь осипання ягід через три доби після досягнення ними повної стиглості (із трьох кущів на кожній обліковій ділянці) за шестибальною шкалою: 0 – осипання відсутнє; 1 – дуже слабке; 2 – слабке – до 5% ягід; 3 – середнє – до 20%; 4 – сильне – до 40%, 5 – дуже сильне – осипалось більше 40% ягід.

Плодоношення малини вивчають з другого року після садіння. Ступінь плодоношення визначають візуально в балах: 5 – дуже рясне; 4 – рясне; 3 – середнє; 2 – слабке; 1 – дуже слабке; 0 – плодоношення відсутнє. Перед дозріванням ягід проводять біологічний облік урожаю за такими показниками:

- 1) кількість плодоносних пагонів на 1м²смуги (сильних, середніх і слабких);
- 2) середня кількість вічок на пагоні (сильному, середньому і слабкому);
- 3) середня довжина пагона і кількість вічок на одному метрові пагона;
- 4) кількість ягід в розрахунку на одне вічко;
- 5) середня маса ягоди в грамах.

За цими показниками вираховують можливий урожай ягід з 1 га. Фактичну врожайність визначають, зважуючи зібрані з облікової ділянки ягоди і сумуючи результати зважування за всі збори. При кожному зборі ягід визначають їх середню масу, зважуючи 100 ягід, взятих підряд без відбирання, і розраховують середні показники зі всіх зборів на кожній обліковій ділянці. Смак ягід визначають за результатами дегустації.

Плодоношення суниці вивчають на другий рік після закладання дослідного насадження. Перш за все проводять облік квітконосів на 10 контрольних рослинах кожної облікової ділянки і підраховують кількість квіток на цих квітконосах та розраховують середні показники кількості квітконосів на рослині і квіток у квітконосі. За потреби, пізніше на цих рослинах обліковують всю зав'язь та кількість ягід, сформованих повністю й дозрілих і не сформованих, пошкоджених тощо. В період дозрівання ягід урожай обліковують, зважуючи їх окремо з облікових ділянок при кожному зборі, а також визначають середню масу зважуванням 100 ягід, взятих підряд без вибирання, і діленням їх маси на кількість. Смакові якості ягід оцінюють за результати дегустації та, за потреби, визначають їх хімічний склад, аналізуючи в лабораторії відповідними методами.

5. ВИВЧЕННЯ ЗИМОСТІЙКОСТІ І МОРОЗОСТІЙКОСТІ ПЛОДОЯГІДНИХ РОСЛИН

У дослідях з багаторічними плодоягідними культурами важливо встановити реагування дослідних рослин на несприятливі умови перезимівлі – на їх стійкість до низьких температур, до значних коливань температури, які бувають у зимовий період, тому що від пошкоджень тканин і цілих органів дерев та кущів залежать їх наступна продуктивність і тривалість продуктивного життя. А ступінь стійкості дослідних рослин може зумовлюватись біологічними особливостями сортів і сорто-підщепних комбінувань та технологічними умовами їх вирощування, в тому числі різними рівнями мінерального живлення та вологозабезпечення загалом і в окремі періоди вегетації, освітлення крон, неоднаковими фітосанітарними умовами залежно від конструкцій насаджень і відповідного мікроклімату в них тощо. Тому при вивченні всіх цих питань у дослідях з плодоягідними культурами визначення їх морозо- і зимостійкості повинно включатись у програму обов'язкових досліджень.

У дослідях з плодовими культурами визначають загальний ступінь і характер підмерзання тканин (кори, деревини, серцевини) та окремих органів (пагонів, плодових утворень, бруньок ростових і плодових, коренів) та цілих дерев повністю. Оціночні результати виражають у балах.

Ступінь підмерзання кори (опіки і морозобоїни) визначають на стовбурах і скелетних гілках всіх облікових дерев і показують у балах по кожному з них: 0 – пошкодження відсутнє; 1 – незначне поверхове пошкодження в окремих місцях; 2 – слабе, переважно поверхове пошкодження значних (до 25% загальної площі) ділянок кори, або невеликі ділянки глибоких пошкоджень; 3 – значне пошкодження з омертвінням кори до деревини, опіки до половини обхвату штамба; 4 – сильне пошкодження: кора омертвіла на великих ділянках штамба чи скелетних гілок, пошкоджено понад 75% поверхні стовбура; 5 – дуже сильне кільцеве пошкодження кори, що зумовлює загибель дерева.

Підмерзання деревини визначають на трьох модельних деревах кожної облікової ділянки. Для цього на кожному з них зрізають по три 3 – 4-річних гілки з порівняно молодих уже сформованих дерев, а на старіших плодоносних зрізають 5–6-річні гілки. На поперечних зрізах не пошкоджена деревина зовсім світла, а підмерзла

відрізняється коричневим потемнінням різної інтенсивності залежно від ступеня підмерзання, результати визначення якого оцінюють у балах: 0 – підмерзання відсутнє; 1 – незначне підмерзання, забарвлення лише жовтувате; 2 – слабе підмерзання, деревина світло-коричнева; 3 – значне підмерзання, деревина коричнева; 4 – сильне підмерзання, деревина темно-коричнева; 5 – дуже сильне підмерзання, колір деревини майже чорний, вона мертва.

Підмерзання гілок і пагонів визначають на облікових деревах візуально й оцінюють у балах: 0 – всихання кінців однорічних пагонів і випадів гілок немає; 1 – є всихання кінців частини однорічних пагонів; 2 – вимерзло (всохло) більшість однорічного приросту, є окремі випадки напівскелетних гілок; 3 – повністю або частково вимерзли дво-трирічні гілки і частина скелетних гілок; 4 – вимерзла більшість гілок чи вся крона, не пошкоджені лише скелетні гілки при їх основі і штамп вище снігового покриву; 5 – вимерзло все дерево до рівня снігового покриву.

Підмерзання плодоносних утворень (плодушок, списиків, прутиків) визначають на гілках, відібраних для оцінки стану деревини (як зазначено вище) і виражають у балах: 0 – ознак підмерзання немає; 1 – побуріла серцевина чи змінене забарвлення деревини (не світле), відмерли кінці плодоносних утворень, повністю відмерло до 10% плодушок; 2 – відмерло до 25% плодушок, масове побуріння їх деревини і серцевини, слабка облиственість вегетуючих плодоносних утворень; 3 – вимерзло до 50% плодушок; 4 – вимерзло більше 50% плодушок; 5 – вимерзло більше 75% плодушок.

На основі даних про пошкодження зазначених органів і частин плодового дерева визначають ступінь його загального підмерзання теж у балах: 0 – підмерзання відсутнє; 1 – незначне підмерзання: дуже слабе пожовтіння деревини, невеликі поверхневі опіки кори стовбура і скелетних гілок, усихання верхівок однорічних пагонів і поодинокі випадки малих гілок, до 10% вимерзло плодушок, загалом стан дерев майже нормальний, облиственість добра, листки здорові; 2 – слабе підмерзання: світло-коричнева деревина, слабкі поверхневі опіки чи окремі невеликі глибші пошкодження кори, всохла значна кількість однорічних пагонів і частина малих гілок, відмерло до 25% плодушок, листя в більшості нормальне, є частина здрібнених листків; 3 – значне підмерзання: деревина коричнева, опіки середнього ступеня, значне омертвіння кори до деревини на 50% обхвату стовбура, випадання напівскелетних й окремих скелетних

гілок, до 50% відмерлих плодушок; 4 – дуже сильне підмерзання: деревина темно-коричнева, сильні опіки кори, глибоко пошкодженої на 50% обхвату стовбура і скелетних гілок, вимерзло до 75% плодушок, загальне відмирання більшої частини або всієї крони, зберігся лише штаб та в основі скелетні гілки; 5 – дерево вимерзло повністю до снігового покриву.

У дослідах з ягідними культурами, за потреби, теж вивчають зимостійкість рослин, зокрема визначають (у балах) ступінь підмерзання пагонів, бруньок, а також коренів (за сильних морозів у безсніжні зими) у кущових ягідниках, минулорічних пагонів заміщення (плодоносних у поточному році) в насадженнях малини та ріжків і цілих рослин суниці.

Підмерзання гілок агрусу, порічки і смородини визначають за такою шкалою: 0 – підмерзання відсутнє; 1 – незначне підмерзання верхньої частини (до 1/4 довжини) пагонів; 2 – слабке: підмерзання більше 1/4 довжини пагонів, вимерзли поодинокі старі гілки; 3 – середнє підмерзання: пошкоджені дворічні та окремі гілки старшого віку; 4 – сильне підмерзання: вимерзла більшість багаторічних гілок; 5 – повне вимерзання кущів. Ступінь підмерзання ростових бруньок визначають на всіх облікових кущах: 0 – підмерзання відсутнє; 1 – вимерзло до 10% бруньок; 2 – до 25%; 3 – до 50%; 4 – до 75%; 5 – вимерзло більше 75% бруньок. Для визначення ступеня підмерзання генеративних бруньок відбирають з типових для варіанта однорічних пагонів по 50 бруньок на обліковій ділянці. Кожну бруньку вздовж розрізають і зріз розглядають під бінокуляром, визначаючи кількість побурілих. Ступінь підмерзання оцінюють в балах: 1 – низький – підмерзло до 10% бруньок; 2 – середній – до 30%; 3 – високий – підмерзло більше 30% бруньок.

Підмерзання коріння визначають, викопуючи по одному кущу на обліковій ділянці, і виражають результати обліку в балах: 0 – підмерзання відсутнє; 1 – частково побуріли дрібні сисні корінчики; 2 – частково відмерли дрібні (мичкуваті) розгалуження, помітна регенерація корінців; 3 – відмерли дрібні та підмерзли скелетні корені, від тих, що збереглися, відростають нові; 4 – відмерли скелетні корені, відростання нових слабке; 5 – відмерла вся коренева система.

Для оцінки зимостійкості малини навесні під час її квітання візуально визначають підмерзання рослин на одному погонному метрі смуги кожної облікової ділянки в балах: 0 – підмерзання відсутнє; 1 – незначне підмерзання: підмерзли лише верхівки мину-

лорічних пагонів заміщення до 1/4 їх висоти, бруньки не пошкоджені; 2 – середнє: зверху підмерзла третя частина пагонів, відмерли поодинокі бруньки; 3 – значне: пагони зверху вимерзли до половини висоти і пошкоджено до 25% бруньок; 4 – сильне підмерзання: вимерзло більше двох третин висоти пагонів і до 50% бруньок; 5 – повністю вимерзла надземна частина.

Ступінь підмерзання суниці визначають перед квітутанням навесні, оцінюючи візуально стан всіх рослин на кожній обліковій ділянці в балах: 0 – всі рослини живі і здорові, підмерзання відсутнє; 1 – незначне підмерзання: вимерзло до 10% ріжків, рослини розвиваються добре; 2 – середнє підмерзання: вимерзло 10–25% ріжків, відмерли деякі кущі, живі розвиваються нерівномірно; 3 – значне підмерзання: вимерзло до 50% ріжків і кущів, живі пригнічені, розвиваються слабо; 4 – сильне підмерзання: вимерзло до 75% ріжків і кущів, рослини розвиваються дуже слабо, листя спочатку відростає, а далі засихає; 5 – вимерзли всі рослини повністю, можуть появлятися листочки від основи кущів, які невдовзі засихають.

За морозних малосніжних зим може підмерзати та вимерзати і коренева система рослин суниці. При цьому затримується відновлення їх вегетації навесні або вони зовсім не відростають. Підмерзання її також визначають у балах: 0 – підмерзання відсутнє: тканини коренів на зрізі світлі, рослини відростають нормально; 1 – незначне підмерзання: слабке побуріння тканин коренів, відростання затримується; 2 – середнє підмерзання: тканини коренів світло-коричневі, ріжки відростають повільно з неоднаковою інтенсивністю, але пізніше рослини відновлюються і плодоносять більш менш нормально; 3 – значне підмерзання: кореневі тканини коричневі, деякі рослини не відростають, а живі ослаблені, листки нездорові – не характерні для сорту; 4 – сильне підмерзання: тканини коренів темно-коричневі омертвілі, не відростає більшість рослин, а живі дуже пригнічені; 5 – всі рослини вимерзли і не відростають.

Для визначення стійкості плодових і ягідних рослин до екстремально низьких температур (їх морозостійкості), крім визначення ступеня їх підмерзання після перезимівлі у природних умовах в польових (садових) дослідях, ще застосовують метод прямого проморожування в морозильних камерах окремих органів чи цілих рослин за відповідними методиками.

У всіх польових дослідях з плодоягідними культурами в програму досліджень, крім спостережень, вимірів та обліків, що прово-

дяться для визначення росту і розвитку, плодоношення та загального стану рослин, ще включають вивчення показників родючості ґрунтового середовища, де поширюється коренева система рослин і забезпечує їх мінеральне живлення та водопостачання, без чого неможливе функціонування надземної частини і проходження всіх процесів життєдіяльності рослинного організму. Ці дослідження виконуються за розширеною програмою в агротехнічних дослідах, у яких вплив на рослину досліджуваних факторів чи заходів і прийомів здійснюється через ґрунт (система його утримання, удобрення, обробіток, зрошення тощо). В них вивчають зміни агрохімічних, агрофізичних, біологічних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників родючості за відповідними загальноприйнятими стандартизованими методиками. А в дослідах, в яких об'єктами дослідження є самі рослини (порівняльне вивчення сортів, підщеп, сорто-підщепних комбінувань, способів і систем формування крон, обрізування дерев і кущів, розмножування і вирощування садивного матеріалу, конструкцій насаджень, формування їх урожаю та захисту від хвороб і шкідників тощо), планують і виконують програму досліджень дещо звужену порівняно з попередньо зазначеною, яка стосується в основному характеристики мінерального живлення та забезпечення рослин ґрунтовою вологою.

ЧАСТИНА ЧЕТВЕРТА

МЕТОДИКА СПОСТЕРЕЖЕНЬ, АНАЛІЗІВ І ОБЛІКІВ

Проведення польового та інших дослідів супроводжується певними спостереженнями, аналізами, і обліками. Для польового дослідження важливими з них є метеорологічні спостереження, визначення агрофізичних і агрохімічних показників родючості ґрунту, облік забур'яненості посівів і засміченості ґрунту органами розмноження бур'янів, фітопатологічні та ентомологічні обліки, оцінка посівів чи насаджень за біометричними показниками, облік врожаю та аналіз рослинницької продукції, статистичний аналіз результатів досліджень тощо.

1. ПРОВЕДЕННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Спостереження за елементами погоди є обов'язковою складовою частиною польового дослідження, тому що часто лише за їх допомогою можна пояснити результати, які викликають у дослідника сумнів відносно результативності певних варіантів. Так, не можна пояснити дані про низький врожай пшениці озимої на високому агрофоні, якщо дослідник не зафіксував моменту вилягання посіву рослин на даному фоні після випадання дощів великої інтенсивності. Такими причинами можуть бути також інші погодні фактори, які вимагають обов'язкового обліку. Найбільш важливо фіксувати ті явища погоди, які можуть спричинити різкі зміни у рості та розвитку рослин (великі морози, тривала посуха, ураганний вітер, градобій тощо).

Тільки на основі порівняння результатів метеорологічних спостережень у роки проведення дослідження з багаторічними показниками дослідник може встановити типовість погодних умов року для району досліджень та виявити взаємозв'язок між урожаєм і окремими елементами погоди чи метеорологічними явищами.

Основними елементами погоди вважаються кількість опадів, відносна вологість і температура повітря. Однак залежно від напрямку досліджень обмежуватись ними не можна. Часто треба брати до

уваги дані про температуру ґрунту, атмосферний тиск, швидкість і напрям вітру, фотосинтетично активну радіацію (ФАР), освітленість тощо.

Метеорологічні спостереження ведуть як у стаціонарних (метеостанції, метеопости), так і в польових умовах. Слід зазначити, що даними метеостанції можна користуватись, якщо вона розташована від досліду на відстані до 5–6 км.

На метеостанціях спостереження за температурою повітря і ґрунту, вологістю повітря, швидкістю вітру і його напрямками, атмосферним тиском ведуть вісім разів на добу – в 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 і 21 год. Кількість опадів за добу визначають о 3, 9, 15 і 21 год. Висоту снігового покриву і глибину промерзання ґрунту замірюють раз за добу – о 8 год. Вологість ґрунту визначають восьмого дня кожної декади місяця.

1.1. Кількість опадів та їх інтенсивність

Кількість опадів визначається товщиною шару води в міліметрах з точністю до десятих, хоч в агрономічній практиці часто використовують дані про кількість опадів в м³/га, знаючи, що шар води товщиною 1 мм на площі 1 га становить 10м³.

Інтенсивність опадів визначається їх кількістю за 1 хв (мм/хв).

Вимірюють кількість опадів опадоміром Третьякова 0-1, основою якого є відро висотою 40 см з площею приймальної поверхні 200 см². В середині відра впаяна діафрагма у вигляді зрізаного конуса, отвір якої в літній період для зменшення випаровування закривають лійкою.

Щоб визначити кількість опадів, воду з відра зливають у мірний стакан у вигляді мензурки із ста поділками. Одна поділка відповідає місткості в 2 см³, а якщо врахувати, що площа приймальної поверхні становить 200 см², то одна поділка в мензурці дорівнює 0,1 мм опадів.

До результатів вимірювань вводиться поправка на те, що певна кількість води опадів витратилася на змочування відра. Для опадів у вигляді дощу в кількості менше половини поділки стакана поправка становить плюс 0,1 мм, а для опадів 0,5 поділки стакана і більше – плюс 0,2 мм.

Щоб одержати достовірні дані про кількість опадів, опадоміри встановлюють безпосередньо на дослідному полі, де кількість опадів треба визначати щодня один раз на добу.

Кількість опадів у вигляді снігу також визначають у міліметрах водяного стовпа після того, як сніг у відрі у приміщенні розтане.

При цьому всі записи ведуться за такою формою:

Дата	Час випадання опадів в годинах і хвилинах		Кількість поділок мірного стакана	Поправка, мм	Кількість опадів		Інтенсивність опадів, мм/хв
	початок	кінець			мм	м ³ /га	

Спостереження за сніговим покривом. Часто треба мати дані про висоту снігового покриву, який, як правило, залягає по території нерівномірно, тому заміри проводять одночасно в кількох місцях за допомогою постійних і переносних снігомірних рейок. Постійні рейки встановлюють у трьох місцях на ділянці у вигляді рівностороннього трикутника. При цьому нульова поділка рейки повинна розміщуватися на рівні поверхні ґрунту.

Висоту снігового покриву за допомогою постійної мірної рейки вимірюють з точністю до 1 см околірно на відстані 5–6 м від рейки, щоб не порушити снігового покриву біля рейки. Точність заміру буде вищою, якщо дослідник, який встановлює висоту снігового покриву, близько нахилиться до поверхні снігу.

Переносні мірні рейки використовують тоді, коли висота снігового покриву в певному місці визначається тільки один раз за зиму. Вони являють собою загострену планку з поділками в 1 см. Нульова позначка збігається з кінцем вістря планки. Щоб виміряти висоту снігового покриву, рейку гострим кінцем вставляють у сніг так, щоб кінець досяг поверхні ґрунту. Висоту снігового покриву по шкалі переносної рейки вимірюють з точністю до сантиметра.

Для визначення щільності снігу (а від неї залежить його ізоляційна здатність як теплопровідника і вміст води в ньому) використовують переносний снігозамірник – металевий циліндр з площею поверхні 50 см² і висотою 60 см. Загострений відкритий кінець циліндра є початком відліку шкали в сантиметрах. У полі снігозамірник загостреним кінцем вертикально занурюють у сніг і по шкалі циліндра замірюють висоту снігового покриву. Потім лопаткою з одного боку циліндра відгрібають сніг і підсовують її під снігозамірник. Після цього циліндр обережно виймають, перевертають і зважують. Якщо висота снігового покриву більше 60 см, стовп снігу вирізують у кілька прийомів. Повторність аналізу – п'яти-, шестикратна.

Щільність снігу визначається діленням маси снігу в грамах на його об'єм у кубічних сантиметрах ($\text{г}/\text{см}^3$). Робочі записи ведуть за такою формою:

Номер виміру	Висота снігового покриву, см	Площа поверхні циліндра, см^2	Об'єм снігу, см^3	Маса циліндра, г		Маса снігу, г	Щільність снігу, $\text{г}/\text{см}^3$
				із снігом	пустого		

1.2. Температура повітря

Для вимірювання температури повітря використовують термометри, які в стаціонарних умовах встановлюють у психрометричній будці БП-1, жалюзійні стінки якої захищають термометри від прямого попадання сонячних променів. Психрометричні термометри встановлюють вертикально, а максимальний і мінімальний – горизонтально резервуарами на схід на спеціальних штативах. За допомогою останніх фіксується максимальна і мінімальна температура повітря, що дає можливість визначити амплітуду коливання цього показника протягом доби чи довшого періоду. Відліки на всіх термометрах знімають відразу після відкриття дверцят будки, починаючи з відліків десятих часток градуса.

Температуру повітря на посівах чи насадженнях вимірюють аспіраційним психрометром МВ-4М, який розміщують горизонтально на спеціальних підставках у вигляді невеличких дерев'яних козликів з таким розрахунком, щоб на резервуари не попадали прямі сонячні промені. Коли швидкість вітру перевищує 3 м/с, на аспіратор з підвітряного боку надівають захисний кожух.

1.3. Напрямок і швидкість вітру

Напрямок вітру визначають у стаціонарних умовах за допомогою флюгерів різних марок (паралельно за їх допомогою визначають і швидкість вітру). В польових умовах швидкість вітру вимірюють ручним чашковим анемометром МС-13, який встановлюють на відповідній висоті плоскою поверхнею корпусу паралельно напрямку вітру, а шкалою до спостерігача.

Перед вимірюванням при вимкненому лічильнику записують початкові показники з урахуванням положення всіх трьох стрілок, а через 20–30 с після початку обертання вертушки вмикають лічильник анемометра. Водночас включають і секундомір, який вмикається разом з анемометром після певного періоду роботи приладу. Як правило, робота анемометра триває 10 хв.

За різницею показників лічильника при ввімкненні та після вимкнення анемометра, поділеної на тривалість роботи лічильника, визначають кількість обертів за 1 с. Для переведення цього показника в метри за секунду користуються перевідною таблицею або градуйованим графіком, які є в технічному свідоцтві кожного приладу.

Всі записи ведуть за такою формою:

Місце вимірювання	Час вимірювання, годин	Показники на шкалі		Різниця показників	Період роботи приладу, с	Кількість обертів за 1 с	Швидкість вітру, м/с
		початковий	кінцевий				

Для визначення швидкості вітру в межах від 2 до 30 м/с можна застосовувати ручний індукційний анемометр АРІ-49.

1.4. Атмосферний тиск

Атмосферний тиск вимірюють за допомогою барометрів-анероїдів різної конструкції, серед яких найбільш поширений барометр БАММ-1. Використовувати його можна на метеорологічних станціях і постах, а також у польових умовах. Прилад встановлюють горизонтально і спочатку фіксують температуру повітря з точністю до 0,1 °С за термометром, який комплектується разом з анероїдом. Потім, постукавши пальцем по скляній кришці анероїда, відраховують положення стрілки відносно шкали з точністю до 0,1 мм рт. ст.

При вимірюванні атмосферного тиску роблять три поправки. Шкалова поправка подається в технічному свідоцтві для всієї шкали через кожних 10 мм рт. ст. При цьому проміжні поправки виводяться дослідником шляхом інтерполяції двох сусідніх поправок. Другою поправкою є температурна, за допомогою якої дані анероїда показуються при температурі 0°С. Для цього користуються коефіцієнтом, який показує зміну показника анероїда при зміні температури на 1 °С. Цей коефіцієнт наводиться також у технічному свідоцтві приладу. Щоб розрахувати температурну поправку, назва-

ний коефіцієнт треба помножити на показники термометра. Третя поправка, яка з часом змінюється, визначається раз протягом шести місяців. Для цього необхідно одночасно провести вимірювання в 3–5 повторностях за допомогою стаціонарного чашкового барометра і анероїда. Різниця між показниками ртутного барометра з урахуванням всіх поправок і анероїда з шкаловою та температурною поправками і буде додатковою поправкою до показників анероїда. Цю поправку заносять у свідоцтво анероїда і дослідник може її використовувати півроку. Дані розрахунків барометричного тиску записують в таблицю за такою формою:

Дата	Температура повітря, °С	Відлік тиску	Поправка			Виправлене значення тиску
			шкалова	температурна	додаткова	

1.5. Вологість повітря

Найбільш поширеним методом визначення вологості повітря є психрометричний, який ґрунтується на залежності інтенсивності випаровування вологи з водної поверхні від вологості навколишнього повітря. При цьому вологість повітря визначається як різниця між показниками двох однакових психрометричних термометрів – сухого і змоченого.

Чим більший дефіцит вологості, тим інтенсивніше буде випаровуватися волога і більшою буде різниця температур на термометрах.

Перед визначенням вологості повітря перевіряють чистоту батисту (тканина, якою щільно обмотаний змочений термометр) і наявність води у стаканчику, в який він занурений.

Влітку в жарку і суху погоду за 10–15 хв до вимірювання стаканчик з відкритою кришкою піднімають і занурюють у нього резервуар змоченого термометра, після чого стаканчик знову закривають і ставлять на попереднє місце.

Взимку батист обрізують на 0,2–0,3 см нижче термометра і змочують його за 30 хв до визначення вологості водою кімнатної температури, щоб відтанула льодова кірка, яка була на ньому.

Відліки на обох термометрах треба проводити швидко. При цьому спочатку фіксують десяті частки, а потім цілі градуси сухого і змоченого термометрів.

При обчисленні вологості повітря користуються такими даними:

фактичною пружністю водяної пари (e), максимальною пружністю водяної пари при температурі змоченого термометра (E), атмосферним тиском (P), температурою сухого (T_1) і змоченого (T_2) термометрів, сталою станційного психрометра (0,0008).

Фактичну пружність водяної пари (мм рт. ст.) розраховують за формулою

$$e = E - 0,0008 \cdot (T_1 - T_2) \cdot P.$$

Значення максимальної пружності водяної пари на основі показників змоченого термометра беруть з допоміжної таблиці 9, в якій температуру подано з інтервалом $0,5^\circ\text{C}$. Щоб показати тиск при градації температури $0,1^\circ\text{C}$, треба розрахувати, як змінюється він при зміні температури на $0,1^\circ\text{C}$, і додатково до таблиці зробити відповідні математичні розрахунки за допомогою інтерполяції двох сусідніх показників.

9. Тиск насиченої водяної пари E над поверхнею чистої води при різних температурах змоченого термометра

Температура, $^\circ\text{C}$	Тиск, мм рт.ст.	Температура, $^\circ\text{C}$	Тиск, мм рт.ст.	Температура, $^\circ\text{C}$	Тиск, мм рт.ст.	Температура, $^\circ\text{C}$	Тиск, мм рт.ст.
0	4,6	10,0	9,2	20,0	17,6	30,0	32,0
0,5	4,7	10,5	9,5	20,5	18,1	30,5	32,9
1,0	5,0	11,0	9,8	21,0	18,7	31,0	33,8
1,5	5,1	11,5	10,2	21,5	19,3	31,5	34,8
2,0	5,3	12,0	10,5	22,0	19,9	32,0	35,8
2,5	5,5	12,5	10,9	22,5	20,5	32,5	36,8
3,0	5,7	13,0	11,3	23,0	21,1	33,0	37,9
3,5	5,9	13,5	11,6	23,5	21,8	33,5	38,9
4,0	6,1	14,0	12,0	24,0	22,5	34,0	40,2
4,5	6,3	14,5	12,4	24,5	23,2	34,5	41,2
5,0	6,5	15,0	12,9	25,0	23,8	35,0	42,3
5,5	6,8	15,5	13,2	25,5	24,6	35,5	43,5
6,0	7,1	16,0	13,7	26,0	25,3	36,0	44,7
6,5	7,3	16,5	14,1	26,5	26,0	36,5	45,9
7,0	7,5	17,0	14,6	27,0	26,8	37,0	47,2
7,5	7,8	17,5	15,0	27,5	27,7	37,5	48,6
8,0	8,0	18,0	15,5	28,0	28,4	38,0	49,8
8,5	8,3	18,5	16,0	28,5	29,3	38,5	51,3
9,0	8,6	19,0	16,5	29,0	30,2	39,0	52,6
9,5	8,9	19,5	17,1	29,5	31,0	39,5	54,1

Відносну вологість повітря розраховують за формулою

$$B_e = \frac{e \cdot 100}{E},$$

де B_e – відносна вологість повітря, %; 100 – число для перерахунку даних у проценти; e – фактична пружність пари, мм рт. ст.; E – максимальна пружність пари, мм рт. ст.

1.6. Температура ґрунту

Температуру поверхні ґрунту вимірюють за допомогою термінових, максимальних і мінімальних термометрів з ціною поділок 0,5 °С.

Терміновий термометр ТМ-3 використовують для визначення температури на час спостереження, максимальний ТМ-1 – для фіксації найвищої, а мінімальний ТМ-2 – найнижчої температури за період між спостереженнями.

Усі три термометри вставляють у невеликі заглиблення, злегка вдавляючи їх у ґрунт, щоб резервуар наполовину був у ґрунті і тісно приставав до нього. Терміновий і мінімальний термометри встановлюють горизонтально, а максимальний – з невеликим нахилом до резервуара, щоб ртуть у капілярі не відтікала з резервуара.

Відліки на термометрах роблять окомірно з точністю до 0,1 °С.

Температуру ґрунту на глибині орного шару вимірюють за допомогою термометра-щупа АМ-6 або колінчастого термометра ТМ-5.

Термометр-щуп вертикально вдавляють у ґрунт на відповідну глибину згідно з позначками на стінці щупа. Якщо ґрунт дуже ущільнений, то спочатку в ґрунт забивають металевий стержень на глибину, дещо меншу за необхідну, а після виймання стержня туди вставляють термометр на задану глибину. Через 10–15 хв після встановлення термометра знімають показники температури ґрунту.

На відміну від термометрів-щупів колінчасті термометри використовують для стаціонарного визначення температури ґрунту протягом вегетаційного періоду. Для цього копають траншею з однією прямовисною стінкою. На заданій глибині цієї стінки паралельно поверхні поля роблять невеликі заглиблення, в які вдавляють резервуари термометрів до згину. На поверхні ґрунту термометр із шкалою розміщують під кутом 45° за допомогою підпірок, після чого траншею засипають землею з тих шарів, з яких вона була вийнята. Значення показників записують, не виймаючи термометра з ґрунту.

Для визначення температури ґрунту до глибини 1 м і більше використовують витяжні термометри ТПВ-50 з ціною поділок 0,2 °С.

За допомогою бура готують свердловини на потрібну глибину і в них вкладають металеві трубки, які виходять над поверхнею ґрунту на висоту 50 см і більше. В трубки вкладають термометри, відліки з яких записують відразу після виймання, починаючи з десятих часток градуса. Щоб дані були достовірними, поверхню ґрунту навколо термометрів треба утримувати в стані, характерному для дослідної ділянки. Згідно з планом досліджень температуру ґрунту до глибини 1 м визначають кілька разів за добу, а глибше – один раз, оскільки на більшій глибині майже не спостерігається добових коливань температури. На метеорологічних станціях для дистанційного вимірювання температури ґрунту глибше 2 м застосовують установку М-54-2. Принцип її роботи полягає в залежності електричного опору ґрунту від його температури. Однак у польових дослідках використовувати такі установки практично немає можливості.

1.7. Глибина промерзання ґрунту

Для визначення глибини промерзання ґрунту використовують мерзлотомір, який являє собою захисну водонепроникну трубу, в яку вкладається гумова трубка. Всередині останньої проходить капроновий шнур з вузликами, які не дають можливості переміщуватись стовпчику льоду під час роботи з мерзлотоміром. Для утворення льоду при мінусових температурах у ґрунті гумову трубку повністю заливають дистильованою водою і з обох боків закривають капроновими пробками.

За 2–3 тижні до настання морозів буром роблять свердловину, вставляють у неї захисну трубу, а проміжки між стінкою свердловини і захисною трубою щільно засипають землею. Після цього в захисну трубу вкладають гумову трубку з сантиметровими позначками, нульова поділка яких розміщується на рівні поверхні ґрунту.

Відліки мерзлотоміром починають з настанням мінусових температур і продовжують до повного розмерзання ґрунту. Для визначення глибини промерзання ґрунту гумову трубку витягують і пальцями прощупують її зверху донизу, установлюючи межі льодового стовпчика. За поділками визначають глибину промерзання і товщину мерзлого шару ґрунту (з точністю до 1 см). Після вимірювань гумову трубку знову вставляють у захисну трубу для наступного аналізу.

Крім зазначених вище метеорологічних даних, дослідник записує строк настання останнього заморозку навесні і першого восени, випадання зливових дощів, фіксує градобій, ураганний вітер, тривалу повітряну посуху тощо.

2. ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ҐРУНТУ

Важливими показниками фізичного стану ґрунту є вологість, об'ємна маса або щільність, будова, структурність тощо. Є кілька методів визначення цих показників, але нижче будуть розглянуті найбільш поширені з них.

2.1. Вологість ґрунту (ДСТУ ISO11465:2001)

Залежно від глибини визначення вологості ґрунту термостатно-ваговим методом проби відбирають за допомогою лопати (якщо обмежується орним шаром) або спеціальних бурів різної конструкції. Мінімальна повторність відбору ґрунтових зразків на невеликих за розміром (100–200 м²) дослідних ділянках трикратна. При цьому проби відбирають через рівномірні проміжки по діагоналі облікової площі. Відібраний з певної глибини ґрунт ретельно перемішують і з нього у попередньо зважений бюкс відбирають пробу ґрунту на 2/3 його об'єму. Закривши бюкс кришкою його номер записують у відомість такої форми:

Варіант	Шар ґрунту, см	Номер бюкса	Маса бюкса, г			Маса води, що випарувалась, г M = a – б	Маса сухого ґрунту, г Г = б – в	Вологість ґрунту, % $B = \frac{M \cdot 100}{Г}$		
			з вологим ґрунтом (а)	з сухим ґрунтом (б)	порожнього (в)			по повторно-стях	сумарна	середня

В лабораторії бюкси відкривають, зважують і ставлять у сушильну шафу. Сушать зразки при температурі 105 °С протягом 6–10

год до постійної маси. Щоб упевнитися, що ґрунт повністю висох, зразки після сушіння і зважування ставлять ще в сушильну шафу на 2–3 год і знову зважують. Якщо маса бюксів не змінилась, то ґрунт сухий. Якщо маса зменшилась, перевірку повторюють. Упевнившись, що процес висушування ґрунту закінчений, починають розрахунки вологості ґрунту. Хід цих розрахунків із формулами показаний у „шапці” вище приведеної форми.

Вміст доступної вологи в ґрунтовому зразку визначають як різницю між загальною вологістю і вологістю стійкого в’янення рослин.

Вологість стійкого в’янення визначають так. У бюкси з кожного шару ґрунту в 4–5 повторностях набирають наважку по 40–50 г. Після її зволоження в бюкси висівають по 4–5 пророслих насінин ячменю і ставлять у темне місце, а після появи сходів бюкси переносять в освітлене місце і ґрунт зволожують до оптимальної вологості. У фазі двох-трьох листочків для зменшення випаровування вологи поверхню ґрунту накривають ватою, бюкси ставлять у затінене місце і ведуть спостереження за рослинами. Як тільки рослини почнуть в’янути, це свідчить про те, що вся доступна рослинам волога витрачена і в ґрунті залишилась тільки недоступна волога. Щоб визначити її вміст, по можливості повністю вибирають рослини з корінням із бюксів, а ґрунт, що залишився, вміщують з бюксами у сушильну шафу для доведення його до сухого стану. Хід розрахунку вологості стійкого в’янення рослин такий самий, як і загальної вологості.

Процент доступної вологи (V_d) визначають відніманням від загальної вологості (V_z) вмісту недоступної вологи (V_n).

Кількість доступної вологи у шарі ґрунту визначають за формулою

$$K_{д.в.} = V_d \cdot H \cdot O,$$

де $K_{д.в.}$ – кількість доступної вологи у шарі ґрунту, т/га; V_d – доступна вологість, %; H – висота шару ґрунту, см; O – об’ємна маса (щільність), г/см³.

Перемноживши одержану величину на коефіцієнт 0,1, можна вирахувати запаси доступної вологи в міліметрах, оскільки маса шару води висотою 1 мм на площі 1 га становить 10 тонн.

2.2. Об'ємна маса (щільність) ґрунту (ДСТУ ISO 11272:2001)

Найпоширенішим методом визначення об'ємної маси ґрунту є метод Качинського, суть якого полягає в тому, що зразки ґрунту з неперушеною будовою відбирають з певних шарів за допомогою спеціальних циліндричних металевих стаканів і за такою технологією.

На ділянці, де планується визначення об'ємної маси ґрунту, на необхідну глибину копається яма розмірами біля 1,0 x 0,5 м, щоб один довший бік, стінка якого зачищається, був добре освітлений. В цей бік на заплановані дослідження глибини одночасно забивається чотири (мінімальна повторність такого аналізу – чотирикратна) або більше пронумерованих і протарованих стаканів так, щоб їх краї були строго нарівні з вертикальною стінкою ґрунту.

Заповнені стакани відкопують лопатою, обережно ножом зрізують ґрунт, який із заднього боку виступає за краї стакана. Витерті зовні від ґрунту стакани зважують безпосередньо в полі. Після зважування зразок ґрунту переносять із стаканів на підстилку і відбирають з нього середню пробу в металевий бюкс для визначення вологості ґрунту.

Об'ємну масу ґрунту (O) визначають діленням маси сухого ґрунту (Γ) на його об'єм (в даному разі на об'єм стакана). Останній розраховується з використанням формули

$$V = \frac{3,14 \cdot h \cdot D^2}{4},$$

де V об'єм стакана, см³; h – висота стакана, см; D – діаметр стакана, см.

Масу сухого ґрунту, в свою чергу, визначають за формулою

$$\Gamma = \frac{C \cdot 100}{100 + B},$$

де C – маса вологого ґрунту в стакані, г; B – вологість ґрунту, %.

Розраховується об'ємна маса ґрунту з точністю до сотих. Всі записи стосовно цього аналізу заносяться до відомості за такою формою:

Варіант	Шар ґрунту, см	Номер стаканна	Об'єм стаканна, см ³	Тара стаканна, г	Маса стаканна з вологим ґрунтом, г	Маса вологого ґрунту, г	Номер бюкса	Тара бюкса, г	Маса бюкса з ґрунтом до сушки, г	Маса бюкса з ґрунтом після сушки, г	Вологість ґрунту, %	Маса сухого ґрунту в стакані, г	Об'ємна маса ґрунту, г/см ³
---------	----------------	----------------	---------------------------------	------------------	------------------------------------	-------------------------	-------------	---------------	----------------------------------	-------------------------------------	---------------------	---------------------------------	--

Об'ємну масу верхнього шару ґрунту можна визначити також розрахунковим методом, аналізуючи будову орного шару.

2.3. Будова ґрунту

Визначається будова ґрунту методом насичення ґрунту в патронах водою. Для аналізу відбирають ґрунтові зразки з непорушеною будовою буром Некрасова, робоча частина якого являє собою циліндр, на нижню частину якого насаджена різальна частина, діаметр якої внизу на 0,8–1,0 мм менший за діаметр циліндра. Під час відбирання ґрунту спочатку в циліндр вставляють патрон, а потім надівають різальну частину. Патрони бувають різні за розмірами – 10, 7,5 і 5 см у діаметрі і 5 або 10 см заввишки. Повторність відбору проб такими патронами чотири- п'ятикратна.

Роботу з підготовки і відбору ґрунтових проб ведуть у такій послідовності. Перед виходом у поле патрони нумерують і тарують разом з кришками та заміряють їх діаметри. Перед відбиранням проб у полі зачищають поверхню ґрунту від рослинності. Бур з патроном вдавлюють у ґрунт (вертикально) до потрібної позначки. Якщо бур заглиблений на заплановану глибину, то 2–3 рази прокручують його ручку навколо осі (щоб відірвати зразок ґрунту від моноліту). Вийнявши бур, знімають з патрона різальну частину, ножем зчищають ґрунт нарівні з краями патрона і закривають його кришкою. Потім патрон виймають з циліндра, виміряють висоту взятої проби ґрунту і закривають верхньою кришкою. Одночасно з шару, з якого відбирали ґрунт у патрон, відбирають наважку і в бюкс для визначення вологості ґрунту.

У лабораторії з нижнього кінця патрона обережно знімають кришку, потім – з верхнього кінця і зважують його разом з кришками. Замість нижньої кришки надівають металеву сіточку і так став-

2. Визначення фізичних характеристик ґрунту

лять патрон у ванночки на підставки, вкриті фільтрувальним папером. Після цього у ванночку наливають воду так, щоб краї фільтрувального паперу були у воді. Через певний час вода через фільтрувальний папір заповнить усі капілярні пори ґрунту. Про повне капілярне насичення ґрунту водою свідчить постійна маса патронів, які контрольно зважують протягом 3–4 днів. Після останнього зважування патрони звільняються від ґрунту, миються і висушуються. Потім починають розрахунки окремих показників будови, послідовність яких наведена нижче:

Варіант	Шар ґрунту		см
Показники	Позиція	Формула для визначення показника з використанням номерів позиції (в дужках)	Величина показника
1	2	3	4
Номер патрона	1		
Тара патрона, г	2		
Висота патрона (ґрунтового зразка), см	3		
Діаметр патрона, см	4		
Об'єм патрона (ґрунтового зразка), см ³	5	$\frac{3,14 \cdot (4)^2 \cdot (3)}{4}$	
Маса патрона з ґрунтом до насичення, г	6		
Маса ґрунту в патроні до насичення, г	7	(6) – (2)	
Номер бюкса	8		
Тара бюкса, г	9		
Маса бюкса з свіжовідібраним ґрунтом, г	10		
Маса бюкса з сухим ґрунтом, г	11		
Маса води, що випарувалась з бюкса, г	12	(10) – (11)	
Маса сухого ґрунту в бюксі, г	13	(11) – (9)	
Вологість ґрунту, %	14	$\frac{(12) \cdot 100}{(13)}$	
Маса сухого ґрунту в патроні (тверда фаза), г	15	$\frac{(7) \cdot 100}{100+(14)}$	

1	2	3	4
Питома маса ґрунту, г/см ³	16	Визначають або користуються довідниковими даними	
Об'єм твердої фази ґрунту, см ³	17	$\frac{(15)}{(16)}$	
Об'єм загальної пористості, см ³	18	(5) – (17)	
Маса патрона з ґрунтом після насичення, г	19		
Вміст води в капілярах після насичення (г) або пористість капілярна (см ³)	20	(19) – (2) – (15)	
Пористість некапілярна, см ³	21	(18) – (20)	
Маса (г) або об'єм (см ³) води в ґрунті до насичення	22	(7) – (15)	
Об'єм повітря в ґрунті до насичення, см ³	23	(18) – (22)	
Об'єм твердої фази ґрунту до загального об'єму, %	24	$\frac{(17) \cdot 100}{(5)}$	
Пористість загальна до загального об'єму ґрунту, %	25	$\frac{(18) \cdot 100}{(5)}$	
Пористість капілярна до загального об'єму ґрунту, %	26	$\frac{(20) \cdot 100}{(5)}$	
Пористість некапілярна до загального об'єму ґрунту, %	27	$\frac{(21) \cdot 100}{(5)}$	
Ступінь насичення ґрунту водою, %	28	$\frac{(22) \cdot 100}{(18)}$	
Ступінь аерації ґрунту, %	29	$\frac{(23) \cdot 100}{(18)}$	
Об'ємна маса ґрунту, г/см ³	30	$\frac{(15)}{(5)}$	

2.4. Структура ґрунту (ДСТУ 4744:2007)

Для визначення структури ґрунту методом Савінова проби для аналізу на всіх повтореннях дослідів відбирають лопатою з орного шару через кожні 10 см при фізичній сплості ґрунту. На ділянці прямокутної форми залежно від площі проби відбирають по діагоналі у 5–10 місцях. Після викопування зразок скидають з лопати з висоти 1 м на підстилку і всі великі грудки, які не розсипались, роз-

минають до дрібногрудочкуватого стану так, щоб ґрунт при цьому не злипався і не дуже розпиллювався. Відібрані ґрунтові проби з усіх точок на ділянці зсипають на велику підстилку чи в ящик, добре перемішують і відбирають середній зразок масою 1–3 кг. Зсипають його в мішечок, куди вкладають етикетку із зазначенням варіанта, дати і глибини відбору.

У лабораторії відібраний ґрунт розстеляють на аркуші паперу, відбирають з нього всі видимі рослинні рештки та інші домішки. Щоб зразок швидше підсихав, ґрунт періодично перемішують.

Після доведення ґрунту до повітряно сухого стану з проби відбирають зразок масою 1 кг і висипають на колонку сит, складених у такій послідовності: перше верхнє сито з діаметром отворів 10 мм, друге – 7, третє – 5, четверте – 3, п'яте – 1, шосте – 0,5 і сьоме – з отворами діаметром 0,25 мм.

Зверху сита накривають кришкою, а на сьоме сито надівають піддон для збирання пилюватих частинок ґрунту. Після двотрихвилинного коливання верхні сита з отворами діаметром 10, 7, 5 і 3 мм знімають, а решту коливають ще протягом 1–2 хв.

Після просіювання на кожному ситі залишаються частинки ґрунту, розмір яких більший за діаметр отворів сита. Кожну фракцію зважують окремо, обчислюють її процентний вміст, а масу пилюватих частинок у піддоні визначають відніманням від маси наважки масу попередньо зважених фракцій. Записи ведуть у відомості такої форми:

Варіант	Глибина відбору зразка, см	Показник	Розмір фракцій ґрунтових агрегатів, мм								
			більше 10	10–7	7–5	5–3	3–1	1–0,5	0,5–0,25	менше 0,25	
		Маса агрегатів, г									
		Вміст агрегатів, %									

2.5. Стійкість ґрунтових агрегатів до розпадання у воді

Стійкість ґрунтових агрегатів до розпадання у воді найпростіше визначати методом Андріанова. Суть цього методу полягає у визначенні кількості агрегатів, які розпадаються у воді за певний проміжок часу. Для цього аналізу береться фракція, маса якої при попередньо описаному просіюванні виявилась найбільшою.

З неї в чашки Петрі в трьох аналітичних повторностях на фільтрувальний папір колами або прямими лініями рівномірно розкладають по 50 агрегатів і доливають по стінках чашок воду до повного зволоження фільтрувального паперу. Через 3 хв, коли капіляри агрегатів заповняться водою, в чашки обережно доливають воду, щоб вона покрила агрегати шаром близько 0,5 см.

Протягом 10 хв з інтервалом в 1 хв підраховують кількість агрегатів, що розпались.

Оскільки агрегати у воді розпадаються з неоднаковою швидкістю, саме це і характеризує їх різну водостійкість. Для розрахунку ступеня водостійкості структури вводять поправочні коефіцієнти у вигляді процентів. Для кожної хвилини розпадання вони будуть такими: для першої – 5%, другої – 15, третьої – 25, четвертої – 35, п'ятої – 45, шостої – 55, сьомої – 65, восьмої – 75, дев'ятої – 85, десятої – 95%. Коефіцієнт водостійкості агрегатів, які не розпались протягом 10 хв, приймають за 100%. Загальну водостійкість агрегатів певної фракції розраховують за формулою

$$K = \frac{a_1 \cdot K_1 + a_2 \cdot K_2 + \dots + a_{10} \cdot K_{10} + a_c \cdot K_c}{A},$$

де K – загальна водостійкість агрегатів, %; $a_1, a_2 \dots a_{10}$ – кількість агрегатів, які розпались за відповідний проміжок часу; a_c – кількість агрегатів, які не розпались за 10 хв; $K_1, K_2, \dots, K_{10}, K_c$ – поправочні коефіцієнти; A – загальна кількість агрегатів, узятих для аналізу (в нашому випадку – 50).

Аналогічно проводять розрахунки для другого і третього повторень, після чого обчислюють середні арифметичні для окремих варіантів досліду.

2.6. Водопроникність ґрунту

Здатність ґрунту вбирати і пропускати воду в глибші шари визначають багатьма методами, серед яких для польових умов найбільш придатний метод заливних площадок. Суть цього методу така.

Для кожної ділянки попередньо готують дві дерев'яні, а краще металеві квадратні рамки розміром 50×50 і 25×25 см. Висота рамок – 20 см, нижня частина стінок заточена, щоб легше було врізувати квадрат у ґрунт.

Місце на ділянці треба вибирати так, щоб воно було типовим для варіанта, з характерною щільністю і забур'яненістю. На вибране місце ставлять спочатку більшу рамку, внутрішні межі якої обводять ножем. Глибину щілин при цьому доводять до 8–10 см, куди вставляють і забивають дерев'яним молотком рамку. Потім з внутрішнього боку рамки вузьку (1–2 см) смужку ґрунту притискають до стінки, а з зовнішнього боку квадрата ґрунт добре трамбують. Другу, меншу за розміром, рамку центрують до більшої, намічають межі і, зробивши щілини, заглиблюють у них рамку. З обох боків стінок внутрішньої рамки ґрунт ущільнюють смужкою в 1–2 см.

На кожному квадраті на висоті 5 см від поверхні ґрунту наносять мітки, за допомогою яких зазначають рівень води для підтримки постійного тиску її на поверхню ґрунту. Менший (обліковий) і більший (захисний) квадрати одночасно заливають водою (відрами чи шлангом із ємкості). Щоб вода не розмивала ґрунт, її доцільно лити на рослинне покриття (в'язочку соломи, сіна чи зеленої трави). Як тільки вода досягне 5-сантиметрового рівня (цей час фіксують), починають облік води, яку для підтримки постійного рівня в контрольний квадрат доливають уже з мірних циліндрів. Кількість доливої води у більший зовнішній квадрат не визначають.

В першу годину облік ведуть через кожні 10 хв, за другу і третю – через 30 хв, а за четверту, п'яту і шосту години – через 60 хв. Повторність такого аналізу трикратна.

Водопроникність для кожного інтервалу спостережень визначають за формулою

$$A = \frac{O \cdot 10}{П \cdot Ч},$$

де A – водопроникність, мм/хв; O – об'єм води, яка просочилась за період, см³; 10 – число для перерахунку сантиметрів кубічних у міліметри; P – площа меншого квадрата, см²; $Ч$ – тривалість періоду, хв.

2.7. Сумарне витрачання вологи на посівах та коефіцієнт водовитрачання посівами за період вегетації

При визначенні сумарного витрачання вологи за вегетацію на посівах враховують запаси води на час сівби і збирання культури та кількість атмосферних опадів, які випадають за цей період.

Щоб розрахувати запаси води в ґрунті на початку і наприкінці вегетації рослин, зразки ґрунту у відповідні періоди відбирають через 20 см залежно від культури до глибини 100 чи 160 см. Після висушування їх до сухого стану і визначення вологості з урахуванням об'ємної маси розраховують запаси вологи в міліметрах і тоннах за наведеними у підрозділі 2.1 цієї частини книги формулами.

За різницею запасів вологи на час сівби і збирання розраховують зменшення ґрунтових запасів вологи за вегетацію рослин. Додавши до цього показника кількість опадів за період від сівби до збирання культури, визначають сумарне витрачання вологи за вирощування певної культури в міліметрах. Для переводу міліметрів у тонни сумарну витрату вологи в міліметрах треба помножити на 10.

Коефіцієнт витрачання вологи посівами сільськогосподарських культур за період вегетації визначають за формулою

$$K_v = \frac{C_v}{Y},$$

де K_v – коефіцієнт водовитрачання у відносних величинах; C_v – сумарне витрачання вологи, т/га; Y – урожай основної і побічної продукції, т/га сухої речовини. Усі вихідні дані і результати розрахунків записують у табл. 10.

10. Розрахунки сумарної витрати вологи та коефіцієнта водовитрачання посівами у досліді

Шар ґрунту, см	Об'ємна маса ґрунту, г/см ³	Вологість ґрунту, %		Запаси вологи, мм		Зменшення початкових запасів вологи за вегетацію, мм	Кількість опадів за вегетацію, мм	Сумарне витрачання вологи за вегетацію		Урожайність, т/га сухої речовини	Коефіцієнт водовитрачання
		при сівбі	на час збирання	при сівбі	на час збирання			мм	т / га		
0-20							x	x	x	x	x
20-40							x	x	x	x	x
40-60							x	x	x	x	x
60-80							x	x	x	x	x
80-100							x	x	x	x	x
100-120							x	x	x	x	x
120-140							x	x	x	x	x
140-160							x	x	x	x	x
0-100	x	x	x								
0-160	x	x	x								

3. ВИЗНАЧЕННЯ АГРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА

Відбирання і зберігання зразків ґрунту. Щоб ґрунтовий зразок був репрезентативним і результати його аналізу характеризували всю ділянку, де його відібрали, процес відбирання зразків ґрунту треба виконувати дуже ретельно під керівництвом досвідченого науковця.

На кожній ділянці польового досліді беруть один змішаний зразок, який готують з 6–10 індивідуальних проб, відібраних по діагоналі ділянки з кореневмісного шару ґрунту бурами різної конструкції. Якщо глибина відбору обмежується орним шаром, то за рекомендаціями кафедри агрохімії та ґрунтознавства Уманського ДАУ (І.М. Карасюк, О.М. Геркіял, Г.М. Господаренко, 1991) кількість індивідуальних проб з ділянки повинна бути в межах 20–40. Після ретельного перемішування індивідуальних проб із загальної маси

грунту відбирають середній змішаний зразок масою 400–500 г.

У вегетаційних дослідах ґрунтові зразки відбирають з кожної посудини окремо з обох боків від рослини буром Неговелова на всю глибину ґрунту.

У лізиметричних дослідах проби ґрунту відбирають після збирання врожаю. Для цього площу лізиметра ділять на квадрати по $0,25 \text{ м}^2$, з яких бурами відбирають індивідуальні проби ґрунту. Після перемішування з них беруть змішаний зразок масою 300–400 г. Решту ґрунту знову повертають на місце, де його відбирали.

Після перенесення відібраних зразків у лабораторію чи інше приміщення, яке добре провітрюється, ґрунт розсипають тонким шаром для сушіння, уникаючи при цьому попадання на нього прямих сонячних променів.

При доведенні ґрунту до повітряно сухого стану із зразка пінцетом відбирають усі домішки (рослинні рештки, комахи, камінці тощо), потім ґрунт розмелюють на спеціальних машинах і просіюють через сито з діаметром отворів 2 мм. Після цього ґрунт зсипають у паперові пакети або поліетиленові мішечки, де його можна зберігати протягом року.

Зразки ґрунту, відібрані при закладанні стаціонарного досліду, для більш тривалого зберігання вміщують у щільно закриті скляні посудини.

Якщо проби ґрунту аналізують у стані природної вологості, то їх зберігають не більше п'яти годин після відбирання.

Під час аналізу ґрунтових зразків визначають в них суму увібраних основ, обмінну та гідролітичну кислотність, ступінь насичення основами, вміст у них різних форм азоту, фосфору, калію та інших хімічних елементів, гумусованості тощо.

3.1. Сума увібраних основ

Сума увібраних основ еквівалентна кількості соляної кислоти, яка витрачається на їх нейтралізацію.

Для визначення суми увібраних основ за методом Каппена-Гільковиця 20 г повітряно сухого ґрунту переносять у колбу місткістю 500 мл, куди доливають 100 мл 0,1М розчину соляної кислоти. Після ретельного перемішування і збовтування на ротаторі протягом години розчин фільтрують через сухий складчастий фільтр. При цьому перші каламутні краплі виливають, а з прозорого

фільтрату відбирають піпеткою 50 мл і переносять у конічну колбу місткістю 300 мл, нагрівають на електричній бані до кипіння і кип'ячать протягом 2–3 хв. Додавши до гарячого розчину 2–3 краплі фенолфталеїну, вміст колби титрують 0,1М розчином лугу до слабо-рожевого кольору, який не зникає протягом хвилини.

Суму увібраних основ розраховують за формулою

$$C = (a \cdot T_1) - (b \cdot T_2),$$

де C – сума увібраних основ, мг-екв. на 100 г ґрунту; a – кількість фільтрату, взятого на титрування, мл; T_1 – поправка до титру 0,1М розчину соляної кислоти; b – кількість 0,1М лугу, яка пішла на титрування залишку соляної кислоти, мл; T_2 – поправка до титру 0,1М розчину лугу.

3.2. Обмінна кислотність (ДСТУ ISO 10390:2007)

Реакцію ґрунтового розчину, яка характеризується рівнем рН, беруть до уваги при вапнуванні ґрунтів. Суть потенціометричного методу визначення обмінної кислотності полягає у вимірюванні електрорушійної сили, яка виникає при занурюванні в суспензію ґрунту двох різних електродів – вимірювального і контрольного.

Для цього аналізу наважки повітряно сухого ґрунту по 20 г переносять у конічні колби на 500 мл, куди доливають 50 мл 1М розчину хлористого калію. Вміст колби збовтують протягом 1–2 хв і фільтрують. Частину фільтрату переносять у стаканчики місткістю 50 мл і вимірюють рН витяжки рН-метром, попередньо відкоригувавши його за буферним розчином з рН 4,01; рН 6,86 і рН 9,18.

Через 1 хв після занурення електродів у витяжку проводять відлік за шкалою рН-метра. Після цього електрод обмивають дистильованою водою, висушують фільтрувальним папером і визначають рН витяжки в іншому варіанті.

3.3. Гідролітична кислотність

Гідролітичну кислотність визначають рН-метричним методом, суть якого полягає в обробці ґрунту 1М розчином гідролітично лужної солі у співвідношенні 1:2,5 з наступним рН-метричним визначенням кислотності одержаної суспензії.

Для аналізу в конічну колбу місткістю 200 мл беруть 30 г повітряно сухого ґрунту, доливають туди 75 мл 1М розчину CH_3COONa , збовтують протягом 1 хв і залишають до наступного дня. На другий день суспензію знову збовтують протягом 1 хв і потім визначають рН за допомогою рН-метра. Переведення показників рН-метра в мг-екв./100 г ґрунту виконується за допомогою перевідних коефіцієнтів (табл. 11).

11. Коефіцієнти переведення рН ацетатної витяжки в одиниці гідролітичної кислотності – мг-екв./100 г ґрунту

Показники рН										
Цілі і десяти	Соті									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6,0	17,3	16,9	16,6	16,2	15,8	15,9	15,2	14,9	14,5	14,2
6,1	13,9	13,6	13,3	13,1	12,8	12,5	12,2	12,0	11,7	11,5
6,2	11,2	11,0	10,8	10,5	10,3	10,1	9,84	9,64	9,44	9,23
6,3	9,04	8,83	8,65	8,45	8,28	8,11	7,92	7,76	7,59	7,41
6,4	7,28	7,11	6,97	6,81	6,69	6,53	6,38	6,25	6,11	5,98
6,5	5,85	5,73	5,61	5,48	5,37	5,25	5,14	5,03	4,92	4,82
6,6	4,71	4,61	4,52	4,42	4,32	4,23	4,14	4,05	3,96	3,82
6,7	3,79	3,71	3,63	3,56	3,48	3,40	3,33	3,26	3,19	3,13
6,8	3,05	2,99	2,92	2,86	2,80	2,74	2,68	2,62	2,57	2,52
6,9	2,46	2,41	2,35	2,31	2,25	2,21	2,16	2,11	2,07	2,02
7,0	1,98	1,94	1,90	1,86	1,82	1,78	1,74	1,70	1,67	1,63
7,1	1,60	1,56	1,53	1,50	1,46	1,43	1,40	1,37	1,34	1,31
7,2	1,028	1,26	1,23	1,20	1,18	1,14	1,13	1,10	1,08	1,06
7,3	1,03	1,01	0,99	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85
7,4	0,83	0,81	0,80	0,78	0,76	0,75	0,73	0,72	0,70	0,68
7,5	0,67	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55
7,6	0,54	0,53	0,52	0,51	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44
7,7	0,43	0,43	0,42	0,41	0,40	0,39	0,38	0,37	0,37	0,36
7,8	0,35	0,34	0,33	0,33	0,32	0,31	0,31	0,30	0,29	0,29
7,9	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23

3.4. Ступінь насичення основами (ДСТУ ISO 11260:2001)

Ступінь насичення ґрунту основами визначають за формулою

$$\text{СНО} = \frac{C \cdot 100}{C + H} \text{ або } \text{СНО} = \frac{C \cdot 100}{\epsilon},$$

де СНО – ступінь насичення ґрунту основами, %; C – сума увібраних основ, мг-екв/100 г ґрунту; H – гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту; $\epsilon = (C + H)$ – ємкість вбирання ґрунту, мг-екв/100 г ґрунту.

3.5. Вміст нітратного азоту (ДСТУ 4729:2007)

Визначення вмісту в ґрунті нітратного азоту за допомогою іоно-селективного електрода ґрунтується на тому, що нітрати з ґрунту вивільняються за допомогою 1% розчину алюмокалієвого галуну, а концентрацію іонів нітратів визначають за допомогою іоноселективного електрода.

Для аналізу у колбу Ерленмейера місткістю 150 мл беруть 20 г ґрунту, який заливають 50 мл 1% розчину алюмокалієвого галуну. Після збовтування протягом 3 хв суспензію відстоюють 30 хв і пропускають на іонометрі «ЭВ-74» в режимі „рХ”, який настроєний за робочими зразковими розчинами і показує рNO₃. Зразкові розчини готують в такій послідовності. 10,11 г висушеного при температурі 95–100⁰ С нітрату калію розчиняють в 1% розчині алюмокалієвого галуну, довівши цим розчином об’єм колби до 1 л. Це і буде вихідний розчин з концентрацією 0,1 М їдкого калію, з якого готують шкалу зразкового розчину з концентрацією 0,01 М, 0,001 М і 0,0001 М. За цією шкалою і проводять калібровку іонометра.

Маючи показники рNO₃, вміст нітратів (мг/кг ґрунту) визначають за допомогою перевідної таблиці (табл. 12), а на абсолютно сухий ґрунт перераховують за допомогою перевідних коефіцієнтів на вологість ґрунтових зразків, взятих на аналіз.

12. Вміст нітратного азоту (мг/кг ґрунту) за різних показників іонометра

Цілі і десяти частки показів шкали	Соті частки показів шкали									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,5	109	107	105	102	100	97,7	95,5	93,3	91,2	89,1
2,6	87,1	85,1	83,2	81,3	79,4	77,6	75,9	74,1	72,4	70,8
2,7	69,2	67,6	66,1	64,6	63,1	61,7	60,3	58,9	57,5	56,2
2,8	55,0	53,7	52,5	51,3	50,1	49,0	47,9	46,8	45,7	44,7
2,9	43,6	42,7	41,7	40,7	39,8	38,8	38,0	37,2	36,3	35,5
3,0	34,7	33,9	33,1	32,4	31,6	30,9	30,2	29,5	28,8	28,2
3,1	27,5	26,9	26,3	25,7	25,1	24,6	24,0	23,4	22,9	22,4
3,2	21,9	21,4	20,9	20,4	20,0	19,5	19,1	18,6	18,2	17,8
3,3	17,4	17,0	16,6	16,2	15,9	15,5	15,1	14,8	14,5	14,1
3,4	13,8	13,5	13,2	12,9	12,6	12,3	12,0	11,8	11,5	11,2
3,5	11,0	10,7	10,5	10,2	10,0	9,8	9,6	9,3	9,1	8,9
3,6	8,7	8,5	8,3	8,1	7,9	7,8	7,6	7,4	7,2	7,1
3,7	6,9	6,8	6,6	6,5	6,3	6,2	6,0	5,9	5,8	5,6
3,8	5,5	5,4	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5
3,9	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5
4,0	3,5	3,4	3,3	3,2	3,2	3,1	3,0	3,0	2,9	2,8

3.6. Вміст лужногідролізованого азоту

Для визначення вмісту в ґрунті лужногідролізованого азоту за методом Корнфілда використовують чашку Конвея із скляною перегородкою в зовнішньому відділенні. 2 г ґрунту переносять у зовнішню частину чашки, а у внутрішню наливають 2 мл 2% розчину борної кислоти і додають 2–3 краплі реактиву Гроака. Потім у зовнішню частину чашки наливають 5 мл 1 М розчину їдкою натру. Щоб наважка ґрунту при цьому не змочувалась, чашку тримають злегка нахиленою. В такому положенні чашку, краї якої змазують вазеліном, накривають кришкою і обережними коловими рухами перемішують ґрунт з розчином протягом 1 хв. Після цього чашку на 48 год ставлять у термостат з температурою 28 °С. За цей період весь аміак ґрунту реагує з борною кислотою, яка титрується 0,02 М розчином сірчаної кислоти до зміни зеленого забарвлення фіолетово-

червоним. Вміст лужногідролізованого азоту визначають за формулою

$$N = a \cdot 0,28 \cdot 500,$$

де N – вміст лужногідролізованого азоту, мг/кг ґрунту; a – кількість 0,02 М розчину сірчаної кислоти, витраченої на титрування, мл; 0,28 – кількість азоту, яка відповідає 1 мл 0,02 М розчину сірчаної кислоти, мг; 500 – коефіцієнт для перерахунку маси наважки ґрунту в грамах на кілограм.

3.7. Вміст рухомих форм фосфору і калію (ДСТУ 4115:2002)

Для визначення вмісту рухомих форм фосфору і калію в одній наважці чорноземних і сірих лісових ґрунтів використовують метод Чирикова. Наважку ґрунту 4 г переносять у пляшки місткістю 250 мл і заливають 100 мл 0,5 М розчином CH_3COOH . Закрити пляшку збовтують на ротаторі протягом однієї години і залишають на 18–20 год. При фільтруванні першу порцію фільтрату зливають, а з решти беруть 10 мл і переносять у колбу на 100 мл, куди до риски доливають реактив Б. Через 10 хв. розчин фотокolorиметрують на червоному світлофільтрі.

Решту фільтрату використовують для визначення вмісту калію на полуменовому фотометрі. Вміст рухомих форм фосфору і калію в ґрунті знаходять за графіком, побудованим за робочою шкалою зразкових розчинів.

Зразковий розчин з концентрацією 1 мг P_2O_5 і 1 мг K_2O в 1 мл готують так: 1,918 г KH_2PO_4 і 0,55 г KCl розчиняють у 0,5 М розчині CH_3COOH у колбі місткістю 1 л і об'єм доводять до риски. Потім в другу, третю, четверту, п'яту, шосту і сьому колби місткістю по 500 мл доливають відповідно по 4, 10, 20, 30, 40 і 50 мл зразкового розчину. Вміст у них доводять до мітки 0,5 М розчином CH_3COOH , добре збовтують і пропускають на полуменовому фотометрі. Знаючи, що в другій колбі на 1 кг ґрунту припадає 20, в третій – 50, в четвертій – 100, в п'ятій – 150, в шостій – 200 і в сьомій – 250 мг P_2O_5 і K_2O та маючи дані пропускання цих розчинів на фотометрі, будують калібрувальний графік, за яким і визначають вміст у наважці рухомих сполук фосфору і калію в ґрунті (мг/кг).

Реактив Б готують у день проведення аналізу, розчиняючи 1,056

г аскорбінової кислоти в 200 мл реактиву А в колбі місткістю 1 л (до мітки доливають дистильовану воду).

Реактив А до проведення аналізу зберігається у темній скляній посудині з притертою пробкою, а готують його так. 6 г молібдату амонію розчиняють при нагріванні в 200 мл дистильованої води. У другій посудині у 100 мл підігрітої дистильованої води розчиняють 0,145 г сурм'яновинного калію. Охолоджені розчини зливають у колбу місткістю 1 л, куди доливають 500 мл 5 М розчину сірчаної кислоти, після чого об'єм колби дистильованою водою доводять до мітки.

3.8. Вміст гумусу (ДСТУ 4289: 2004)

Серед поширених методів визначення вмісту гумусу в ґрунті простим у виконанні є метод Тюріна, суть якого ґрунтується на окисленні вуглецю гумусу 0,4 М розчином двохромовоокислого калію, виготовленого на сірчаній кислоті з розведенням у воді при співвідношенні 1:1. За кількістю біхромату калію, що пішла на окислення, визначають вміст гумусу.

Із попередньо підготовленого ґрунту відбирають пробу масою 50–60 г, розтирають її в ступці, просіюють через сито з отворами 1 мм, розстеляють на папері тонким шаром і за допомогою скляної палички, наелектризованої суконкою, відбирають всі рослинні рештки. Після цього частину ґрунту переносять у фарфорову ступку, розтирають дерев'яним товкачиком, і після просіювання на ситі з отворами 0,25 мм відбирають наважку від 0,1 до 0,5 г (вищий вміст гумусу, менша наважка і навпаки). Обережно помістивши її в конічну колбу ємкістю 100 мл, доливають туди 10 мл двохромовоокислого калію і, встановивши в шийку колби лійку діаметром 4 см для зменшення випаровування, кип'ятять 5 хв на електроплитці, не допускаючи бурного кипіння. Як тільки колір суспензії в колбі при кип'ятінні почне зеленіти, колбу знімають з електроплитки, охолоджують, доливають ще 10 мл двохромовоокислого калію і знову кип'ятять 5 хв.

Після охолодження вміст колби повністю (для цього її неодноразово споліскують дистильованою водою) переносять в колбу ємкістю 500 мл, щоб загальний об'єм рідини був біля 200 мл, додають туди 8 крапель дифеніламіну, збовтують і титрують 0,2 М розчином солі Мора до темнозеленого забарвлення.

Одночасно проводять контрольне титрування розчином солі Мора після збовтування вмісту колби на 300 мл, куди влито біля 200 мл дистильованої води, додано 20 мл двохромовоокислого калію і 8 крапель дифеніламіну.

Вміст гумусу (С, %) обчислюють за формулою

$$C(\%) = \frac{(a - b) \cdot T \cdot 0,0010362 \cdot 100 \cdot K}{m},$$

де a і b – кількість розчину солі Мора, витрачених відповідно на контрольне і дослідне (розчину з ґрунтом) титрування, мл; T – поправка до титру солі Мора; 0,0010362 – гумусове число, яке означає, що 1 мл 0,2 М розчину солі Мора відповідає 0,0010362 г гумусу; 100 – число для переведення у відсотки; K – коефіцієнт гігроскопічності ґрунту; m – наважка ґрунту, г.

4. ВИЗНАЧЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ҐРУНТУ ЗА МЕТОДОМ ШТАТНОВА

Біологічну активність ґрунту цим методом визначають за інтенсивністю виділення з нього вуглекислого газу. Аналіз виконують безпосередньо в польових умовах. Для цього поверхню ґрунту звільняють від рослинності, на підставку ставлять поглинач у вигляді фарфорової чашки з 10 мл 0,1 М їдкого натру і накривають скляним ковпаком. Одночасно для контролю під такий самий ковпак ставлять плоску посудину, в яку наливають 1% розчин сірчаної кислоти шаром 0,5–1 см (для ізоляції від зовнішнього повітря) і на підставці розміщують поглинач. Строк експозиції — 1–3 години. Після цього розчин поглинача зливають через лійку в конічну колбочку, а чашку і лійку споліскують дистильованою водою. Перед титруванням у колбочку додають 1 мл 50% розчину хлориду барію для зв'язування ввібраного вуглекислого газу. Після титрування 0,1 М розчином соляної кислоти починають розрахунок у такій послідовності.

Наприклад, на 10 мл 0,1 М розчину лугу в контрольній пробі витрачено 9,5 мл 0,1 М розчину соляної кислоти, в дослідній – 6,5 мл. Отже, з обмеженої ковпаком поверхні ґрунту за три години на зв'язування вуглекислого газу витрачалось 3,0 мл соляної кислоти (9,5 мл – 6,5 мл), що відповідає 0,30 мг-екв, або $(0,30 \cdot 44) : (1000 \cdot 2) = 0,0066$ г вуглекислого газу.

Якщо площа обмеженої посудиною поверхні ґрунту становить 500 см^2 , то з площі 1 м^2 виділилось би $0,132 \text{ г CO}_2$, а з 1 га за цей же період – $1,32 \text{ кг}$. Отже, з 1 га за одну годину виділилось би $0,44 \text{ кг}$, а за добу – $10,56 \text{ кг CO}_2$ ($0,44 \cdot 24$).

5. ОБЛІК ЗАБУР'ЯНЕНОСТІ ПОСІВІВ І ЗАСМІЧЕНОСТІ ҐРУНТУ ОРГАНАМИ РОЗМНОЖЕННЯ БУР'ЯНІВ

Прогнозувати забур'яненість полів можна на основі аналізу забур'яненості посівів у попередній рік вирощування культур та засміченості верхнього шару ґрунту насінням і органами вегетативного розмноження бур'янів.

5.1. Забур'яненість посівів

У дослідній роботі використовують три основні методи обліку забур'яненості посівів: окомірний, кількісний і кількісно-ваговий.

Суть *окомірного* обліку полягає в тому, що пройшовши по межі і діагоналі поля забур'яненість посіву певної культури оцінюють за 4-бальною шкалою: 1 бал – трапляються поодинокі бур'яни; 2 бали – бур'янів мало, але вони вже не поодинокі; 3 – бур'янів багато, але менше, ніж культурних рослин; 4 – бур'янів на посіві більше, ніж культурних рослин, і вони переростають їх.

Забур'яненість посівів таким методом оцінюють кілька разів протягом вегетаційного періоду: на початку, в середині та наприкінці вегетації, зазначаючи при цьому і біологічну групу найбільш поширених бур'янів.

На основі обстеження у господарстві складають карту забур'яненості посівів. Для цього в нижньому куті кожного поля на карті зазначають бал забур'яненості, а штрихами або фарбами умовно відмічають біологічні групи найбільш поширених бур'янів. Менш поширені групи позначають умовними позначками і в балах в окремих сегментах уписаного в контур поля кола. Під картою забур'яненості вміщують використані умовні позначення. Такі карти дають загальне уявлення про окультуреність окремих полів господарства.

5. Облік забур'яненості посівів і засміченості ґрунту органами розмноження бур'янів

Кількісний метод дає змогу визначити кількісний і видовий склад бур'янів. Суть його така. У польовому досліді по діагоналі ділянки в п'яти місцях на однакових відстанях накладають на поверхню ґрунту рамки площею 0,25 м² (0,5 х 0,5) або 1 (1 х 1) м². У виробничих дослідіх по діагоналі поля розміром до 100 га рамки накладають у 10 місцях, а на 100–150 га і більше – відповідно у 20 і 30.

У межах кожної рамки підраховують загальну кількість бур'янів, у тому числі мало- і багаторічних. Крім того, в групах мало- і багаторічних бур'янів зазначають окремо кількість одно- і двосім'ядольних рослин.

Усі підрахунки записують у відомість за такою формою:

Номер поля	Культура	Номер ділянки	Площа рамки, м ²	Кількість бур'янів, шт.			
				малорічних		багаторічних	
				односім'ядольних	двосім'ядольних	односім'ядольних	двосім'ядольних

За цим методом забур'яненість посівів визначають у шт./м², тому при використанні рамки 0,5 х 0,5 м кількість бур'янів у пробі перемножують на чотири – перевідний коефіцієнт на площу (1 м² : 0,25 м²).

Після перерахунку кількості бур'янів на площу 1 м² забур'яненість посівів оцінюють за такою трибальною шкалою:

Кількість бур'янів, шт./м ²		Бал забур'яненості	Ступінь забур'яненості
малорічних	багаторічних		
Менше 10	Менше 1	1	Слабкий
10 – 50	1 – 5	2	Середній
Більше 50	Більше 5	3	Сильний

Найбільш точно забур'яненість посівів визначають за допомогою *кількісно-вагового* методу, при якому одночасно враховуються кількість і маса бур'янів. Для цього підраховані в межах рамок бур'яни без коріння зважують невисушеними і після висушування в лабораторії у повітряно сухому стані. Масу бур'янів визначають у г/м² або ц/га. Цей метод дає змогу мати уявлення, як бур'яни затіняють культурні рослини і збіднюють ґрунт на воду та елементи живлення.

5.2. Засміченість ґрунту насінням бур'янів

Для розробки системи боротьби з бур'янами доцільно використувати дані про засміченість насінням бур'янів верхнього шару ґрунту. Цей показник значною мірою визначає забур'яненість посівів майбутніх вирощуваних культур, тому недарма його ще називають потенційною забур'яненістю.

Засміченість ґрунту насінням бур'янів визначають щороку після проведення основного обробітку ґрунту. Проби ґрунту відбирають буром Калентьєва по діагоналі поля чи дослідної ділянки на однакових відстанях. На дослідних ділянках повторність відбирання проб п'ятикратна, а у виробничих умовах на полях площею до 100 га і більше – відповідно 10- і 20-кратна. Глибина відбору проби – до 10 см (з більшої глибини насіння бур'янів практично не проростає). При цьому в один пакет зсипають пробу із шару ґрунту 0–5, а в другий – з шару 5–10 см. На кожному пакеті зазначають номер поля, глибину відбору зразка і кількість індивідуальних проб.

У виробничих умовах за відсутності спеціального бура ґрунтові проби відбирають за допомогою підручних засобів (лопати, ножа чи совка) з таким розрахунком, щоб загальна маса проби з поля становила 0,5–1 кг. З неї після перемішування і висушування до повітряно сухого стану відбирають два середніх зразки ґрунту масою по 100 г.

Після формування ґрунтових проб і відбирання з них зразків починають визначати кількість насіння в ґрунті за допомогою різних методів.

Найбільш поширеним серед них є метод *промивання* ґрунтового зразка водою на ситі з отворами 0,25 мм над відром чи іншою ємкістю. Щоб на промивання витратити менше води, пробу попередньо зволожують протягом 2–3 годин. Після промивання на ситі залишаються рослинні рештки, дрібні камінці і насіння бур'янів, діаметр яких перевищує 0,25 мм. Дрібніше насіння разом з водою і залишками ґрунту через сито надходить у підставлену посудину. Щоб з осаду відокремити насіння бур'янів, воду з посудини обережно зливають, а весь осад переносять у хімічний стакан чи фарфорову чашку об'ємом 500–750 мл, які попередньо на 2/3 заповнені насиченим розчином кухонної солі чи поташу. При цьому важчі мінеральні частинки ґрунту осідають на дно, а легке насіння бур'янів і органічні рештки піднімаються на поверхню. Для повного відокремлення органічної частини осаду розчин у посудині кілька разів пе-

5. Облік забур'яненості посівів і засміченості ґрунту органами розмноження бур'янів ремішують скляною паличкою. Потім на лійку з фільтрувальним папером зливають верхню частину важкого розчину разом з насінням бур'янів і туди за допомогою промивалки переносять відмитий зразок із сита. Після підсихання при кімнатній температурі до повітряно сухого стану насіння разом з іншими домішками висипають на розбірну дошку або аркуш цупкого білого паперу для розбирання. Відбирають насіння за допомогою шпателя, після чого його ділять на види і підраховують.

Якщо зразки відібрали буром, засміченість ґрунту насінням бур'янів розраховують з врахуванням площі відбору зразка за формулою

$$Z_n = \frac{K \cdot 10000}{H \cdot \Pi},$$

де Z_n – засміченість шару ґрунту насінням бур'янів, шт./м²; K – кількість насіння бур'янів у зразку, шт.; 10000 – площа 1 м² в см²; H – кількість проб, з яких формувався зразок; Π – площа внутрішньої поверхні бура, см².

Поділивши числове значення Z_n на 100, засміченість ґрунту насінням бур'янів перераховують у млн. шт./га.

Якщо зразки ґрунту відібрали не буром і без урахування площі відбору проб, а за їх масою, засміченість ґрунту насінням бур'янів розраховують за формулою

$$Z_n = \frac{K \cdot (100 + B)}{100 \cdot \Gamma},$$

де Z_n – кількість насіння бур'янів в 1 кг абсолютно сухого ґрунту, шт.; K – кількість насіння в ґрунтовій пробі, шт.; B – вологість ґрунту на час відмивання насіння, %; Γ – маса ґрунтової проби перед відмиванням, кг.

Щоб засміченість певного шару ґрунту визначити в млн. шт./га, доцільно використати таку формулу:

$$Z_n = \frac{K \cdot O \cdot H}{\Gamma},$$

де Z_n – кількість насіння в шарі ґрунту, млн. шт./га; K – кількість насіння в пробі, шт.; O – об'ємна маса ґрунту на час відбору зразка, г/см³; H – товщина шару ґрунту, з якого відібрали проби, см; Γ – маса зразка ґрунту перед відмиванням, кг.

Однак, знаючи загальну засміченість ґрунту насінням бур'янів різних видів, не можна робити висновок про реальну загрозу від бур'янів посівам культури, яка буде вирощуватись на даному полі, бо у відмитому зразку є і нежиттєздатне насіння. Тому виникає необхідність у додатковому визначенні вмісту в пробі життєздатного насіння бур'янів різних видів. Для цього розібране за видами насіння окремо вміщують у чашки Петрі на змочений фільтрувальний папір. Зверху чашки накривають склом і ставлять у термостат, де протягом 20 днів підтримується температура в межах 22–25 °С.

Проросле насіння в перші п'ять днів обліковують щодня, а потім – на сьомий і десятий день. Непроросле насіння переносять у нові чашки і продовжують обліки ще протягом 10 днів. За кінцевим результатом схожість насіння визначають за формулою

$$P = \frac{a \cdot 100}{b},$$

де P – схожість насіння, %; a – кількість пророслих насінин даного виду, шт.; b – загальна кількість насіння даного виду в пробі, шт.

Кількість життєздатного насіння певного виду бур'янів розраховують у млн. шт./га так само, як і загальну кількість насіння, але замість наявної кількості насіння в пробі у розрахунку береться до уваги лише кількість життєздатного насіння.

Таким же методом визначається засміченість гною насінням бур'янів.

5.3. Засміченість ґрунту органами вегетативного розмноження бур'янів

Кількість органів вегетативного розмноження багаторічних бур'янів (кореневищ і корневих паростків) у ґрунті визначають викопуванням їх на певній площі і на відповідну глибину. Для цього використовують рамки розміром 0,5 × 0,5 м. Розкопують ґрунт у 5-кратній повторності на дослідних ділянках невеликого розміру (100–200 м²) і в 10–20-кратній – у виробничих умовах. Ґрунт за допомогою лопати і ножа (або кельми) розкопують до 30-сантиметрової глибини, тому що в цьому шарі розміщується основна маса органів вегетативного розмноження більшості бур'янів.

Для цього на певних відстанях по діагоналі ділянки (поля) на попередньо очищену від рослинності поверхню ґрунту накладають

рамку, а потім вертикально попід внутрішні стінки рамки обводять ножем контур, у межах якого лопатою або кельмою виймають на підстилку ґрунт. Глибину розкопки при цьому контролюють за допомогою лінійки. Роздавивши руками всі грудки, відбирають з ґрунту всі вегетативні органи бур'янів. Далі визначають кількість підземних пагонів, вимірюють їх довжину і підраховують на них сумарну кількість бруньок, кожна з яких є потенційним джерелом засміченості посівів бур'янами певної біогрупи. Одержані дані перераховують на площу 1 м² чи 1 га.

6. ФІТОПАТОЛОГІЧНІ ОБЛІКИ

Обліки на посівах зернових колосових культур. *Іржу* на посівах озимих виявляють перед настанням зими, оглядаючи листя на п'яти рівновіддалених площадках розміром 50 x 50 см в кожному повторенні досліді. Оцінюють ураженість посівів за шкалою методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур, показаною на рис. 21. За цією ж шкалою оцінюють і ступінь ураження *стебловою іржею пшениці, жита, ячменю і вівса*, яке виявляють у фазі воскової стиглості зерна, оглядаючи по довжині ділянки по 20 стебел.

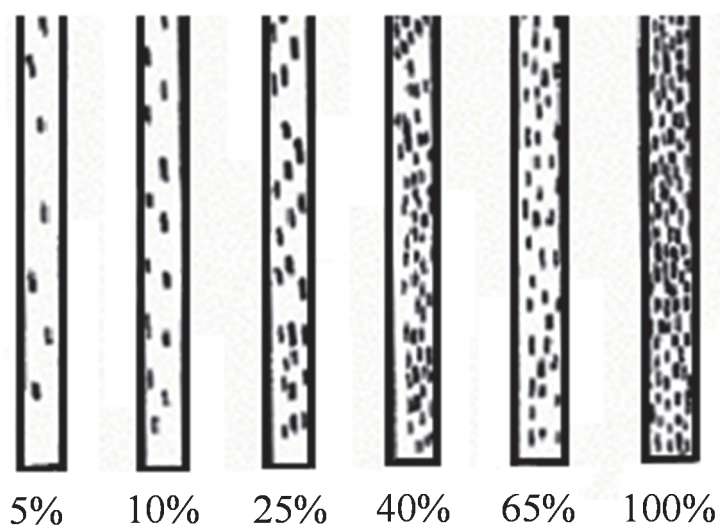


Рис. 21. Шкала для обліку стеблової іржі

Ступінь ураження *пшениці бурою і жовтою, а вівса – корончатою іржею* оцінюють за верхніми двома листками. За другим і третім верхніми листками оцінюють ступінь ураження *карликовою і жовтою іржею ячменю та бурою і жовтою іржею жита*. При цьому користуються шкалою, показаною на рис. 22.

Ураження *сніговою пліснявою* визначають навесні до боронування посівів озимих окомірно на всіх повтореннях з урахуванням площі, яку займають уражені місця, в процентах до загальної площі ділянки.

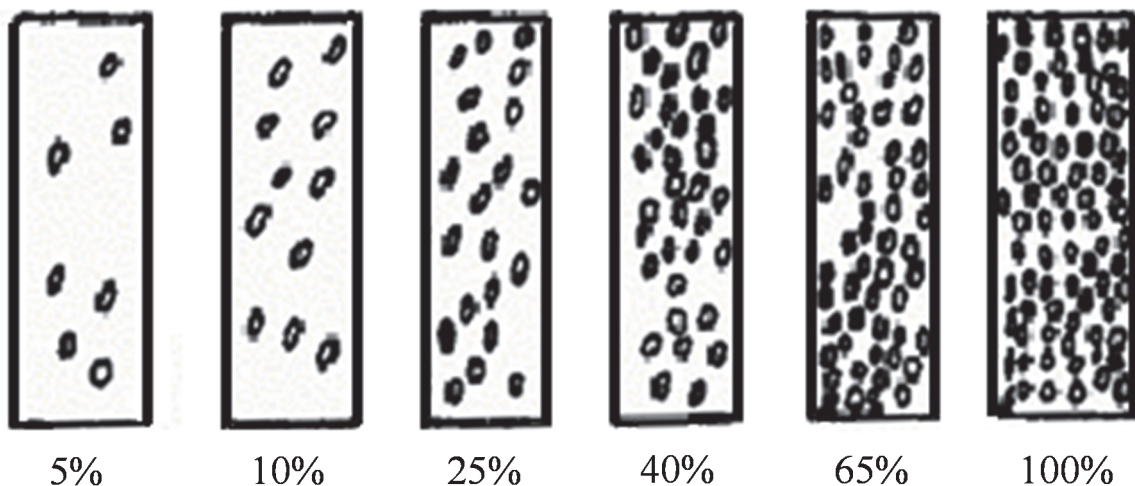


Рис. 22. Шкала для обліку ураження бурою, жовтою, корончатою і карликовою іржею

Склероційну гнилизну підраховують, оглядаючи 100 рослин по діагоналі ділянки на однакових відстанях. При цьому кількість рослин із склероціями і буде характеризувати ураження посівів цією хворобою в процентах.

Кореневі гнилі обліковують у фазі виходу рослин у трубку і молочної стиглості зерна. Для цього на захисних смугах усіх повторень викопують по 100 рослин, які після відмивання ґрунту аналізують за ступенем ураження хворобою коріння, підземного міжвузля, вузла кущіння і основи стебла. Ураженість оцінюють у балах за такою шкалою: 0 балів – уражень немає; 1 бал – є плями жовтуватого кольору, 2 бали – плями або окремі жовтуваті смуги набувають бурюватого кольору; 3 – сильне побуріння плям з частковою трухлявістю; 4 – є відмерлі окремі органи чи їх частини.

За допомогою цієї шкали розраховують індекс ураження кожної частини чи органа рослини за формулою

$$P = \frac{\sum(a \cdot v) \cdot 100}{n \cdot 4},$$

де P – ураженість хворобою, %; a – кількість уражених органів з однаковими ознаками; v – відповідний цій ознаці бал ураження; $\sum(a \cdot v)$ – сума добутків числових значень; n – кількість облікових органів; 4 – найвищий бал ураження.

Ступінь ураженості листя різними хворобами, які проявляються у вигляді плям, оцінюють за допомогою огляду на кожному повторенні по 20 рослин (стебел), рівномірно віддалених одна від одної по діагоналі ділянки. При цьому кількість ураженої частини листя окомірно виражають десятками (10, 20, 30...) процентів.

Ураження *борошнистою росю* визначають у період виходу рослин у трубку – колосіння за допомогою шкали, зображеної на рис. 23.

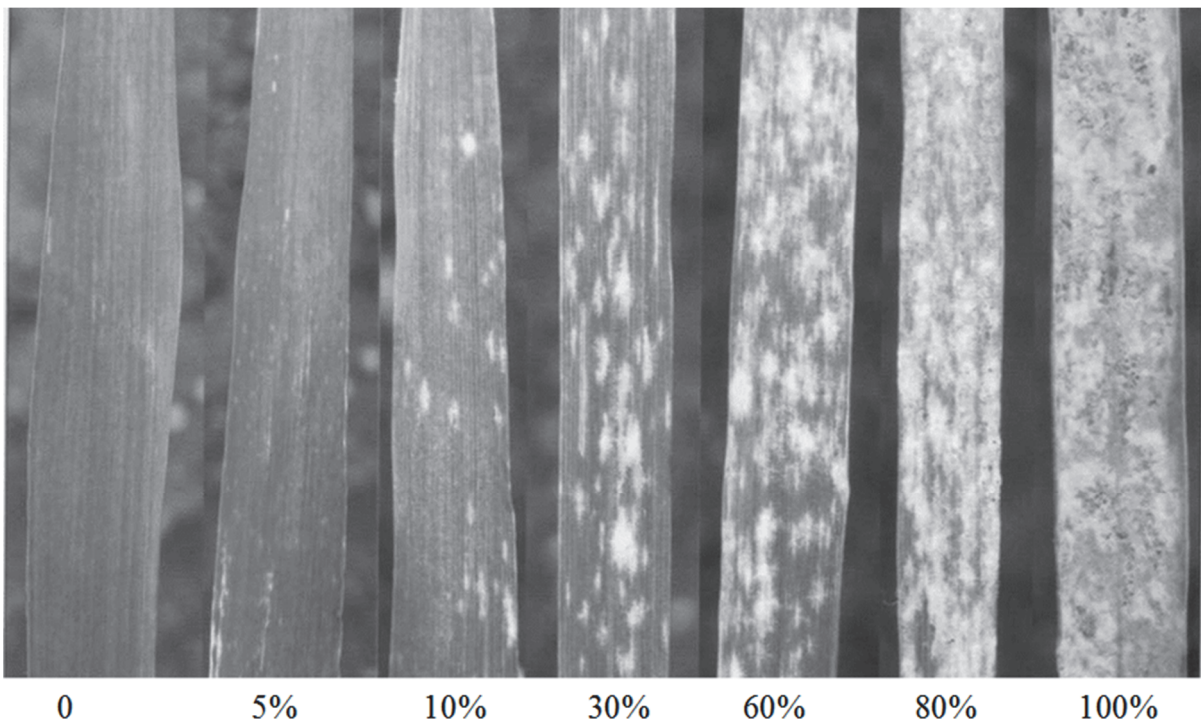


Рис. 23. Шкала для обліку ураження борошнистою росю

Смугасту плямистість визначають двічі: у період появи сходів (оглядають 100 рослин і обчислюють процент ураження листя) і під час наливання зерна з урахуванням кількості недорозвинених колосів у пробі зі 100 стебел.

Ураження *сенторіозом* обліковують на верхніх другому і третьому листках і оцінюють за шкалою, наведеною на рис. 24.

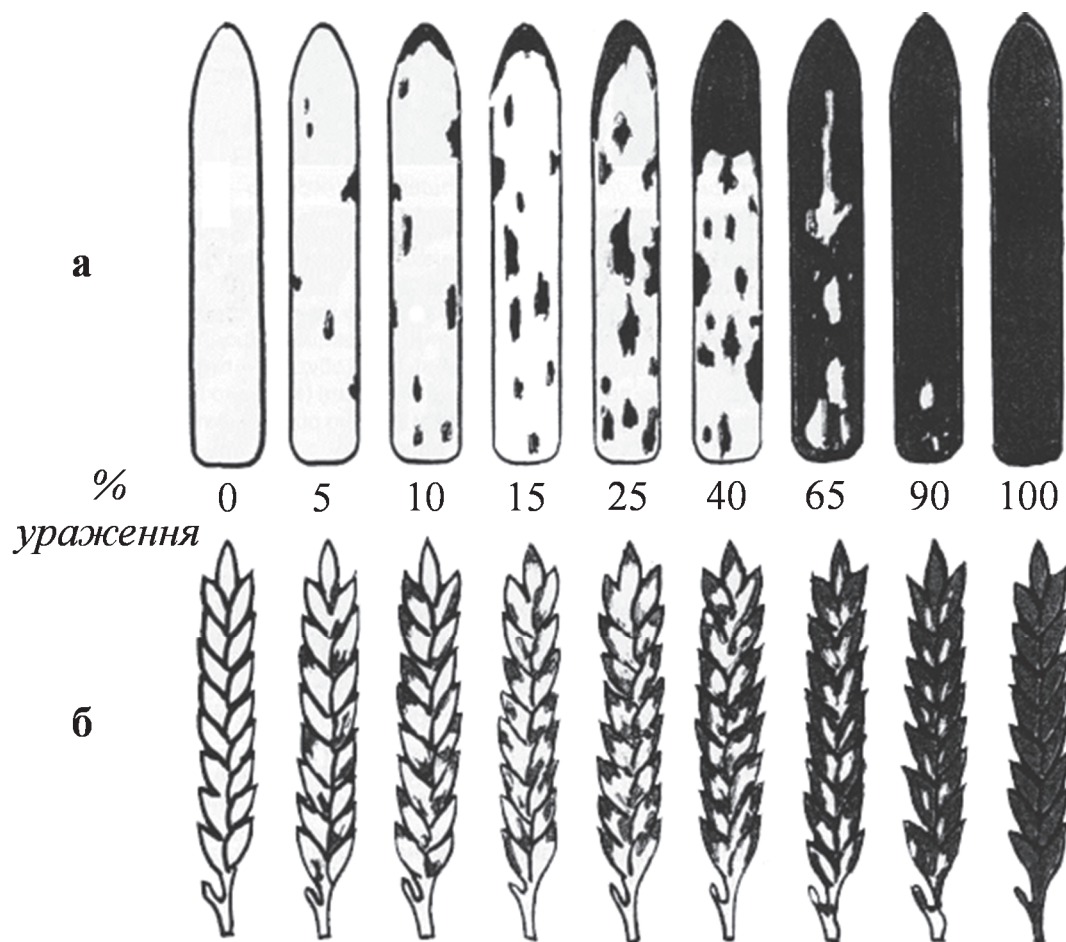


Рис. 24. Шкала інтенсивності ураження листя (а) та колосів (б) пшениці збудниками септоріозу

Септоріоз і жовту іржу на колосі обліковують, оглядаючи перед збиранням 200 колосів – по 40 шт. у п'яти рівновіддалених по діагоналі ділянки місцях. Ураженість посіву оцінюють у процентах.

Ураження *летючою сажкою пшениці і ячменю* визначають у період повного колосіння, а *стебловою сажкою пшениці та жита і карликовою сажкою пшениці та жита* – у фазі молочної стиглості зерна під час огляду на кожній ділянці в п'яти рівновіддалених місцях по 20 стебел. Загальна кількість проаналізованих стебел на кожній ділянці становитиме 100 шт., а кількість уражених рослин і буде визначати процент ураження.

Тверду сажку, фузаріоз колоса, чорний і базальний бактеріози пшениці, тверду сажку жита, стеблову сажку пшениці, камінну сажку ячменю і сажку вівса обліковують, оглядаючи на ділянці 100 продуктивних стебел.

Дослідження на посівах гречки. *В'янення сходів і фітофтороз* обліковують, оглядаючи 100 рослин через 10 днів після появи повних сходів.

Ураження *аскохітозом*, *фітофторозом*, *борошнистою росою* у вигляді плямистості листя визначають на початку досягання зерна за допомогою окомірної оцінки посівів на кожній ділянці.

Обліки на посівах проса. *Бактеріальне в'янення* виявляють через 10 днів після появи повних сходів і під час викидання волоті, оглядаючи 100 рослин на ділянці.

Ураженість *бактеріальною плямистістю* листя визначають у фазі молочної стиглості зерна під час огляду листя в різних ярусах на 10 рослинах.

Сажку виявляють під час дозрівання зерна, оглядаючи 100 рослин, відібраних у п'яти місцях на ділянці.

На посівах рису обліковують *загнивання сходів*, *пирикуляріоз* і *склероційну гнилизну*, оглядаючи 100 рослин. При цьому кількість уражених рослин і визначатиме процент ураження посівів. *Гельмінтоспороз*, *аскохітоз* та інші плямистості листя виявляють окомірно з визначенням ураженості поверхні листя за спеціальною шкалою.

На посівах зернобобових, оглядаючи 100 рослин (по 10 шт. у 10 місцях), виявляють поширення *в'янення* і *фузаріозу сходів*, *мозаїки*, *чорної ніжки*, *білої і сірої гнилизни*, *смугастої плямистості* і *ризоктоніозу*. Крім того, плямистість листя і стебла у вигляді *аскохітозу*, *бактеріозу*, *антракнозу*, *іржі* і *борошнистої роси* визначають і за ступенем ураження окомірно (у процентах ураженої поверхні до площі листя і стебел за вищенаведеними шкалами). *Аскохітоз*, *антракноз* і *бактеріоз бобів та насіння*, а також *кореневі гнилі* виявляють, визначаючи одночасно поширення хвороб і ступінь ураження рослин.

На посівах кукурудзи ураження різними видами *сажки*, *стебловими гнилизнами* виявляють за допомогою огляду 20 рослин на ділянці. При цьому поширення хвороб визначають у процентах, а плямистість листя і стебел – за ступенем ураження. *Ураженість качанів хворобами* визначають за пробою, беручи для дослідження 30 шт. з ділянки. При цьому за ступенем ураження поверхні качанів розраховують розвиток хвороби за формулою

$$A = \frac{(a_1 \cdot n_1) + (a_2 \cdot n_2) + (a_3 \cdot n_3) + (a_4 \cdot n_4) + (a_5 \cdot n_5) + (a_6 \cdot n_6) + (a_7 \cdot n_7) + (a_8 \cdot n_8) + (a_9 \cdot n_9) + (a_{10} \cdot n_{10})}{N},$$

де A – розвиток хвороби, %; $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9, a_{10}$ – поширення хвороби на качані становить відповідно 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 і 100%; n_1, \dots, n_{10} – кількість качанів з відповідним процен-

том розвитку хвороби; N – кількість качанів у пробі (у нашому випадку – 30).

На посівах сорго, оглядаючи 100 рослин на ділянці перед збиранням зерна, обліковують *ураження сажкою*, а *бактеріальну плямистість листя* – на 25 рослинах (по 5 шт. підряд на 5 рівновіддалених одне від одного місцях ділянки).

Фітопатологічні спостереження на посівах буряків цукрових і кормових. Ураження *коренеїдом* визначають через 10 днів після появи повних сходів, оглядаючи 100 рослин по діагоналі ділянок.

Ураження *несправжньою борошнистою россою*, *жовтухою* і *мозайкою* визначають під час огляду у другій половині літа 100 рослин на двох середніх рядках на ділянці.

Ураження *церкоспорозом*, *борошнистою россою* та іншими хворобами у вигляді плямистості листя визначають, оглядаючи по 20 рослин на двох несуміжних рядках.

Ураження *коренеплодів фомозом*, *бурою* і *фузаріозною гнилизною*, *туберкульозом* і *раком* визначають під час огляду 20-кореневої проби, відібраної для хімічного аналізу під час збирання врожаю.

На посівах соняшнику, оглядаючи на ділянці 20 рівновіддалених одна від одної рослин, визначають ураження та ступінь поширення таких хвороб, як *сіра* і *біла гнилизна кошиків*, *аскохітоз*, *церкоспороз*, *гельмінтоспориоз*, *бура* і *коричнева плямистість*, *жовта* і *зелена мозаїка*, *бактеріальне в'янення* тощо.

Обліки на посівах багаторічних трав. Ступінь ураження *жовтою* і *бурою плямистістю* листя люцерни, *іржею*, *борошнистою россою* і *несправжньою борошнистою россою* визначають під час огляду рослин на площадках розміром 0,5 x 0,5 м у 5-кратній повторності на ділянці.

Рак конюшини, *різні види сажки*, *бактеріальну гнилизну коріння*, *фузаріозне в'янення*, *мозаїку конюшини* виявляють, оглядаючи 100 рослин на ділянці. При цьому кількість уражених рослин буде відповідати проценту поширення відповідної хвороби. На насінневих посівах конюшини додатково враховують поширеність *квіткової плісняви*, яку виявляють під час повного цвітіння рослин, оглядаючи 100 головок, зірваних на десяти рівновіддалених місцях ділянки.

Ураження *антракнозом конюшини* виявляють, оглядаючи поверхню листя і стебел на 100 рослинах.

Стеблову і бурю іржу та *борошнисту росу злакових трав* обліковують на 20 окремих стеблах на ділянці за допомогою спеціальної шкали.

7. ЕНТОМОЛОГІЧНІ ОБЛІКИ

Обліки на посівах зернових колосових культур. Пошкодження скритостебловими шкідниками, до яких належать *гесенська і шведська мухи, стеблові блохи* тощо, визначають під час огляду 100 облікових рослин на ділянці, відібраних підряд у день проведення аналізу в п'яти рівномірно віддалених місцях. На посівах озимих проби відбирають два рази за вегетацію – перед настанням зими і навесні; а ярих – у фазі виходу рослин у трубку. Крім того, пошкодження рослин озимих колосових гесенською мухою визначають додатково і у фазі молочної стиглості зерна. Проби розбирають у такій послідовності: 1) відокремлюють і підраховують мертві рослини; 2) зривають нижнє листя і обережно голкою розкривають стебло до вузла кушіння; 3) виявляють шкідника чи сліди його пошкодження. Якщо їх немає, рослина вважається здоровою і навпаки.

Для обліку пошкодження рослин *зеленоочкою, стебловою мілью, просяною мухою, кукурудзяним метеликом* відбирають пробу із 100 стебел (продуктивних і непродуктивних), а при обліку пошкодження *хлібними пильщиками* враховують тільки продуктивні стебла в такій же кількості.

Пошкодження зерна визначають безпосередньо перед збиранням урожаю. При цьому на ділянці відбирають проби із 100 колосів, які аналізують за процентом і ступенем пошкодження (останнє окомірне).

Пошкодження *трипсами* визначають, відбираючи у полотняні мішечки на ділянці 100 колосів у фазі молочно-воскової стиглості зерна. Після струшування мішечків трипси підраховують, а потім роблять перерахунки на один колос. Після цього із загальної проби відбираються 10 колосів, щоб визначити процент пошкоджених зерен.

Пошкодження *попелицями* визначають за допомогою огляду 100 рослин, відібраних у 10–20 місцях на ділянці. Ступінь заселення рослин попелицями оцінюють за п'ятибальною шкалою: 1 бал – окремі особини на 2–3 нижніх листках; 2 бали – колонії з 3–5 особин на 2–3 нижніх листках; 3 – колонії з 10–15 особин на половині листків; 4 – колонії з 20 особин і більше на двох третинах листків; 5 балів – великі колонії по всій рослині. Середній бал пошкодження попелицями виводять як середньоарифметичний показник.

Пошкодження зернівок *клопами-черепашками, клопами-спіняками, хлібними жуками, зерновими совками*, а зерна ячменю

та вівса – і *шведськими мухами* обліковують так. У п'яти місцях по діагоналі ділянки відбирають по 100 колосів і після їх обмолочування із загальної проби зерна відбирають зразок із 500 зернівок, які аналізують на пошкодженість різними шкідниками. Зерно ячменю і вівса при цьому розрізують, щоб виявити всередині личинку шведської мухи.

Пошкоджене хлібними жуками зерно може бути частково або повністю згризене, хоч при обліку враховується не ступінь пошкодження, а кількість пошкоджених зерен у пробі.

Щоб визначити процент пошкодження зерна різними видами найбільш шкідливих клопів, слід мати на увазі таке:

- шкідливі клопи-черепашки залишають на нижній частині зернівки поодинокі глибокі проколи діаметром до 0,25 мм, овальні за формою, з нерівними краями. Пошкоджена частина зернівки має блідожовтий колір, а місце проколу на цьому фоні темносіре;
- пошкодження клопів-еліїв неглибокі і знаходяться переважно на боках і верхній частині зернівки, діаметр їх — 0,1–0,2 мм;
- клопи-сліпняки наносять пошкодження в стрічці на вужчому боці зернівки і в верхній її частині. Проколи мають червоно-коричневий колір, їх діаметр менше 0,1 мм, форма пошкоджень овальна чи продовгувата.

Рослинам проса завдають шкоди *просяний комарик*, *просяна муха* і *кукурудзяний метелик*. Пошкодження ними обліковують при повному виході волоті з піхви листка.

Для виявлення пошкоджень просяним комариком на ділянці відбирають до 10 волотей. Пошкодженими вважаються зерна, всередині яких немає зав'язі і є личинки чи лялечки просяного комарика. До пошкоджених належать також зерна, у яких між верхніми плівками збереглась біла оболонка від лжекокона, з якого уже вилетів комарик.

Для визначення пошкодження волотей просяною мухою з усієї облікової площі ділянки відбирають 100 рослин. Просяну муху у вигляді личинок можна виявити у піхві листка або біля основи волоті. Характерним при пошкодженні є те, що уражені стебла частково або зовсім не викидають волоті, а якщо волоть і вийшла з піхви листка, то вона безплідна.

Кукурудзяний метелик пошкоджує стебло проса перед викиданням волоті. Для визначення пошкодження стебла після викидання волоті на ділянці відбирають 100 рослин, пошкодженість оцінюють

за наявності на стеблі отвору з червоточиною та білуватої, засохлої і нерідко обламаної волоті.

На посівах рису визначають пошкодженість рослин *просяною мухою* (за такою самою методикою, як і на посівах проса) і ступінь пошкодження *рисовою п'явицею, рисовим комариком, рисовим трипсом* (окомірне при помітних ураженнях посівів). Оглядаючи 100 рослин на ділянці, оцінюють ступінь заселення їх *попелицями* за п'ятибальною шкалою (аналогічною зерновим колосовим культурам).

На посівах зернобобових культур під час вегетації на ділянці відбирають 100 рослин і проводять аналізи на виявлення обгризання країв листя сходів *довгоносиками*, пошкодження підземної частини проростків *ростковими мухами і лучним метеликом*, грубе об'їдання листя, бутонів і квітів *гусеницями багатодітних совок*.

Ступінь пошкодження рослин *попелицями* визначають у пробі із 100 рослин за п'ятибальною шкалою (див. зернові колосові культури).

Для аналізу на ділянці беруть 100 рослин різних бобових культур, на яких виявляють такі пошкодження: стебла люпину перекушені *кравчиком*; квітки уражені *гороховим комариком*; суцвіття вики над'їдені *личинками фітономусів*; *стінки бобів проїдені гусеницями багатодітних совок*.

Пошкодження у вигляді об'їденої поверхні насіння *плодожеркою і вогнівкою* визначають на час збирання врожаю, аналізуючи 500 зерен з проби, відібраної на хімічний та інші аналізи.

Через місяць після збирання, розрізавши попередньо намочене насіння з проби такого самого об'єму, визначають процент пошкодження різними видами *зернівок*.

Посівам кукурудзи і сорго найбільше шкодять *шведська муха і кукурудзяний метелик*.

Пошкодженість *шведською мухою* визначають у пробі з 50 рослин, відібраних на захисних смугах у фазі 6–8 листків. Оцінюють пошкодженість за п'ятибальною шкалою: 1 бал – поодинокі дірки із світлою каймою, деяке листя на рослині гофроване, ріст рослин не сповільнений; 2 бали – такі пошкодження є на більшості листків, міжвузля дещо зближені; 3 бали – великі дірки на листках, трапляються окремі розриви листкової пластинки, які значно гофровані (до склеювання верхівок листя), помітне сповільнення росту рослин; 4 бали – крім листя, пошкоджений і конус наростання, тому рослини дуже відстають у рості і на них формується багато пасинків; 5 балів – у рослин повністю знищений конус наростання і вони гинуть.

Пошкодження *кукурудзяним метеликом* обліковують перед збиранням урожаю. Для цього з ділянки відбирають 50 рослин і аналізують окремо кожне стебло і качан. Оцінюють пошкодження за п'ятибальною шкалою: 1 бал – у стеблі і качані по 1–5 червоточин; 2 бали – червоточин така сама кількість і стебло зламане вище качана; 3 бали – червоточин 6–10, злам стебла там же; 4 бали – червоточин більше 10, злам стебла там же; 5 балів – стебло зламане нижче качана або зламана ніжка качана.

Пошкодження рослин *попелицями* визначають за такою самою методикою, як і на посівах зернових колосових.

На посівах буряків цукрових і кормових пошкодження шкідниками обліковують, оглядаючи по 100 рослин на двох середніх рядках ділянки (без виривання). При цьому беруть до уваги:

- ступінь пошкодження (%) сходів *жуками-довгоносиками* (об'їдають сім'ядолі і листя), *буряковою щитоноскою* (виїдають округлі наскрізні отвори в листі) і *блішками* (виїдають м'якоть, не зачіпаючи шкірочки на нижньому боці листка);
- ступінь пошкодження (%) рослин старшого віку *лучним метеликом* (гусениці з'їдають пластинку листка і його жилки), *буряковою мухою* (личинки виїдають паренхіму листка під епідермісом, утворюючи порожнини-міни) і *буряковою мінуючою міллю* (згризають паренхіму листка і роблять проходи в черешках);
- ступінь заселення рослин *попелицями* визначають у балах за шкалою, наведеною для оцінки заселення рослин цими шкідниками на посівах зернових колосових культур;
- кількість пошкоджених під час вегетації рослин *личинками довгоносиків* (вигризають головний корінь, рослина засихає), *медведками* (прогризають головний корінь, рослина легко висмикується) і *багатоїдними совками* (перегризають кореневу шийку, об'їдають пластинки і черешки листків).

На посівах бобових багаторічних трав проводять такі ентомологічні обліки:

- ступінь пошкодження листя трав (%) *бульбочковими довгоносиками* визначають у різні періоди вегетації, оглядаючи листя на 20 рівновіддалених одна від одної рослинах. На пошкоджених листках є овальні вигризи на краях;
- пошкодження конюшинним *насіннеїдом* виявляють при огляді 100 головок, зірваних на ділянці під час їх побуріння. Головка вважається пошкодженою, якщо при відриванні зав'язі від квітконоса виявляють личинки чи лялечки шкідника;

- пошкодження насіння конюшини *товстоніжкою* визначають перед збиранням урожаю. Для цього зривають на ділянці 100 головок, які обмолочують вручну. З намолоченого насіння вибирають середню пробу з 200 насінин, яку вміщують у термостат з температурою 20–25 °С. При цьому стакан з насінням накривають подвійним шаром марлі, а для підтримання високої вологості повітря в термостат ставлять ванночку з водою. Через 9–10 днів з пошкодженого насіння вилетять товстоніжки, після чого усю пробу висипають у посудину з водою. Аналізують лише те насіння, яке спливає, оскільки тільки серед нього є пошкоджене товстоніжкою. Виявляють його при прощупуванні насіння скальпелем – пошкоджені насінини продірявлені;
- пошкодження *люцерновим насіннеїдом* визначають перед скошуванням люцерни у валки. Для цього на ділянці відбирають 100 продуктивних стебел. Із зірваних на них бобиків відбирають середню пробу з 100 бобиків, які розкривають для виявлення пошкоджень насіннеїдом. При цьому слід мати на увазі, що рижий насіннеїд знищує насіння повністю, а жовтий – залишає в бобі лише оболонку;
- пошкодження насіння еспарцету *еспарцетовою зернівкою* визначають, аналізуючи проби насіння, вимолоченого із 100 бобів, зірваних на 100 стеблах. При натисканні скальпелем із пошкоджених насінин витікає рідина роздавлених личинок.

На посівах злакових багаторічних трав, аналізуючи проби із 100 стебел, визначають:

- ступінь пошкодження листя (%) *блішками* (на верхньому боці виїдена паренхіма) і *п'явицями* (виїдена тканина листків);
- пошкодження стебел *колосовою мухою* (знищений повністю зародок султана або об'їдені зачатки колосків султана), *стебловими білками* (вигрижена серцевина молодих стебел і при виході рослин у трубку на поверхні стебла залишається вихідний отвір) та *шведською мухою* (личинка в молодому віці стебла пошкоджує його серцевину, внаслідок чого засихає центральний листок);
- пошкодження насіння *житняковим комариком і житняковою мухою* визначають, відбираючи на ділянці 20 колосів чи волотей. Після їх обмолоту відбирають середню пробу з 200 насінин. Пошкодженими вважаються насінини, в яких після розрізування виявляють личинок (їх розмір у мух становить до 2,8 мм, а в комариків – до 1,1 мм) або їх лжекоконі.

8. ФЕНОЛОГІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

У дослідях, де об'єктом досліджень є рослина (культурна чи бур'яни), обов'язково планують фенологічні спостереження, суть яких полягає у реєстрації фаз розвитку рослин, які розрізняють за зовнішніми ознаками. Під час фенологічних спостережень відмічають початок фази (коли до неї вступило 10–15% рослин) і повну фазу (70–75% рослин).

Фенофази визначають окомірно одночасно у всьому досліді. Дані фенологічних спостережень використовують для оцінки впливу ґрунтових і погодних (кліматичних) умов на розвиток досліджуваної рослини та розрахунку тривалості міжфазних періодів і періоду вегетації в цілому.

Різні культури характеризуються певними фенофазами. У **пшениці, жита, тритикале, ячменю, вівса, проса** розрізняють такі фази: сходи (початкові і повні); початок кущіння; колосіння або викидання волоті (початкове і повне); повне цвітіння жита; молочна (крім проса), воскова (господарська) і повна стиглість зерна (якщо врожай збирають при повній стиглості зерна). Крім того, для озимих відмічають дати припинення вегетації восени і відновлення навесні. Для того, щоб визначити тривалість періоду сівба – сходи, обов'язково фіксують строки сівби всіх культур.

При проведенні фенологічних спостережень на посівах вищезазначених культур досліднику слід брати до уваги такі особливості:

- фаза сходів у злакових культур настає при появі перших розкритих листочків у 75% рослин;
- початок кущіння припадає на час, коли у 10–15% рослин з'явиться перший листочок бічного пагона з піхви головного стебла;
- за дату припинення осінньої вегетації рослин пшениці, тритикале, ячменю приймається дата переходу середньодобової температури повітря через +5 °С, а жита – через +4 °С. При цьому використовують дані ближчої до району дослідження метеостанції;
- відновлення вегетації озимих культур навесні починається при відростанні листя, зрізаного відразу після танення снігу;
- колосіння пшениці, жита, тритикале і ячменю припадає на період, коли близько половини колоса вийшло з піхви верхнього листка. Ознакою викидання волоті проса і вівса є вихід верхівки волоті з піхви верхнього листка;

- фаза цвітіння жита настає, коли більшість колосів зовні мають пиляки;
- молочна стиглість відмічається тоді, коли зерно в середній частині колоса, а у вівса – у верхній частині волоті досягне майже повної довжини, але має ще зелений колір. При стисканні пальцями із зерна витікає напіврідка маса, яка у пшениці, тритикале і вівса має молочний колір, а у жита і ячменю – вигляд вареного некрутого яєчного білка жовтуватого кольору. Рослини в цей час ще зелені, за винятком пожовклих нижніх листків;
- фаза воскової або господарської стиглості зерна має такі ознаки: зерно жовтого кольору, тверде, але при натисканні нігтем ще легко ріжеться. При згинанні ячмінне і вівсяне зерно лопається. Листя і стебло в цей час набувають жовтого кольору;
- фаза повної стиглості характеризується такою твердістю зерна, коли при натисканні ножом воно розколюється. Зерно при цьому легко вимолочується, тому у цій фазі починають збирання врожаю зернових культур прямим комбайнуванням.

У гречки розрізняють такі фенофази: сходи (початкові і повні), цвітіння (початкове і повне), побуріння перших плодів і господарську (збиральну) стиглість. Відповідно до прийнятих стандартів фаза сходів настає при появі сім'ядоль на поверхні ґрунту. Початок цвітіння припадає на період, коли з'явилися перші квітки на 10–15% рослин, а повне цвітіння – при появі перших квіток більше як на 75% рослин.

У кукурудзи розрізняють такі фази: появу повних сходів, початкове і повне викидання волотей; початкове і повне цвітіння качанів; молочну, молочно-воскову, воскову і повну стиглість зерна.

Початок цвітіння качанів настає при появі приймочок; фаза молочної стиглості зерна припадає на період, коли зерно уже сформувалось, але легко роздавлюється і з нього витікає біла рідина у вигляді молока; при молочно-восковій стиглості із зерна виділяється тістоподібна маса з включенням твердих крупинок; у восковій стиглості зерно не роздавлюється пальцями, але ще ріжеться нігтем; ознакою повної стиглості зерна є його почорніння на місці прикріплення до стрижня качана та пожовтіння обгортки. Для визначення фази стиглості розкривають обгортки на 10 качанах у захисних смугах. Фаза настала, якщо характерні ознаки для неї мають вісім качанів з 10.

У сорго розрізняють фази повних сходів (коли зійшло близько 75% рослин), кущіння, повного викидання волоті (75%), початкового (10–15%) і повного (75%) цвітіння, молочно-воскової, воскової і повної стиглості зерна.

Рис характеризується такими фенофазами: сходи (початкові і повні); початок кущіння; початкове і повне викидання волоті; молочна, воскова і повна стиглість зерна. Початок сходів настає при появі першого справжнього листка з пластинкою, а повні сходи – при позначенні чітко виражених рядків. Кущіння – це поява першого бічного пагона, а викидання волоті припадає на період виходу її верхівки з піхви листка. Фазу молочної стиглості зерна фіксують, коли воно в середній частині волоті (за висотою) м'яке, зелене і при роздавлюванні з нього витікає молочноподібна рідина. На верхівках волоті зерно в цей час може бути у восковій стиглості. У фазі воскової стиглості зерно в середній частині волоті при стисканні пальцями не роздавлюється, але ще ріжеться нігтем, а квіткові лучочки набувають жовтого кольору. При повній стиглості зерно вже не ріжеться нігтем.

У зернобобових культур (гороху, сої, вики, сочевиці, квасолі, люпину, бобів, чини, серадели, нуту) відмічають дати повних сходів, початкового і повного цвітіння, початкової і господарської стиглості. Фаза сходів настає при появі перших листків або сім'ядоль, початок стиглості – при пожовтінні 1–2 нижніх бобів у 10–15% рослин.

Фаза господарської стиглості в окремих культур має такі характерні ознаки: у *гороху, вики і сочевиці* на більшості рослин достигло 60–70% бобів; у *квасолі і нуту* дозріла більшість бобів; у *сої* на рослині достигло більше 70% бобів; у *кормових бобів* побуріли 2–3 нижніх яруси бобів; у *серадели* побуріли нижні боби; у *люпину* достигло 80–90% бобів на центральній китиці.

У коренеплідних культур розрізняють фази сходів (початкові і повні), змикання листя в рядках і міжряддях. На посівах буряків додатково визначають фазу появи першої пари справжніх листочків.

На насадженнях картоплі відмічають фази сходів, цвітіння, початок природного відмирання гички.

На посівах **соняшнику** розрізняють фази сходів, початку утворення кошиків, цвітіння та досягання.

У льону-довгунця розрізняють фази сходів (початкові і повні), появи четвертого–п'ятого справжнього листка, цвітіння.

Своєрідними фенологічними фазами характеризуються й **овочеві культури**. Наприклад, для *томатів, перцю, баклажанів* відмічають появу поодиноких і сходів, появу першого справжнього листка, початкове і масове цвітіння, настання бланжевої стиглості плодів. Для *огірків* доцільно фіксувати появу сходів, першого справжнього листка, початок цвітіння чоловічими і жіночими квітками, настання технічної стиглості.

У дослідах з **багаторічними травами** спостереження за зміною розвитку рослин приурочують до фенологічних фаз, перелік яких наведений у табл. 13.

13. Фенологічні фази розвитку багаторічних трав

Фенологічні фази	Бобові			Злакові		
	на першому році життя	у наступному році		на першому році життя	у наступному році	
		на корм	на насіння		на корм	на насіння
Сходи: початкові		x	x		x	x
повні		x	x		x	x
Початок відростання навесні	x			x		
Початок кущіння	x	x	x		x	x
Початок викидання волоті, колосіння	x	x	x			
Цвітіння: початкове				x	x	x
повне				x	x	x
Стиглість: початкова	x	x		x	x	
господарська	x	x		x	x	

9. ОЦІНКА ПОСІВІВ І ОБЛІК БІОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

9.1. Візуальна оцінка стану посівів

Загальну оцінку стану посівів дослідник проводить за допомогою окомірного спостереження в основні фази розвитку вирощуваних культур. Оцінюють стан посівів за п'ятибальною шкалою: 5 балів – відмінний стан; 4 бали – добрий; 3 бали – задовільний; 2 бали – поганий; 1 бал – дуже поганий; 0 балів – посів загинув повністю або майже повністю.

Візуально стан посівів оцінюють також після різних стихійних явищ: раптового зниження температури повітря, суховіїв, граду і зливових дощів, ураганного вітру тощо.

Результати спостережень за посівами на кожній ділянці записують у польовий журнал. Ці записи можуть бути основою для вибракування окремих ділянок чи частини поля та їх площі. На основі візуальної оцінки стану посівів можна робити висновки також про умови живлення рослин, знаючи, що світло-жовто-зелений колір листя свідчить про недостатнє азотне живлення рослин, тьмяно-сіре забарвлення нижніх листків та їх скручування і відмирання вказує на фосфорне голодування, а червонуватий колір у вигляді опіків країв листя – про нестачу калію в ґрунті.

9.2. Оцінка морозо- і зимостійкості озимих культур

Морозостійкість рослин озимих культур у польових умовах визначають після перших великих морозів, коли виникає загроза їх вимерзання. Для цього використовують метод монолітів. Суть його полягає в тому, що на захисних смугах ділянки за допомогою лома, сокири і лопати вирубують ґрунт з рослинами у вигляді моноліту 25–30 см завдовжки, 30 см завширшки (щоб охопити два суміжні рядки) і глибиною 20 см. Щоб менше травмувати рослини, цю роботу треба виконувати дуже обережно.

Вирубані проби вкладають у пронумеровані дерев'яні ящики відповідних розмірів. Туди ж вкладають етикетку. Після цього, щоб запобігти підмерзанню рослин під час перевезення монолітів, ящики вкривають мішковиною. Перші 2–3 дні ящики з монолітами тримають у приміщенні з температурою 5–10 °С, а після відтавання їх на 12 днів переносять у добре освітлене приміщення з температурою

повітря 18–20 °С. На 15-й день після відбору проб починають аналіз. Для цього всі рослини виймають з ґрунту, відмивають від землі і окремо підраховують кількість мертвих і живих рослин. На живих за період перебування моноліту в теплі почало відростати листя і з'явилися нові корінці. Фізично пошкоджені рослини під час вирубки моноліту в облік не включають.

Морозостійкість рослин визначають за формулою

$$M = \frac{a \cdot 100}{b},$$

де M – морозостійкість рослин, %; a – кількість живих рослин у пробі, шт.; b – загальна кількість рослин у пробі, шт.

Метод монолітів можна використати для визначення морозостійкості лише тоді, коли до настання критично низьких температур на життєздатність рослин не могли вплинути інші фактори (вимокання тощо).

Морозостійкість рослин озимих культур певного сорту доцільніше визначати за допомогою штучного проморожування в умовах лабораторно-вегетаційного досліду. Для цього ящики розміром 40×30×10 см набивають землею і виставляють на вегетаційну площадку. При підсиханні ґрунт помірно зволожують. Сівбу починають на другий–третій день після настання оптимальних строків сівби досліджуваної культури в регіоні. У рядку паралельно до короткого боку ящика висівають по 25 насінин на глибину 2–3 см. В один ящик можна висівати по 5–6 сортів, у тому числі й контрольний (реєстрований). При цьому кожен із досліджуваних сортів розміщують у чотирьох ящиках (по 2 ящики для двох строків проморожування). Загартовуються рослини у природних умовах осені і початку зими.

Рослини проморожують при трьох градаціях мінусових температур, близьких до критичних. Для різних культур вона буде неоднаковою: для пшениці – 18, 20 і 22 °С; жита – 19, 22 і 25 °С; ячменю – 14, 16 і 18 °С.

Обидва ящики з рослинами вміщують у камеру проморожування одночасно. Проморожування починають з температури, яка була до цього в ящику на глибині залягання вузла куштиння. Через кожну годину температуру знижують на 2 °С, а при заданій температурі проморожування ящики витримують протягом доби. Після цього температуру в камері підвищують на 2 °С за годину до плюсової,

потім ящики переносять у теплицю для відростання при температурі 18–20 °С і 16-годинному освітленні. Через добу рослини обрізують на висоті 3–4 см від поверхні ґрунту і підраховують загальну кількість їх у кожному зразку (сорті). Через 8–10 днів після відростання за кількістю живих рослин оцінюють морозостійкість досліджуваного об'єкта при певному режимі проморожування.

Зимостійкість озимих культур під час перезимівлі визначають здебільшого методом монолітів, які беруть за вищеописаною методикою 25 січня і 23 лютого. Це досить трудомісткий і тривалий метод, тому в практиці використовують і прискорений спосіб відростання. Суть його полягає в тому, що у відповідні строки на ділянці відбирають (вирубують з грудками землі) кількість рослин, яка близька до їх кількості в моноліті. В приміщенні рослини із землею вміщують у холодну воду для відтавання, після чого відмиті рослини обрізують на 3–5 мм вище від основи вузла кущіння. Обрізані вузли кущіння переносять у чашку Петрі (чи іншу посудину), заливають 0,5% розчином тетразолу і вміщують на годину в термостат з плюсовою температурою 40 °С. Якщо термостата немає, посудину з вузлами кущіння закривають темним, світлонепроникним матеріалом і залишають у кімнаті на чотири години. За цей період у живих рослин конус наростання забарвлюється у вишнево-червоний колір, чого не спостерігається в мертвих рослин.

Швидко визначити кількість живих і мертвих рослин (або їх співвідношення) у пробі можна також без застосування тетразолу чи іншого хімічного реактиву. Відмиті з відібраного моноліту рослини обрізують з обох боків на відстані 1 см від вузла кущіння, вміщують у скляну банку на змочену у воді вату чи фільтрувальний папір. Банку щільно закривають (щоб створити в ній високу вологість) і ставлять на 12–24 год. у тепле місце з температурою 24–26 °С. Через добу у живих рослин починають відростати стебла і коріння. Кількість таких рослин підраховують і визначають їх процентний склад у пробі.

Щоб мати об'єктивну оцінку про стан озимини до початку природного відростання рослин можна скористатись методом «мікропарників». Він полягає в тому, що з дощок шириною 15–20 см виготовляються рамки площею біля 1 м², по кутам якої кріпляться кілочки, загострені кінці яких виходять за межі рамки знизу на 15 см. Зверху рамка затягується з надійним кріпленням по периферії поліетиленовою плівкою. До закінчення зими рамку щільно втискають за допомогою кілочків у поверхню ґрунту для створення парникового

ефекту, завдяки якому рослини в такому парничку випереджають розвиток рослин у відкритому полі на 2–3 тижні.

Часто зимостійкість посівів на кожному повторенні дослідів оцінюють на основі порівняння стану озимих навесні і перед настанням зими за п'ятибальною шкалою: 5 балів – стан відмінний, посів густий, не перерослий, кущіння рослин добре, жовтих листків немає; 4 бали – стан добрий, густина посіву 71–80% запланованої, рослини не переросли без ознак ураження хворобами і шкідниками, кущіння середнє; 3 бали – стан посередній, густина посіву 61–70% запланованої, кущіння слабке, ураження рослин хворобами і шкідниками середнє; 2 бали – стан поганий, густина посіву 51–60% запланованої, рослини не розкущилися, помітні ураження хворобами і шкідниками, ґрунт надмірно ущільнений, з численними тріщинами; 1 бал – стан поганий, густина посіву 31–50% запланованої, рослини дуже ослаблені; 0 балів – посів дуже зріджений (густина до 30% запланованої). Якщо стан посіву протягом зими не погіршився, то зимостійкість оцінюється 5-ма балами. Коли стан посівів навесні гірший, ніж восени, зимостійкість буде нижчою за відмінну. Зимостійкість сільськогосподарських культур оцінюють за допомогою табл. 14.

14. Залежність зимостійкості озимих культур від стану посівів при вході в зиму і навесні, балів

Оцінка посівів восени	Оцінка посівів навесні										
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
1,0	2,5	3,5	5,0	–	–	–	–	–	–	–	–
1,5	1,8	2,5	3,5	5,0	–	–	–	–	–	–	–
2,0	1,3	1,8	2,9	3,8	5,0	–	–	–	–	–	–
2,5	0,8	1,3	2,4	3,0	3,7	5,0	–	–	–	–	–
3,0	0,6	0,8	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	–	–	–	–
3,5	0,4	0,6	1,7	2,2	2,6	3,4	4,2	5,0	–	–	–
4,0	0,0	0,4	1,4	1,9	2,3	3,0	3,7	4,3	5,0	–	–
4,5	0,0	0,0	1,2	1,7	2,1	2,7	3,3	3,9	4,4	5,0	–
5,0	0,0	0,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

Середню оцінку зимостійкості розраховують з точністю до 0,1 бала як середнє арифметичне цього показника з різних повторень.

Трапляється так, що оцінити стан посівів озимих культур у балах під час весняного відновлення вегетації рослин досить важко навіть досвідченому досліднику. Тому на таких посівах доцільно використувати дробову окомірну оцінку. Для цього ділянку по довжині розбивають на рівні площадки, на кожній з яких посів оцінюють за 5-бальною шкалою окремо. Потім усі бали підсумовують, а розділивши їх суму на кількість площадок, мають середній бал, який і буде характеризувати загальний стан посіву на ділянці.

9.3. Визначення посухостійкості рослин

Посухостійкість рослин оцінюють з врахуванням їх в'янення за п'ятибальною шкалою: 5 балів – в'янення рослин не спостерігається; 4 бали – в'янення трапляється поодинокі і слабке; 3 бали – в'янення середнє; 2 бали – в'янення значне; 1 бал – в'янення дуже сильне.

За в'яненням листя на рослинах спостерігають з настанням стійкої жаркої погоди щодня близько 14–16-ої години і перед заходом сонця.

9.4. Оцінка стійкості посівів до вилягання, пониклості, осипання зерна і проростання його в колосі

Стійкість посівів зернових колосових та інших культур звичайної рядкової сівби до *вилягання* оцінюють, починаючи від появи цього явища і до збирання врожаю через кожних 5–10 днів (ці спостереження дають змогу виявити властивість окремих посівів повертатись у попереднє вертикальне положення) за п'ятибальною шкалою: 5 балів – вилягання не спостерігається, 4 бали – вилягання незначне; 3 бали – вилягання середнє; 2 бали – вилягання значне, що утруднює збирання врожаю комбайном; 1 бал – вилягання значне задовго до збирання врожаю, посіви непридатні для комбайнування.

Одночасно з виведенням бальної оцінки вилягання фіксується фаза вегетації рослин і зазначається причина і особливості (коренева чи стеблова) вилягання.

Стійкість кукурудзи до вилягання рослин також визначають у балах. Залежно від нахилу головного стебла розрізняють невилягаючі рослини (стійкість оцінюють п'ятьма балами); із слабким виляганням (відхилення від вертикального положення менш як на 30°)

оцінюють чотирма балами; із середнім виляганням (відхилення від вертикального положення на $30\text{--}60^\circ$) оцінюють двома балами; із значним виляганням (відхилення перевищує 60°) стійкість оцінюють у нуль балів.

Для розрахунку середнього бала стійкості кукурудзи до вилягання добуток кількості рослин з відповідним балом на бал вилягання підсумовують і ділять на кількість облікових рослин. На ділянці кількість облікових рослин становить 100 шт. і їх дослідник позначає ще до викидання волоті. Окремо обліковується вилягання рослин до викидання волоті. Такі рослини утворюють шаблеподібний згин і непридатні для збирання комбайном.

Оглядаючи 100 позначених на ділянці рослин кукурудзи, обчислюють процент зламаних чи надламаних нижче місця прикріплення качанів стебел, а також процент рослин з пониклими качанами (верхівка яких нижче основи).

На посівах ячменю пониклість і ламкість колоса визначають за п'ятибальною шкалою: 5 балів – пониклість і ламкість не спостерігаються; 4 бали – пониклість і ламкість незначні; 3 бали – пониклість і ламкість середні; 2 бали – пониклість і ламкість вище середніх; 1 бал – пониклість і ламкість виражені значною мірою. Схильність посівів до осипання зерна оцінюють протягом досягання врожаю за п'ятибальною шкалою: 5 балів – осипання не спостерігається; 4 бали – осипання незначне; 3 бали – осипання середнє; 2 бали – осипання вище за середнє; 1 бал – осипання значне.

Суть точнішого методу визначення стійкості рослин до осипання полягає в тому, що на кожній ділянці виділяють по чотири пробних діляночки площею $0,25\text{--}1,0\text{ м}^2$, на яких збирають зерно, яке осипалось до збирання врожаю, підраховують і зважують його.

Стійкість зерна до проростання у колосі визначають окомірно за п'ятибальною шкалою: 5 балів – зерно не проростає; 4 бали – проростання незначне; 3 бали – проростання середнє; 2 бали – проростання вище за середнє; 1 бал – проростання значне.

Характерною ознакою різних сортів і гібридів зернових та олійних культур є здатність їх вимолочуватись. Її оцінюють також за п'ятибальною шкалою: 5 балів – зерно вимолочується дуже добре; 4 бали – вимолочується добре; 3 бали – зерно вимолочується посередньо; 2 бали – вимолочування нижче за посереднє; 1 бал – зерно вимолочується погано.

9.5. Облік густоти посівів і насаджень

Густоту рослин культур звичайного рядкового способу сівби визначають два рази за вегетацію на одних і тих самих площадках, які виділяють після появи сходів по 3–4 на кожній ділянці.

Межі облікових площадок позначають невисокими кілочками, щоб вони не утруднювали проведення польових робіт (боронування тощо). Розмір ділянок – 1 м^2 і на них розміщено шість рядків з міжряддями 15 см та довжиною 111 см ($6 \times 0,15\text{ м} \times 1,11\text{ м} = 1\text{ м}^2$). За методикою державного сортовипробовування розмір пробної площадки можна зменшити до $0,08\text{ м}^2$, але цього робити недоцільно. Для підрахунку рослин льону-довгунця виділяють чотири площадки розміром $0,1\text{ м}^2$, беручи для цього два рядки з шириною міжрядь 7,5 см і довжиною 66,7 см. Розміщують пробні площадки по діагоналі облікової площі ділянки. Вперше підрахунок проводять у фазі повних сходів, а вдруге – перед збиранням урожаю. Перший облік дає змогу, знаючи норму висіву, визначити польову схожість насіння, а другий – розрахувати збереженість рослин за період вегетації. Збереженість визначають за формулою

$$П = \frac{3 \cdot 100}{C},$$

де $П$ – збереженість рослин, %; 3 – кількість рослин перед збиранням, шт./ м^2 ; C – кількість рослин на час повних сходів, шт./ м^2 ; 100 – число для перерахунку в проценти.

На посівах озимих культур і багаторічних трав звичайного рядкового способу сівби за зазначеною вище методикою густоту рослин обліковують також перед закінченням осінньої вегетації і після відновлення весняної. Це дасть змогу в разі необхідності визначити зимостійкість рослин.

У просапних культур залежно від специфіки дослідження густоту посівів чи насаджень можна визначати після появи повних сходів, після кожного обробітку та під час збирання врожаю. На ділянках з невеликою обліковою площею густоту рослин визначають суцільним способом – підрахунком на всій ділянці. Якщо через велику облікову площу суцільний облік густоти зробити практично неможливо, використовують вибірковий метод обліку (рис. 25). Щоб за результатами вибіркового методу можна було робити висновки про густоту рослин на всій ділянці, вибірку треба формувати з відрізків

усіх рядків, охоплюючи всю довжину ділянки. При цьому довжину відрізка розраховують діленням довжини ділянки на кількість рядків на обліковій площі.

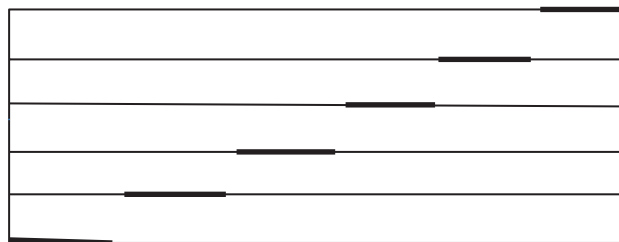


Рис.25. Схема вибіркового обліку густоти посівів просапних культур із розміщенням на обліковій ділянці шести рядків (облікові відрізки зображені суцільною жирною лінією)

Підсумувавши кількість рослин на всіх відрізках, що ввійшли у вибірку, і помноживши цю величину на кількість рядків, мають загальну кількість рослин на обліковій площі, яка і буде характеризувати густоту посіву у конкретному варіанті.

9.6. Визначення динаміки росту рослин

Інтенсивність росту рослин, як правило, визначають по фазах розвитку. Проводять цю роботу у трьох повтореннях досліду. На ділянці відбирають 40–50 шт. рослин з бокової захисної смуги по 4–5 рослин підряд у 10 місцях. На посівах буряків цукрових проби відбирають тричі: за два місяці і за місяць до збирання врожаю та безпосередньо перед збиранням. Викопані або вирвані рослини очищають від землі і зважують. Приріст рослин визначають за різницею маси рослин із проби останнього і попереднього строків відбору. Якщо треба визначити добовий приріст маси однієї рослини, загальний приріст ділять на кількість рослин і тривалість періоду (днів).

Щоб паралельно визначити приріст сухої речовини, після кожного зважування із свіжої проби відбирають середній зразок для визначення вмісту сухої речовини в рослинах. Відібрані в металеві коробки подрібнені рослинні зразки масою близько 100 г зважують і висушують до постійної маси при температурі не вище 105 °С. Після зважування коробки з сухим зразком і без нього визначають масу сирого і сухого зразків. Розділивши масу сухого зразка на масу

сирого і помноживши результат на 100, одержують процентний вміст сухої речовини в рослинній пробі. Останній показник використовують для переведення маси свіжовідібраної проби в абсолютно суху.

Інші показники росту рослин, до яких належать висота стебла, кількість листків і їх розміри, товщина коренеплоду тощо, визначають на постійно виділених для цього 100 рослинах, рівномірно розміщених на облікових площах кожної ділянки.

Висоту рослин визначають за допомогою мірної лінійки. При цьому стебло вимірюють від поверхні ґрунту до верхньої частини рослини без урахування остюків в остистих форм колосових. Підсумковим показником є середня висота рослин на ділянці.

Кількість листя на рослині визначають шляхом їх підрахунку з виведенням середнього арифметичного.

9.7. Визначення площі листкового апарату

У дослідницькій роботі застосовують кілька способів визначення площі листкового апарату, найбільш поширеним з яких є метод висічок. Суть його така. На дослідній ділянці відбирають 10–20 типових рослин, зривають з них усе листя і зважують. Потім за допомогою ручного свердла (у вигляді металевої трубки певного діаметра із загостреними краями) беруть з цих листків по 20–50 висічок загальною площею не менше 10–20 см². Після зважування висічок загальну листкову площу у пробі визначають за формулою

$$П = \frac{M \cdot n \cdot K}{m},$$

де $П$ – загальна площа листя у пробі, см²; M – маса листя в пробі, г; n – площа однієї висічки, см²; K – кількість висічок, шт.; m – маса висічок, г.

Знаючи загальну площу листкового апарату в пробі, визначають площу листя на одній рослині і, помноживши цей показник на густоту рослин, мають площу листкового апарату рослин на певній площі, яку потім виражають в м²/га.

Другим способом визначення площі листя є контурний, коли розкладені на папері листки з пробних рослин обводять олівцем, а потім планіметром замірюють контури з визначенням загальної площі облікових листків. Якщо планіметра немає, контури листків на папері вирізують і зважують. Разом з тим зважують і розлінова-

ний на квадратики площею 1 см² такий самий папір певної площі. За відношенням маси розлінованого паперу до його площі розраховують масу 1 см² паперу. Дальший розрахунок ведуть за методикою вищеописаного способу.

За третім розрахунковим способом площу окремого листка визначають за допомогою його довжини, ширини і перевідного коефіцієнта, який для злакових культур з лінійною (продовгуватою) формою листя становить 0,67, а для культур з більш овальним листям – 0,74. При цьому площу розраховують за такою формулою:

$$P = D \cdot Ш \cdot K,$$

де P – площа листка, см²; D – довжина листка, см; $Ш$ – ширина листка, см; K – перевідний коефіцієнт (0,67 чи 0,74).

Цей метод визначення площі листкової поверхні має певні недоліки і переваги порівняно з іншими. Його недоліком є дещо нижча точність визначення площі листкового апарату, а перевагою є те, що цей метод можна використати і при вивченні динаміки наростання листкової поверхні на одних і тих самих об'єктах кілька разів без зрізування листя.

Визначення листкового індексу. Листковий індекс характеризує коефіцієнт використання посівами земельної площі і визначається як відношення сумарної листкової поверхні до площі поля, на якій вона сформована, за формулою

$$L_i = P_{л} : P_n,$$

де L_i – листковий індекс; $P_{л}$ – площа листя, м²; P_n – площа поля, м².

Визначення чистої продуктивності фотосинтезу. За чистою продуктивністю фотосинтезу (ЧПФ) оцінюють інтенсивність приросту маси рослини. Визначають її за певний проміжок часу чи за весь вегетаційний період за формулою

$$\text{ЧПФ} = \frac{M_2 - M_1}{0,5 \cdot (P_{л1} + P_{л2}) \cdot D},$$

де M_1 і M_2 – маса рослин на одиниці площі на початку і наприкінці певного періоду, г; $P_{л1}$ і $P_{л2}$ – площа листкового апарату у ці самі періоди визначення, см²; D – тривалість певного періоду, діб.

10. ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОШИРЕННЯ КОРІННЯ У ГРУНТІ ТА ОБЛІК ЙОГО МАСИ В ОКРЕМИХ ШАРАХ

Для вивчення морфології кореневої системи досліджуваної культури та поширення коріння в ґрунті використовують методи сухо-го розкопування, відмивання під струменем води та засклених траншей.

За *методом сухого розкопування* за 5–10 см від досліджуваної рослини викопують вертикальну траншею глибиною 1 м (у разі необхідності і глибше) і за допомогою ножа чи іншого вузького, але загостреного металевго предмета звільняють корінці від ґрунту. Дуже сухий і переущільнений ґрунт злегка змочують водою. У міру звільнення коріння форму його розміщення замальовують на папері. Для достовірності малюнка папір розграфлюють на квадрати такого самого розміру, який використовують у металевій сітці, прикріпленій до вертикальної стінки траншеї. За допомогою малюнка у разі необхідності дослідник зможе змонтувати звільнене від ґрунту коріння на стенді.

Спосіб розкопування дуже трудомісткий, тому частіше застосовують *метод відмивання*. Коріння в межах вертикальної стінки викопаної траншеї відмивають водою із обприскувача (зверху донизу). В міру звільнення коріння форму розміщення його замальовують на папері та обліковують кількість окремих корінців та їх довжину.

Якщо вивчають динаміку росту коріння, використовують *метод засклених траншей*. Суть його полягає в тому, що там, де має розміщуватись коріння рослини, викопують траншею на глибину можливого проникання коріння. Одну стінку траншеї роблять дещо похилою, до якої приставляють раму з товстим склом. Весь простір між похилою стінкою і склом засипають землею і ущільнюють до природного стану. Після цього за 2–3 см від верхньої частини скла висівають насіння чи висаджують розсаду або саджанець досліджуваної культури. Коріння під час початкового росту проникає до скла, а потім росте паралельно ньому, що дає змогу досліднику вести необхідні спостереження і обліки.

Для обліку маси коріння в певному шарі ґрунту використовують *метод відмивання коріння з ґрунтового моноліту* під струменем води з наступним висушуванням та зважуванням. Висоту ґрунтового моноліту визначають завданням досліду і культурою. Для одnorічних культур звичайного рядкового способу сівби при ширині міжрядь 7,5 чи 15 см площа поверхні моноліту становитиме

30×20 см, а висота – до 60 см. Для багаторічних трав такого самого способу сівби глибину розкопування моноліту треба збільшувати до 100 см. Для дослідження поширення коріння культур широкорядного способу сівби один бік поверхні моноліту повинен бути рівним або кратним ширині міжряддя, а другий залишають таким, як і при розкопуванні коріння на посівах культур звичайного рядкового способу сівби.

При розкопуванні ґрунтового моноліту треба додержуватись вертикальності стінок та відповідності розміру, що перевіряють спеціально підготовленим для цього дерев'яним шаблоном прямокутної форми. Моноліт викопують пошарово через кожні 20 см або з відповідних генетичних горизонтів в окрему тару (мішки або ящики), вкладають туди етикетку і транспортують до місця відмивання коріння.

Коли коріння обліковують лише до 40-сантиметрової глибини, де у більшості рослин зосереджено понад 90% кореневої маси, доцільно застосовувати рамковий спосіб розкопки за Станковим. При цьому для культур звичайного рядкового способу сівби використовують рамку з внутрішнім розміром 30 x 33,3 см, а для просапних з міжряддями 45 і 70 см – відповідно 45×22,2 і 70×71,4 см. У перших двох випадках площа пробної площадки становитиме 0,1 м², а в третьому – 0,5 м².

Рамку відповідного розміру накладають на зачищену від рослинних решток поверхню ділянки, закріплюють металевими шпильками або довгими гвіздками і гострим ножом обрізують ґрунт у межах внутрішніх боків рамки на глибину 10 см. Потім ґрунт у межах обрізаного контуру розрізують на окремі шматки, які совком або прямокутною кельмою переносять у мішок з етикеткою, на якій зазначають варіант, повторність, глибину відбору і номер проби. В такій же послідовності виймають ґрунт і з шарів 10–20, 20–30 і 30–40 см. Глибину відбору контролюють лінійкою, а площу – за допомогою другої рамки, зовнішні боки якої на 1–2 мм менші за внутрішні першої. У міру розкопування другу рамку опускають в ямку, і по ній можна контролювати його правильність.

Щоб мати точні результати, на ділянці з рівномірним травостоем ґрунт з корінням відбирають у три-чотирикратній, а при нерівномірному – не менш як у шестикратній повторності.

Інколи ґрунтові проби для обліку кореневої системи на посівах культур звичайного рядкового способу сівби відбирають бурами з малим (5–8 см) і великим (15–25 см) діаметрами. Однак навіть при десяти- і двадцятикратній повторності при цьому не досягається висока точність. Крім того, велика повторність надзвичайно утруднює

облік кореневої системи цим способом. А для обліку кореневої системи на посівах просапних культур з широкими міжряддями зовсім не можна використовувати для відбору зразків бури з різними діаметрами.

Відмивають коріння від ґрунту під струменем води на подвійних ситах, накладених одне на друге. Обидва сита мають мати бічні стінки висотою 15–20 см, діаметр отворів верхнього сита — 1–2 мм, а нижнього – 0,25 мм. Пробу ґрунту висипають на верхнє сито і промивають водою, яка разом з дрібними частинками ґрунту та різними домішками, у тому числі і тонкими корінцями, стікає на нижнє сито. Після промивання всієї ґрунтової проби через верхнє сито рослинні рештки з нього збирають у стакан або чашку. На нижньому ситі затримується дрібніша органічна маса у вигляді живих і напівзгнилих корінців та решток минулорічної стерні. Рештки змивають у циліндр з водою, на дні якого збираються перегнилі гуміфіковані кореневі рештки, дещо вище – живе коріння, а мертві рослинні рештки спливають на поверхню. Все живе коріння розбирають пінцетом на дві фракції з діаметром до 1 мм і більше. Зважують коріння після просушування до повітряно і абсолютно сухого стану.

Під час обліку крім маси можна визначити об'єм, площу поверхні та довжину коріння.

Об'єм коріння визначають занурюванням його у вузький мірний циліндр з водою. Різниця між об'ємом води до і після занурення коріння становитиме об'єм кореневої маси в пробі (см³).

Площу поверхні коріння визначають за формулою

$$P = \frac{4 \cdot O_6}{d},$$

де P – площа поверхні, см²; O_6 – об'єм коріння, см³, d – середній діаметр корінців, см.

Сумарну довжину коріння розраховують за формулою

$$D = \frac{P}{3,14 \cdot d},$$

де D – сумарна довжина коріння, см; P – площа поверхні коріння, см², d – середній діаметр корінців, см.

Для перерахунку всіх показників обліку коріння на гектарну площу їх множать на перевідний коефіцієнт, який знаходять діленням гектарної площі на площу відбору ґрунтової проби в одних одиницях вимірювання.

11. ОБЛІК НАДЗЕМНИХ І КОРЕНЕВИХ РОСЛИННИХ РЕШТОК

Оскільки рослинні рештки є основним джерелом органічної речовини ґрунту, велике значення має визначення кількості рослинних решток, які залишаються в ґрунті після вирощування різних сільськогосподарських культур. Однак вести облік післязбиральних надземних і кореневих решток одночасно недоцільно, бо на час збирання основних зернових і бульбо- та коренеплідних культур значна частина дрібних корінців перегниває і при обліку коріння в цей період дослідник завжди буде мати занижені дані. Щоб запобігти цьому, рослинні рештки більшості вирощуваних культур (за винятком тих, які збирають на зелену масу) визначають у різні періоди: надземні – після збирання врожаю, а кореневі – у фазі колосіння – цвітіння зернових та в період інтенсивного наростання врожаю бульбо-і коренеплідних культур, коли у їх рослин найбільш розвинена коренева система.

Для визначення кількості післязбиральних надземних решток використовують рамку розміром 1 x 1 м, яку накладають на кожному варіанті в дев'яти аналітичних повторностях (по три на ділянці і в трьох повтореннях досліду). Всі рослинні рештки у межах кожної рамки збирають в окремий паперовий або з іншого матеріалу пакет, на якому зазначають дату і площу відбору, варіант, номер проби і повторність. У лабораторії вміст пакету зважують і ставлять у сушильну шафу, де він висушується до абсолютно сухого стану. Після цього його знову зважують, оскільки в балансових розрахунках масу рослинних решток визначають здебільшого через абсолютно суху речовину. Масу кореневих решток визначають переважно методом розкопування ґрунтових проб за Станковим з наступним їх розмиванням за вищеописаною методикою. Після відбору кореневі рештки зважують у повітряно сухому стані на технічних вагах з точністю до сотих грама, потім після висушування – у абсолютно сухому стані і одержаний показник перераховують за формулою

$$K = \frac{\kappa}{P \cdot 10},$$

де K – кількість кореневих решток, ц/га; κ – маса коріння в пробі, г; P – площа використаної рамки, м².

12. ОБЛІК УРОЖАЮ

Облік урожаю – одна з основних робіт дослідника, від якості якої залежить ефективність комплексу виконаних досліджень.

За 1–2 дні до збирання треба ретельно оглянути весь дослід, відновити межі всіх ділянок, забрати з площі етикетки і сторонні речі. Найбільш ретельно слід оглянути облікові ділянки, виділивши на облікових площах виключки. Ними можуть бути площі, що виключаються з обліку через випадкові механічні пошкодження або помилки, допущені дослідником у процесі виконання польових робіт. Причиною вибракування цілих ділянок може бути пошкодження врожаю під час стихійного лиха (градобій, зливи, ураганний вітер тощо), потрапили чи крадіжки, зрідження просапних культур під час міжрядного обробітку, помилка дослідника під час закладання чи проведення досліду. Повністю вибраковують ділянку і тоді, коли виключки займають 50% її площі, тому що зменшувати площу облікових ділянок можна не більш як на 30–40%. Не можна вибракувати ділянки внаслідок суто суб'єктивного враження дослідника. У разі необхідності застосовують статистичні методи бракування.

Перед збиранням урожаю з облікових ділянок треба зібрати врожай на виключках та захисних смугах, щоб не змішувати цю продукцію з обліковою.

Урожай на всіх дослідних ділянках в досліді чи в межах повторення, як уже зазначалося, треба збирати в один день і одним збиральним агрегатом. Спосіб збирання врожаю на досліді також повинен бути одним із загальноприйнятих у дослідницькій практиці за винятком дослідів, де питання строків і способів збирання передбачені програмою досліджень.

Облік урожаю здебільшого проводять суцільним способом з усієї облікової площі.

Облік урожаю зернових колосових культур звичайного рядкового способу сівби. Збирають їх переважно прямим комбайнуванням, використовуючи для цього малогабаритні або звичайні комбайни, переобладнані для ділянкового збирання. При цьому малогабаритні комбайни гарантують достовірні результати навіть при збиранні врожаю на невеликих ділянках (25–50 м²), в той час як звичайні комбайни можна використовувати тільки на більших ділянках. Це пояснюється тим, що серійні вітчизняні комбайни допускають значно більше втрат, ніж малогабаритні.

При плануванні площі облікової ділянки для комбайнового збирання врожаю слід ураховувати, що чим вища врожайність культу-

ри, тим меншою може бути облікова площа ділянки і навпаки.

При використанні комбайна важливо витримувати однаковий і оптимальний режим його роботи на всьому досліді. Швидкість руху агрегату на кожній ділянці повинна бути рівномірною і не можна зупиняти комбайн посеред ділянки. Після збирання кожної ділянки комбайн зупиняють на 3–4 хв не виключаючи молотильного апарата, щоб усе вимолочене з ділянки зерно витрусилось у приймальну камеру.

Зерно затарюють у мішок, куди вкладають етикетку із зазначенням номера ділянки, назви варіанта і номера повторення. Після обмолочування кількох ділянок мішки з зерном зважують безпосередньо в полі або після транспортування їх на тік чи в якесь приміщення. Зваживши зерно, з кожного мішка відбирають середню (з верхньої, середньої і нижньої частин об'єму) пробу масою 1–2 кг для визначення вологості, засміченості та якісних показників. Перші два показники використовують для перерахунку бункерної маси зерна в кілограмах з ділянки на врожайність у центнерах з 1 га. Весь перерахунок або первинну обробку врожайних даних зернових культур звичайного рядкового способу сівби виконують у такій послідовності.

1. Бункерну масу врожаю з ділянки перераховують на гектарну площу, користуючись при цьому коефіцієнтом на площу (K_n), який знаходять за формулою

$$K_n = \frac{10000 \text{ м}^2}{P},$$

де $10\ 000 \text{ м}^2$ – площа 1 га, м^2 , P – площа облікової ділянки, м^2 .

Перемноживши масу врожаю з ділянки, визначену в кілограмах, на перевідний коефіцієнт на площу і поділивши результат на 100 для переводу кілограмів у центнери, одержують бункерну урожайність у ц/га.

2. Бункерну врожайність перераховують на 100% чистоту зерна множенням її на процент чистого зерна і діленням на 100. Процент чистоти визначають на основі розбору проби зерна масою 500 г у двократній повторності.

3. Урожайність зерна 100-процентної чистоти перераховують на стандартну 14% вологість, користуючись такою формулою

$$Y = \frac{A \cdot (100 - B)}{100 - 14},$$

де Y – врожайність чистого зерна при стандартній вологості, ц/га; A – врожайність чистого зерна при польовій вологості, ц/га; B – во-

логість зерна на час збирання, %; 14%– стандартна вологість для зернових культур. У цій формулі відношення $(100 - B)$: $(100 - 14)$ є перевідним коефіцієнтом на 14% вологість зерна.

Вологість зерна як і іншої рослинної продукції доцільно визначати термостатно-ваговим способом з використанням формули

$$B = \frac{e \cdot 100}{C},$$

де B – вологість зерна, %, e – маса випаруваної води з бюкса з зерном, г; C – маса наважки зерна в бюксі до висушування, г.

Розрахунки чистоти і вологості зерна ведуть в окремому робочому зошиті, а всі інші записи щодо обліку врожаю і доведення його до стандартних показників записують за формою, наведеною нижче.

Показник	Повторність			
	перша	друга	третя	четверта
Номер ділянки				
Бункерна маса зерна з ділянки, кг				
Площа ділянки, м ²				
Перевідний коефіцієнт на площу 1 га				
Бункерна урожайність, кг/га				
Бункерна урожайність, ц/га				
Чистота зерна, %				
Урожайність чистого зерна при польовій вологості, ц/га				
Вологість зерна на час збирання, %				
Перевідний коефіцієнт на стандартну вологість				
Урожайність чистого зерна при стандартній вологості, ц/га				

Щоб скоріше розрахувати перевідні коефіцієнти на стандартну вологість зернової продукції, дослідник може використати дані табл. 15, в якій зліва по вертикалі зазначені цілі, а по горизонталі – десяті частки процента, а перевідний коефіцієнт – на перетині цих показників. Наприклад, при вологості зерна на час збирання 13,0% перевідний коефіцієнт становитиме 1,012, а при вологості 19,1% – 0,941.

15. Перевідні коефіцієнти для перерахунку врожайності зерна (насіння) з різною вологістю на час збирання на врожай із стандартною 14% вологістю для пшениці, жита, ячменю, вівса, тритикале, кукурудзи, гречки, проса, рису, гороху, квасолі, сочевиці, чини, нуту, сорго, сої, еспарцету

Цілі проценти вологості	Десяті частки процента вологості									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1,047	1,045	1,044	1,043	1,042	1,041	1,040	1,038	1,037	1,036
11	1,035	1,034	1,033	1,031	1,030	1,029	1,028	1,027	1,026	1,024
12	1,023	1,022	1,021	1,020	1,019	1,017	1,016	1,015	1,014	1,013
13	1,012	1,010	1,009	1,008	1,007	1,006	1,005	1,003	1,002	1,001
14	1,000	0,999	0,998	0,997	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,990
15	0,988	0,987	0,986	0,985	0,984	0,983	0,981	0,980	0,979	0,978
16	0,977	0,976	0,974	0,973	0,972	0,971	0,970	0,969	0,967	0,966
17	0,965	0,964	0,963	0,962	0,960	0,959	0,958	0,957	0,956	0,955
18	0,953	0,952	0,951	0,950	0,949	0,948	0,947	0,945	0,944	0,943
19	0,942	0,941	0,940	0,938	0,937	0,936	0,935	0,934	0,933	0,931
20	0,930	0,929	0,928	0,927	0,926	0,924	0,923	0,922	0,921	0,920
21	0,919	0,917	0,916	0,915	0,914	0,913	0,912	0,910	0,909	0,908
22	0,907	0,906	0,905	0,903	0,902	0,901	0,900	0,890	0,898	0,896
23	0,895	0,894	0,893	0,892	0,891	0,890	0,888	0,887	0,886	0,885
24	0,884	0,882	0,881	0,880	0,879	0,878	0,877	0,876	0,874	0,873
25	0,872	0,871	0,870	0,869	0,967	0,866	0,965	0,864	0,863	0,862
26	0,860	0,859	0,858	0,857	0,856	0,855	0,853	0,852	0,851	0,850
27	0,849	0,848	0,847	0,845	0,844	0,843	0,842	0,841	0,840	0,838
28	0,837	0,836	0,835	0,833	0,832	0,831	0,830	0,829	0,828	0,827
29	0,826	0,824	0,823	0,822	0,821	0,820	0,819	0,817	0,816	0,815
30	0,814	0,813	0,812	0,810	0,809	0,808	0,807	0,806	0,805	0,803
31	0,802	0,801	0,800	0,799	0,798	0,797	0,795	0,794	0,793	0,792
32	0,791	0,790	0,788	0,787	0,786	0,785	0,784	0,783	0,781	0,780
33	0,779	0,778	0,777	0,776	0,774	0,773	0,772	0,771	0,770	0,769
34	0,767	0,766	0,765	0,764	0,763	0,762	0,760	0759	0,758	0,757
35	0,756	0,755	0,753	0,752	0,751	0,750	0,749	0,748	0,747	0,745
36	0,744	0,743	0,742	0,741	0,740	0,738	0,737	0,736	0,735	0,734
37	0,733	0,731	0,730	0,729	0,728	0,727	0,726	0,724	0,723	0,722
38	0,721	0,720	0,719	0,717	0,716	0,715	0,714	0,713	0,712	0,710
39	0,709	0,708	0,707	0,706	0,705	0,703	0,702	0,701	0,700	0,699
40	0,698	0,697	0,695	0,694	0,693	0,692	0,691	0,690	0,688	0,687

Облік урожайності побічної продукції зернових колосових культур. Як правило, її визначають за відношенням маси соломи до зерна.

Для розрахунку цього відношення з кожної ділянки відбирають пробні снопи з площі 1 м², зважують їх, після обмолочування (вручну чи за допомогою спеціальних молотарок) зважують зерно, а масу соломи визначають за різницею між масою пробного снопа і масою зерна. Поділивши масу соломи на масу зерна, одержують перевідний коефіцієнт, на який множать урожайність зерна з ділянки, щоб мати урожайність соломи при польовій вологості. Щоб визначити урожайність соломи при стандартній 16% вологості, урожайність при польовій вологості треба перемножити на перевідний коефіцієнт на вологість, визначену арифметичним шляхом за допомогою відношення (100 – В): (100 – 16), де В – вологість соломи на час збирання в процентах. Коефіцієнти для перерахунку врожайності соломи з різною вологістю на стандартні показники можна взяти також з табл. 16.

Урожай багатьох культур звичайної рядкової сівби збирають також роздільним способом: спочатку масу скошують у валки, а потім обмолочують її комбайнами з підбирачами.

Якщо через погодні умови провести облік урожаю зернових та інших культур звичайного рядкового способу сівби з усієї облікової площі не можна, використовують метод пробних снопів. Суть його така.

На кожній ділянці відбирають мінімум два снопи середньою масою по 4–5 кг. Сніп формують із проб, відібраних у 40–80 місцях облікової площі через певні інтервали залежно від форми і розміру ділянки. Цю роботу на всьому досліді проводить один досвідчений робітник. Безпосередньо на дослідному масиві снопи зв'язують, зважують і навішують на них етикетки. Після цього скошують і зважують решту врожаю з облікової площі, а снопи для сушіння перевозять у приміщення чи під навіси і зберігають підвішеними. Після висихання до постійної маси (повітряно сухого стану) снопи зважують і обмолочують. Зваживши зерно, за різницею розраховують масу соломи. При цьому відбирають проби зерна і соломи на вологість, щоб далі мати можливість перерахувати врожайність сухої маси основної і побічної продукції до стандартних показників. Урожай зерна і соломи з ділянки визначають за формулою

$$y = \frac{B \cdot D}{C},$$

16. Перевідні коефіцієнти для перерахунку врожайності побічної продукції зернових культур, сіна трав і насіння вики, кормового гороху, бобів, буркуну, серадели, люпину на врожай із стандартною 16% вологістю

Цілі проценти вологості	Десяті частки процента вологості									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1,071	1,070	1,069	1,068	1,067	1,065	1,064	1,063	1,062	1,061
11	1,060	1,058	1,057	1,056	1,055	1,054	1,052	1,051	1,050	1,049
12	1,048	1,046	1,045	1,044	1,043	1,042	1,040	1,039	1,038	1,037
13	1,036	1,035	1,033	1,032	1,031	1,030	1,029	1,027	1,026	1,025
14	1,024	1,023	1,021	1,020	1,019	1,018	1,017	1,015	1,014	1,013
15	1,012	1,011	1,010	1,008	1,007	1,006	1,005	1,004	1,002	1,001
16	1,000	0,999	0,998	0,996	0,995	0,994	0,993	0,992	0,990	0,989
17	0,988	0,987	0,986	0,985	0,983	0,982	0,981	0,980	0,979	0,977
18	0,976	0,975	0,974	0,973	0,971	0,970	0,969	0,968	0,967	0,965
19	0,964	0,963	0,962	0,961	0,960	0,958	0,957	0,956	0,955	0,954
20	0,952	0,951	0,950	0,949	0,948	0,946	0,945	0,944	0,943	0,942
21	0,940	0,939	0,938	0,937	0,936	0,935	0,933	0,932	0,931	0,930
22	0,929	0,927	0,926	0,925	0,924	0,923	0,921	0,920	0,919	0,918
23	0,917	0,915	0,914	0,913	0,912	0,911	0,910	0,908	0,907	0,906
24	0,905	0,904	0,902	0,901	0,900	0,899	0,898	0,896	0,895	0,894
25	0,893	0,892	0,890	0,889	0,888	0,887	0,886	0,885	0,883	0,882
26	0,881	0,880	0,879	0,877	0,876	0,875	0,874	0,873	0,871	0,870
27	0,869	0,868	0,867	0,865	0,864	0,863	0,862	0,861	0,860	0,858
28	0,857	0,856	0,855	0,854	0,852	0,851	0,850	0,849	0,848	0,846
29	0,845	0,844	0,843	0,842	0,840	0,839	0,838	0,837	0,836	0,835
30	0,833	0,832	0,831	0,830	0,829	0,827	0,826	0,825	0,824	0,823
31	0,821	0,820	0,819	0,818	0,817	0,815	0,814	0,813	0,812	0,811
32	0,810	0,808	0,807	0,806	0,805	0,804	0,802	0,801	0,800	0,799
33	0,798	0,796	0,795	0,794	0,793	0,792	0,790	0,789	0,788	0,787
34	0,786	0,785	0,783	0,782	0,781	0,780	0,779	0,777	0,776	0,775
35	0,774	0,773	0,771	0,770	0,769	0,768	0,767	0,765	0,764	0,763

де $У$ – урожай повітряно сухого зерна (соломи), кг; $В$ – маса зерна (соломи) в снопі після сушіння, кг; $Д$ – маса всієї скошеної продукції з ділянки, включаючи масу снопів на час їх відбору, кг; $С$ – маса пробного снопа під час відбору, кг.

Після цього за допомогою перевідних коефіцієнтів на площу і вологість перераховують одержані дані до стандартних показників урожайності основної і побічної продукції.

Використовуючи для обліку врожаю метод пробних снопів, двократною повторністю відбору снопів на ділянці можна обмежитись лише на добре вирівняному за родючістю масиві та в дослідях, де очікується значна різниця між урожайністю зернової культури по варіантах. Якщо передбачаються невеликі відхилення між варіантами, підвищити точність обліку врожаю можна за рахунок відбирання 5–8 снопів з кожної ділянки. Однак це значно ускладнює метод обліку, тому використовувати його за бездошової погоди недоцільно.

Коли зазначеними вище методами провести облік неможливо (немає збиральної техніки, а облікові ділянки великі), допускається облік врожаю за пробними площадками. При цьому на кожній ділянці відбирають не менше 40–60 проб – площадок площею 1 м². Урожай з пробних площадок ураховують сумарно з кожної ділянки з перерахунком за формулою

$$У = \frac{в \cdot 100}{n},$$

де $У$ – врожайність, ц/га; $в$ – сумарна маса врожаю відповідної продукції, кг; n – сумарна площа пробних площадок на ділянці, м²; 100 – число від ділення 10000 (площа 1 га у м²) на 100 (для переведення кілограмів у центнери).

Облік врожаю кукурудзи на зерно. На відміну від зернових колосових культур врожай кукурудзи збирають вручну, виламуючи і зважуючи качани з усієї облікової площі. Перерахунок маси качанів з ділянки на врожай зерна при стандартній вологості в ц/га роблять у такій послідовності:

1) масу качанів з ділянки на 1 га перераховують за допомогою того самого перевідного коефіцієнта на площу, що й культур звичайного рядкового способу сівби,

2) коефіцієнт виходу зерна з качанів визначають за відношенням, у якому чисельником буде маса зерна із 20 облущених типових качанів, відібраних при збиранні, а знаменником – маса качанів пе-

ред облушенням зерна. Перемноживши врожайність качанів у ц/га на коефіцієнт виходу зерна, одержимо врожайність зерна при вологості, яка була на час облущування качанів. Після визначення вологості зерна на період збирання врожайність зерна при вологості 14% розраховують за методикою, описаної вище для зернових колосових культур або за допомогою перевідних коефіцієнтів, наведених у табл. 15.

Облік урожайності соняшнику. Залежно від площі облікової ділянки врожай збирають механізованим способом або вручну. Зернозбиральні комбайни із спеціальними приставками використовують на відносно більших ділянках після повного підсихання кошиків. Якщо облікова площа становить 100 м² і менше, врожай збирають вручну за два етапи: при побурінні кошики зрізують і настромлюють на стебла насінням донизу (щоб запобігти потравам птахами). Після повного підсихання кошики обмолочують, насіння зважують, відбирають з нього проби на чистоту, вологість та для визначення якісних показників.

Чистоту насіння в пробі визначають за такою самою методикою, як і зернових культур звичайної рядкової сівби. Після перерахунку врожаю на гектарну площу і чистоту та визначення вологості розраховують урожайність на стандартну вологість 12%. Для цього перевідний коефіцієнт на стандартну вологість визначають за відношенням $(100 - B) : (100 - 12)$, де B – вологість насіння (%) на час обмолоту. Перевідний коефіцієнт визначають також за табл. 17.

Облік урожайності коренеплодів буряків цукрових і кормових. Збирають урожай напівмеханізованим (механізоване підкопування) способом із зважуванням продукції з усієї облікової площі. Перед зважуванням коренеплоди треба добре очистити від землі, попередньо підсушивши і обтрусивши їх. Якщо врожай збирають у дощову погоду і на коренеплоди налипає багато землі, із зваженої маси врожаю відбирають з ділянки спеціальні проби масою по 20–30 кг. Після зважування проби мють, підсушують і знову зважують. Поділивши масу проби після миття на масу її до миття, мають коефіцієнт, який використовують як поправку до врожаю на домішку ґрунту і на який множать урожайність (ц/га) забрудненої продукції.

При збиранні коренеплодів обліковують і побічну продукцію, перераховуючи врожай гички з облікової ділянки на площу 1 га.

**17. Перевідні коефіцієнти для перерахунку урожайності
насіння соняшнику, льону і конопель на врожайність
із стандартною вологістю 12%**

Цілі проценти вологості	Десяті частки процента вологості									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	1,057	1,056	1,054	1,053	1,052	1,051	1,050	1,049	1,048	1,046
8	1,045	1,044	1,043	1,042	1,041	1,040	1,039	1,037	1,036	1,035
9	1,034	1,033	1,032	1,031	1,029	1,028	1,027	1,026	1,025	1,024
10	1,023	1,022	1,020	1,019	1,018	1,017	1,016	1,015	1,014	1,012
11	1,011	1,010	1,009	1,008	1,007	1,006	1,004	1,003	1,002	1,001
12	1,000	0,999	0,998	0,997	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,990
13	0,989	0,987	0,986	0,985	0,984	0,983	0,982	0,981	0,979	0,978
14	0,977	0,976	0,975	0,974	0,973	0,972	0,970	0,969	0,968	0,967
15	0,966	0,965	0,964	0,962	0,961	0,960	0,959	0,958	0,957	0,956
16	0,955	0,953	0,952	0,951	0,950	0,949	0,948	0,947	0,945	0,944
17	0,943	0,942	0,941	0,940	0,939	0,937	0,936	0,935	0,934	0,933
18	0,932	0,931	0,929	0,928	0,927	0,926	0,925	0,924	0,923	0,922
19	0,920	0,919	0,918	0,917	0,916	0,915	0,914	0,912	0,911	0,910
20	0,909	0,908	0,907	0,906	0,904	0,903	0,902	0,901	0,900	0,899
21	0,898	0,897	0,895	0,894	0,893	0,892	0,891	0,890	0,889	0,887
22	0,886	0,885	0,884	0,883	0,882	0,881	0,879	0,878	0,877	0,876
23	0,875	0,874	0,873	0,872	0,870	0,869	0,868	0,867	0,866	0,865
24	0,864	0,862	0,861	0,860	0,859	0,859	0,857	0,856	0,854	0,853
25	0,852	0,851	0,850	0,849	0,848	0,847	0,845	0,844	0,843	0,842

Урожайність сіна однорічних і багаторічних трав можна обліковувати двома способами: суцільним і пробними снопами.

При визначенні врожайності суцільним способом висушену масу врожаю зважують з усієї облікової площі, а методом пробних снопів – із скошених покосів зеленої маси відбирають пробний сніп масою не менше 4–5 кг, потім зважують всю свіжоскошену масу трави з облікової площі, у тому числі і пробний сніп. Пробні снопи висушують на спеціальних стелажах у добре провітрюваному приміщенні або на горищах до повітряно сухого стану, після чого

сніп знову зважують. Якщо, наприклад, маса свіжоскошеної трави з облікової ділянки площею 100 м² становить 200 кг, маса пробного снопа до сушіння – 5 кг, а після сушіння – 2 кг, то вихід сіна у повітряно сухому стані становитиме $x = (2 \cdot 200) : 5 = 80$ кг. Перемноживши цей показник на перевідний коефіцієнт на площу і на перевідний коефіцієнт на стандартну 16% вологість (для цього треба визначити вологість сіна на час зважування снопа після сушки), мають урожайність сіна в стандартних показниках.

Урожайність зеленої маси чи сіна на пасовищах обліковують перед кожним випасанням худоби за допомогою таких способів:

1) зважують скошену масу на варіанті з трьох облікових площадок (по 2 м²), які перед кожним спасуванням виділяють на ділянці в нових місцях;

2) зважують скошену масу з половини облікової ділянки, а на другій половині так само обліковують скошену масу перед наступним випасанням;

3) всю облікову площу варіанта ділять на рівновеликі ділянки, кратні кількості випасань, і перед кожним випасанням для обліку врожаю вибирають нову ділянку.

Облік урожайності насіння бобових і злакових трав. Урожайність визначають після обмолоту перевезених з облікової площі валків комбайнами для ділянкового збирання на стаціонарних площадках, застелених брезентом (щоб не було втрат насіння під час руху збирального агрегату). Після перерахунку одержаного врожаю на гектарну площу і 100% чистоту врожайність насіння багаторічних бобових трав перераховують на стандартну 13% вологість, а насіння багато- і однорічних злакових трав – на 15% за допомогою перевідних коефіцієнтів (табл. 18 і 19 відповідно).

Облік урожаю прядивних культур (льону-довгунця і конопель) можна проводити як суцільним зважуванням з усієї облікової площі, так і пробними снопами. В обох випадках визначають урожайність насіння і соломи. Для цього після висушування масу обмолочують, зважують окремо насіння і солому, а одержані дані використовують для перерахунку на гектарну площу. Під час зважування одержаної продукції одночасно відбирають проби соломи і насіння на вологість. Урожайність соломи перераховують на 16%, а насіння – на 12% вологість.

18. Перевідні коефіцієнти для перерахунку врожайності
насіння багаторічних бобових трав на врожайність
із стандартною вологістю 13%

Цілі про- центи во- логості	Десяті частки процента вологості									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	1,092	1,091	1,090	1,089	1,087	1,086	1,085	1,084	1,083	1,082
6	1,080	1,079	1,078	1,077	1,076	1,075	1,074	1,072	1,071	1,070
7	1,069	1,068	1,067	1,066	1,064	1,063	1,062	1,061	1,060	1,059
8	1,057	1,056	1,055	1,054	1,053	1,052	1,051	1,049	1,048	1,047
9	1,046	1,045	1,044	1,043	1,041	1,040	1,039	1,038	1,037	1,036
10	1,034	1,033	1,032	1,031	1,030	1,029	1,028	1,026	1,025	1,024
11	1,023	1,022	1,021	1,020	1,018	1,017	1,016	1,015	1,014	1,013
12	1,011	1,010	1,009	1,008	1,007	1,006	1,005	1,003	1,002	1,001
13	1,000	0,999	0,998	0,997	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,990
14	0,989	0,987	0,986	0,985	0,984	0,983	0,982	0,980	0,979	0,978
15	0,977	0,976	0,975	0,974	0,972	0,971	0,970	0,969	0,968	0,967
16	0,966	0,964	0,963	0,962	0,961	0,960	0,959	0,957	0,956	0,955
17	0,954	0,953	0,952	0,951	0,949	0,948	0,947	0,946	0,945	0,944
18	0,943	0,941	0,940	0,939	0,938	0,937	0,936	0,934	0,933	0,932
19	0,931	0,930	0,929	0,928	0,926	0,925	0,924	0,923	0,922	0,921
20	0,920	0,918	0,917	0,916	0,915	0,914	0,913	0,911	0,910	0,909
21	0,908	0,907	0,906	0,905	0,903	0,902	0,901	0,900	0,899	0,898
22	0,897	0,895	0,894	0,893	0,892	0,891	0,890	0,889	0,887	0,886
23	0,885	0,884	0,883	0,882	0,880	0,879	0,878	0,877	0,876	0,875
24	0,874	0,872	0,871	0,870	0,869	0,868	0,867	0,866	0,864	0,863
25	0,862	0,861	0,860	0,859	0,857	0,856	0,855	0,854	0,853	0,852
26	0,851	0,849	0,848	0,847	0,846	0,845	0,844	0,843	0,841	0,840
27	0,839	0,838	0,837	0,836	0,834	0,833	0,832	0,831	0,830	0,829
28	0,828	0,826	0,825	0,824	0,823	0,822	0,821	0,820	0,818	0,817
29	0,816	0,815	0,814	0,813	0,811	0,810	0,809	0,808	0,807	0,806
30	0,805	0,803	0,802	0,801	0,800	0,799	0,798	0,797	0,795	0,794
31	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789	0,787	0,786	0,785	0,784	0,783
32	0,782	0,780	0,779	0,778	0,777	0,776	0,775	0,774	0,772	0,771
33	0,770	0,769	0,768	0,767	0,766	0,764	0,763	0,762	0,761	0,760
34	0,759	0,757	0,756	0,755	0,754	0,753	0,752	0,751	0,749	0,748
35	0,747	0,746	0,745	0,744	0,743	0,741	0,740	0,739	0,738	0,737

19. Перевідні коефіцієнти для перерахунку врожайності
насіння багаторічних і однорічних злакових трав на врожайність
із стандартною вологістю 15%

Цілі про- центи воло- гості	Десяті частки процента вологості									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	1,118	1,116	1,115	1,114	1,113	1,112	1,111	1,109	1,108	1,107
6	1,106	1,105	1,104	1,102	1,101	1,100	1,099	1,098	1,096	1,095
7	1,094	1,093	1,092	1,091	1,089	1,088	1,087	1,086	1,085	1,084
8	1,082	1,081	1,080	1,079	1,078	1,076	1,075	1,074	1,073	1,072
9	1,071	1,069	1,068	1,067	1,066	1,065	1,064	1,062	1,061	1,060
10	1,059	1,058	1,056	1,055	1,054	1,053	1,052	1,051	1,049	1,048
11	1,047	1,046	1,045	1,044	1,042	1,041	1,040	1,39	1,038	1,036
12	1,035	1,034	1,033	1,032	1,031	1,029	1,028	1,027	1,026	1,025
13	1,024	1,022	1,021	1,020	1,019	1,018	1,016	1,015	1,014	1,013
14	1,012	1,011	1,009	1,008	1,007	1,006	1,005	1,004	1,002	1,001
15	1,000	0,999	0,998	0,996	0,995	0,994	0,993	0,992	0,991	0,989
16	0,988	0,987	0,986	0,985	0,984	0,982	0,981	0,980	0,979	0,978
17	0,976	0,975	0,974	0,973	0,972	0,971	0,969	0,968	0,967	0,966
18	0,965	0,964	0,962	0,961	0,960	0,959	0,958	0,956	0,955	0,954
19	0,953	0,952	0,951	0,949	0,948	0,947	0,946	0,945	0,944	0,942
20	0,941	0,940	0,939	0,938	0,936	0,935	0,934	0,933	0,932	0,931
21	0,929	0,928	0,927	0,926	0,925	0,924	0,923	0,921	0,920	0,919
22	0,918	0,916	0,915	0,914	0,913	0,912	0,911	0,909	0,908	0,907
23	0,906	0,905	0,904	0,902	0,901	0,900	0,899	0,898	0,896	0,895
24	0,894	0,893	0,892	0,891	0,889	0,888	0,887	0,886	0,885	0,884
25	0,882	0,881	0,880	0,879	0,878	0,876	0,875	0,874	0,873	0,872
26	0,871	0,869	0,868	0,867	0,866	0,865	0,864	0,862	0,861	0,860
27	0,859	0,858	0,856	0,855	0,854	0,853	0,852	0,851	0,849	0,848
28	0,847	0,846	0,845	0,844	0,842	0,841	0,840	0,839	0,838	0,837
29	0,835	0,834	0,833	0,832	0,831	0,829	0,828	0,827	0,826	0,825
30	0,924	0,822	0,821	0,820	0,819	0,818	0,816	0,815	0,814	0,813
31	0,812	0,811	0,809	0,808	0,807	0,806	0,805	0,804	0,802	0,801
32	0,800	0,799	0,798	0,797	0,795	0,794	0,793	0,792	0,791	0,789
33	0,788	0,787	0,786	0,785	0,784	0,782	0,781	0,780	0,779	0,778
34	0,776	0,775	0,774	0,773	0,772	0,771	0,769	0,768	0,767	0,766
35	0,765	0,764	0,762	0,761	0,760	0,759	0,758	0,756	0,755	0,754

Для визначення виходу волокна маса проби після обмолоту повинна бути в межах 18–20 кг. Після зважування пробу зв'язують у кілька снопів, які розкладають на спеціальних стелищах. Після вилежування снопи знову зважують і за масою трести у пробі і перевідним коефіцієнтом на площу розраховують урожайність трести в центнерах з 1 га. Вихід волокна визначають після переробки проби трести на волокно.

Овочеві культури в дослідях збираються переважно вручну із перерахунком зібраного врожаю на гектарну площу за вище згаданими перевідними коефіцієнтами, а особливістю збирання та обліку врожаю цих культур є те, що одні з них збираються одноразово, а інші – багаторазово. Наприклад, при одночасному досягненні врожаю на всій дослідній ділянці (буряки столові, картопля одного сорту, капуста білокачанна тощо) облік врожаю буде одноразовим. Вирощена вся продукція на ділянці поділяється лише на окремі сорти згідно прийнятих для даної культури стандартів. Так, при збиранні капусти окремо обліковуються головки, придатні для реалізації, переробки чи тривалого зберігання. Нестандартними вважаються головки із зеленими листками.

Коли ж урожай формується неодноразово (як то томатів), то й збирання та облік врожаю проводиться поетапно із сортуванням продукції на кожну дату збирання. Наприклад, якщо в досліді використовуються звичайні сорти чи гібриди огірка із подовженим періодом плодоношення (40–60 днів), то доводиться використовувати до 12–15 зборів плодів цієї культури. Стількоразовим буде і облік врожаю з виведенням його на кожну дату і в цілому. Перше зумовлене тим, що ціна реалізації продукції перших зборів завжди буде вища, ніж наступних.

13. АНАЛІЗ РОСЛИННИХ ЗРАЗКІВ

Відбір рослинних зразків для аналізів. Рослинні зразки відбирають для визначення вологості, хімічного складу та оцінки якості продукції за основними технологічними показниками. Відбирати зразки треба ретельно з таким розрахунком, щоб вони були характерними для всього досліджуваного об'єкта. Залежно від мети

аналізів рослинні проби відбирають у процесі вегетації, під час збирання врожаю чи після певного періоду зберігання продукції.

Зразки зерна з мішкотари беруть за допомогою конусного щупа з верхньої, середньої і нижньої частин мішка в такій повторності, щоб маса зерна в пробі була такою: пшениці м'якої і твердої – відповідно 2,5 і 3,5 кг; ячменю, вівса, гречки, проса, рису, гороху – 1 кг; інших зернобобових – 0,5 кг. Маса зразка продукції олійних культур має становити: соняшнику – 0,7 кг; ріцини, сої – 0,5 кг; льону, маку, гірчиці, ріпаку, рижю, суріпиці – 0,25 кг.

Якщо на аналіз відбирають продукцію з великої партії (буртів чи засіків), то, щоб за вихідним зразком можна було характеризувати всю партію зерна чи насіння, повторність відбору конусним щупом збільшують. Через це маса такої вихідної проби буде у кілька разів більшою за зазначену вище масу зразка, необхідного для аналізу. Щоб довести її до оптимальної, весь вихідний зразок рівномірно тонким шаром висипають на стіл чи іншу рівну поверхню у вигляді квадрата і ділять планкою по діагоналях на чотири трикутники. Потім масу зерна (насіння) перших двох протилежних трикутників відкидають, а із двох, які залишилися, знову формують квадрат і процес ділення на трикутники і відбирання зерна з двох протилежних трикутників проводять доти, поки маса в них не буде близькою до рекомендованої для аналізів. Відібрані зразки зсипають у полотняні мішечки з етикетками всередині і ззовні.

Зразки зеленої маси рослин відбирають під час збирання врожаю з кожної повторності по діагоналі ділянок з таким розрахунком, щоб маса загальної проби становила 3–5 кг. Потім зелену масу подрібнюють на відрізки розміром 2–3 см, добре перемішують і з неї відбирають дві середні проби по 0,5 кг для визначення вмісту сухої речовини та для хімічних аналізів.

Під час збирання кукурудзи на силос у фазі молочно-воскової стиглості зерна окремо на кожній ділянці відбирають проби качанів і листостеблової маси відповідно по 4 і 8 кг. Ці проби відразу подрібнюють і вже з подрібненої маси відбирають зразки по 0,5 кг на вологість і хімічний аналіз. Якщо маса однієї рослини силосних культур досягає 1 кг і більше, то зразки відбирають так. Перед збиранням на ділянці відбирають 4–6 типових рослин, які ділять на стебла, листя, суцвіття і качани. Потім кожну з цих фракцій зважують, подрібнюють на відрізки 4–6 см і складають відповідно до процентного співвідношення окремих фракцій середню пробу масою

2 кг. З цієї проби після попереднього подрібнення зразка на частини розміром 2–3 см відбирають два середніх зразки масою по 0,5 кг. Щоб припинити ферментативну і мікробіологічну діяльність, відібрані для хімічного аналізу зразки силосної і зеленої маси відразу фіксують у термостаті протягом 30 хв при температурі 80–90 °С.

Проби бульб картоплі відбирають під час збирання врожаю з усіх повторностей, але наприкінці із загальної проби вибирають близько 20 типових бульб, які вміщують у поліетиленові мішки з наступним транспортуванням їх до місця зберігання чи в лабораторію.

На посівах буряків цукрових середні проби для аналізів відбирають з кожної ділянки (40 типових коренеплодів). Збирають їх у поліетиленові мішки з етикетками і відвозять до місця проведення аналізів. Якщо в день відбору проб проаналізувати їх немає можливості, проби для тимчасового зберігання прикопують землею.

Снопіві зразки на посівах зернових і зернобобових культур відбирають за день до збирання врожаю із раніше зафіксованої для визначення густоти рослин площадки 1 м². Вирвані або викопані всі рослини (культурні і бур'яни) складають у сніп, який перев'язують у двох місцях. На сніп навішують етикетку, на якій зазначають дату відбору зразка, варіант і повторність

На посівах соняшнику відбирають по 10 типових рослин на ділянці, розділяють їх на окремі органи, зважують із урахуванням співвідношення маси окремих органів відбирають середній рослинний зразок для хімічного аналізу.

Всі відібрані на хімічний аналіз зразки висушують і зберігають у паперових пакетах.

13.1. Визначення фізичних показників якості зерна і насіння

Чистота зерна (Ч) визначається шляхом розбору двох проб з варіанта масою 500 г кожна. Показується у процентах, а розрахунок ведеться за формулою

$$Ч (\%) = \frac{q \cdot 100}{500},$$

де q – маса різних домішок, г; 500 – маса взятої на аналіз проби, г.

Маса 1000 зерен. Дві наважки по 500 зерен зважують з точністю до 0,01 г. Якщо при цьому різниця між масами взятих наважок перевищує 3%, відбирають і зважують третю наважку.

Середню масу 1000 зерен перераховують на масу вологістю 14% за формулою

$$M = \frac{m \cdot (100 - B)}{100 - 14},$$

де M – маса 1000 зерен при вологості 14%, г; m – маса 1000 зерен при фізичній вологості, г; B – вологість зерна на час аналізу, %.

Натура зерна. *Натура зерна* – це маса його в об'ємі 1 л, яку визначають за допомогою літрової пурки. Для цього з мішечка у двократній повторності відбирають по 1 кг зерна, яке очищають від різних домішок, набирають у пурку і зважують з точністю до 1 г. Якщо різниця між масами двох наважок одного варіанта перевищує 5 г (для вівса – 10 г), треба повторити цей аналіз.

Вміст пророслих зерен. Для визначення цього показника з одного зразка відбирають дві наважки по 50 г зерна. Всі пророслі зерна відокремлюють і зважують. Середній вміст пророслих зерен у зразку визначають у процентах з точністю до 0,1%.

Вирівняність насіння. Для визначення вирівняності насіння хлібних злаків залежно від розміру насіння беруть у двох повторностях наважку чистого зерна масою 100–500 г і просівають її через набір сит з продовгуватими прямокутними отворами. Різниця в ширині отворів сусідніх сит у цьому наборі становить 0,2 мм. Після просіювання зерно, що залишилось на кожному ситі, зважують. Потім вибирають масу зерна з двох сусідніх сит з найбільшими показниками зважування, які підсумовують і за кінцевим результатом розраховують процентний вміст цього насіння до взятої наважки.

Скловидність зерна. Для визначення скловидності зерна з варіанта відбирають по 100 насінин у двократній повторності, які розрізують ножом чи скальпелем надвоє і ділять за скловидністю на п'ять груп. До першої групи належить повністю скловидне зерно (коефіцієнт скловидності 1), до другої – скловидне на три четверті (коефіцієнт 0,75), до третьої – скловидне наполовину (коефіцієнт 0,50), до четвертої – скловидне на одну четверть (коефіцієнт 0,25) і до п'ятої – повністю мучнисте (коефіцієнт скловидності 0). Наприклад, із 100 зерен 15 належать до першої групи, 20 – до другої, 25 – до третьої, 10 – до четвертої і 30 – до п'ятої. Помноживши кількість

зерен у кожній групі на відповідні коефіцієнти скловидності, одержимо показник кількості зерен 100-процентної скловидності. У нашому прикладі в першій групі цей показник становить 15 (15×1), у другій – 15 ($20 \times 0,75$), у третій – 12,5 ($25 \times 0,50$), у четвертій – 2,5 ($10 \times 0,25$) і в п'ятій – 0 (30×0). Підсумок цих показників і становить загальну скловидність у процентах – 45% ($15+15+12,5+2,5+0$).

Схожість насіння. З партії насіння відбирають підряд у чотирьох повторностях по 100 насінин. Кожну пробу насіння розкладають на змочений фільтрувальний папір, укладений на дно чашки Петрі. Чашку накривають скляною пластинкою, підписують і ставлять у термостат для проростання насіння. У термостаті підтримується постійна вологість фільтрувального паперу і температура близько 20 °С.

Дещо інакше пророщують насіння буряків. З кожної партії (фракції) насінневого матеріалу відбирають у 4-кратній повторності по 100 клубочків, які втискають нарівні з поверхнею у кварцовий пісок, який звожують протягом періоду проростання. Протягом перших 18 годин доби у термостаті, де пророщують насіння буряків, підтримують температуру 20 °С, а протягом останніх шість годин – 30°С. Так температуру змінюють протягом 10 днів пророщування.

Схожість насіння різних культур визначають через певний період перебування в термостаті. Насіння кукурудзи, вівса, проса, пшениці, жита, ячменю, гороху, сої, чини, гірчиці, ріпаку, рижю, соняшнику, конопель, льону проростає через сім днів; гречки, твердої пшениці, квасолі, сорго, тимофіївки – вісім; рису, чумизи, кормових бобів, люпину, нуту, рицини, маку, махорки, буряків, моркви, гарбузів, усіх бобових трав, житняка, вівсяниці, райграсу, суданської трави – 10; тютюну, кавунів – 12; насіння лисохвосту, пирію безкореневищного – через 14 днів.

Пророслим вважається таке насіння, в якого нормально розвинені проросток і коріння, а головний корінець не коротший за довжину насінини. У непророслого насіння корінці недорозвинені або їх немає чи вони загнилі, а проросток у вигляді одного стебельця або його немає.

Кількість пророслих насінин у 100-насінневій пробі і визначає схожість насіння в процентах. З чотирьох повторностей виводять середній показник, який і буде характеризувати певний варіант (партію) насіння.

Посівна придатність насіння. Цей показник визначають розрахунковим способом. Знаючи процент чистоти (A) і схожості насіння (B), посівну придатність (B) у процентах розраховують за формулою

$$B = \frac{A \cdot B}{100}.$$

13.2. Аналіз снопових зразків

Снопіві зразки зернових колосових культур аналізують у такій послідовності:

- підраховують кількість рослин (A), кількість стебел продуктивних (B_n), непродуктивних ($B_{н.к.}$) і загальну (B);
- визначають коефіцієнт продуктивного кушіння ($K_{н.к.}$) за формулою

$$K_{н.к.} = \frac{B_n}{A};$$

- розраховують процент продуктивних стебел у снопі за формулою

$$B_n (\%) = \frac{B_n \cdot 100}{B};$$

- визначають кількість бур'янів та їх насінневу продуктивність.

У разі необхідності сноповий зразок аналізують також на ураженість рослин (стебел) хворобами і пошкодження шкідниками.

Під час розбирання пробних снопів визначають:

- середню довжину колоса (волоті) діленням суми довжини 25 взятих підряд із снопа колосів (волоті) на 25;
- середню кількість колосків у колосі, поділивши суму колосків у тих же колосах на 25;
- середню кількість зерен у колосі за відношенням, у чисельнику якого сумарна кількість зерен після обмолоту 25 колосів, а в знаменнику – сума колосів в аналітичній пробі (25 шт.).

Після всіх наведених вище розрахунків сніп обрізують на висоті зрізу комбайна, зважують і обмолочують. Відвіяне зерно зважують з точністю до 1 г, а масу соломи і полови розраховують за різницею між масою снопа і зерна.

Середню масу зерна в одному колосі (волоті) визначають діленням маси зерна із снопа на кількість продуктивних стебел у сноповому зразку.

Аналізуючи снопові зразки зернобобових культур, визначають: загальну кількість стебел; кількість продуктивних стебел; кількість непродуктивних стебел; висоту прикріплення нижніх бобів, вимірюючи відстань від кореневої шийки до місця прикріплення нижнього боба у 25 рослин, взятих із снопового зразка; середню кількість бобів на рослині, аналізуючи 25 рослин; середню кількість зерен і середню масу зерна у бобі на тих же 25 рослинах.

Після обмолоту снопа і визначення співвідношення зерна і соломки відбирають із загальної маси зерна із снопа 200 насінин для визначення пошкодження плодожеркою і вогнівкою.

На посівах кукурудзи у фазі молочно-воскової стиглості зерна на ділянці з усіх рядків облікової площі виділяють по 25 рослин, на яких визначають: висоту рослин від поверхні ґрунту до верхівки волоті; висоту прикріплення качанів, а якщо їх на стеблі кілька, то висоту прикріплення нижнього; кількість качанів на одній рослині; куцистість, яку вираховують діленням суми стебел на кількість пробних рослин (25).

13.3. Визначення вмісту води і сухої речовини у рослинних зразках

Після висушування наважки при температурі 100–105 °С вміст води у рослинних зразках розраховують за формулою

$$B_p = \frac{e \cdot 100}{C_p},$$

де B_p – вміст води в рослині, %; e – вміст води в наважці до висушування, г; C_p – маса наважки до висушування, г.

Якщо попередньо визначили вміст води в рослинному зразку (B_p , %), то вміст сухої речовини (C_x , %) можна визначити за рівнянням C_x (%) = 100 – B_p .

Цей показник можна визначити також за формулою

$$C_x (\%) = \frac{C_x \cdot 100}{C_p},$$

де C_x – маса наважки після висушування; C_p – маса наважки до висушування.

13.4. Визначення хіміко-технологічних показників у рослинних зразках

13.4.1. Вміст азоту, фосфору і калію

Наважки сухого рослинного матеріалу по 0,2 г поміщають в пробірки із термостійкого скла ($d = 2$ см; $h = 20$ см), в термотривкі колби місткістю 100 мл або колби Кьельдаля такої ж місткості, змочують 5–10 краплями дистильованої води, доливають 3–5 мл концентрованої сірчаної кислоти і залишають на 6 годин або на ніч. Нагрівання і спалювання проводять на електричних пічках, підложивши шар азбесту, чи газових пальників. Спершу (протягом двох годин) спалювання ведуть на слабкому вогні, потім нагрів підсилюють до появи білого пару, який згодом зникає. Нагрівання ведуть так, щоб рідина не кипіла, але спалювання було інтенсивним. Після того, як рідина в колбах чи пробірках набуває темно-коричневого однорідного кольору і стане маслянистою (краплі, що стікають, не залишають слідів на склі), в рідину після охолодження додають 0,5 мл 67% HClO_4 , перемішують і продовжують нагрів. Якщо через 1,0–1,5 години рідина не стала безбарвною, знову охолоджують і додають по 1–2 краплі хлорної кислоти.

Після охолодження мінералізація переносять в колби на 100–250 мл, доводять до мітки, ретельно перемішують і залишають колби стояти до повного освітлення розчину. В розчині мінералізату визначають загальні форми азоту, фосфору і калію.

13.4.1.1. Визначення вмісту загального азоту у мінералізаті методом дистиляції

Піпеткою або циліндром відбирають: із 100 мл колби – 25 мл, із 200–250 мл колби – 50 мл мінералізату, заливають його у відгінну колбу, додають 150–200 мл безаміачної дистильованої води. Сюди обережно по стінках наливають 50% їдкого натру у кількості, що у 4 рази більшій, ніж міститься концентрованої сірчаної кислоти в аликвоті мінералізату, взятого для відгону азоту. Далі колбу під'єднують до відгінного апарату, до якого вже підведена колба з поглиначем – сірчаною, соляною або борною кислотою – і перемішують. Потрібно слідкувати, щоб реакція середовища у відгінній колбі була сильно лужною. Для цього у відгінну колбу додають 2–3 краплі фенолфталеїну або іншого індикатору такого ж діапазону (8–10 одиниць рН), що покажуть реакцію середовища в

відгінній колбі при перемішуванні в ній вмісту.

В колбу-поглинач наливають 25 мл 0,02 г-екв/дм³ сірчаної чи соляної кислоти або 10 мл 4% борної кислоти, додають 3 краплі індикатору Гроака, перемішують і підводять під кінчик дистиляційної трубки шарикового холодильника прибору так, щоб він був занурений в кислоту. Цей поглинач готують і підставляють перед під'єднанням відгінної колби.

Потік водопровідної води в холодильнику під час відгону регулюється так, щоб температура конденсату, що поступає в колбу-поглинач, не перевищувала +25⁰ С. На початку відгону кінчик дистиляційної трубки потрібно тримати зануреним в розчин кислоти не менше чим на 0,5 см, відгін аміачного азоту ведуть при слабкому нагріванні, не доводячи вміст колби до сильного кипіння. Коли буде відігнана основна кількість аміачного азоту (в колбі-поглиначі об'єм буде приблизно 150 мл), дистиляцію проводять, тримаючи кінчик трубки на 1–2 см вище рівня рідини в колбі. Відгін закінчують, коли в останніх 2–3 мл дистиляту буде відсутня реакція на амоній з реактивом Неслера. Цю пробу краще проводити в фарфоровій чашці.

По закінченні відгону кінець дистиляційної труби промивають зсередини продовжуючи нагрів, а зверху її споліскують з промивалки, збираючи воду в колбу-поглинач.

Якщо для поглинання аміаку використовувалась сірчана чи соляна кислота, то залишкову кислоту в дистиляті відтитрують 0,02 г-екв/дм³ NaOH до переходу від фіолетового кольору до яскраво зеленого.

Коли поглиначем була 4% борна кислота, то дистилят титрують 0,02 г-екв/дм³ сірчаної чи соляної кислоти до зміни кольору від зеленого до червоно-фіолетового.

При використанні для поглинання аміачного азоту сірчаної або соляної кислоти вміст азоту в пробі обчислюють за формулою:

$$N = \frac{(a \cdot H_1) - (b \cdot H_2) \cdot 0,014 \cdot 100 \cdot V_1 \cdot k}{P \cdot V_2},$$

де N – вміст азоту в пробі, %;

a – кількість кислоти, залитої в колбу-поглинач, мл;

H_1 – нормальність цієї кислоти, г-екв/дм³;

b – кількість лугу, витраченого на відтитрування кислоти, мл;

H_2 – нормальність лугу, г-екв/дм³;

0,014 – грам-еквівалент азоту;

100 – перерахунок в %;

k – коефіцієнт перерахунку на суху наважку;

P – наважка матеріалу, г;

V_1 – загальний об'єм мінералізату, мл;

V_2 – аліквота мінералізату, взята для відгону, мл.

Коли ж для поглинання використовувалась борна кислота, вміст азоту в пробі обчислюють за формулою:

$$N = \frac{(a \cdot H_1) \cdot 0,014 \cdot 100 \cdot V_1 \cdot k}{P \cdot V_2},$$

де N – вміст азоту в пробі, %;

a – кількість кислоти, що витрачена на відтитрування борату амонію, мл;

H_1 – нормальність кислоти, г-екв/дм³ ;

0,014 – грам-еквівалент азоту;

100 – перерахунок в%;

k – коефіцієнт перерахунку на суху наважку;

P – наважка матеріалу, г;

V_1 – загальний об'єм мінералізату, мл;

V_2 – аліквота мінералізату, взята для відгону, мл.

13.4.1.2. Визначення вмісту азоту фотометричним методом з реактивом Неслера

Із розчину мінералізату піпеткою беруть 2–5–25 мл (в залежності від концентрації азоту), переносять в мірні колби на 50 чи 100 мл, додають трохи води, перемішують і нейтралізують надлишок кислоти 10% NaOH. На кожні 2 мл мінералізату додають 1 мл 10% NaOH. Кінець нейтралізації перевіряють лакмусовим папером, який повинен трохи посиніти. Після перемішування розчину додають по 1 мл в колбу на 50 мл³ і по 2 мл в колбу на 100 мл 50% сегнетової солі. У випадку помутніння розчину додають ще по 1 мл солі, щоб отримати прозорий розчин. Сегнетова сіль зв'язує іони кальцію і магнію, усуваючи помутніння дослідного розчину, а її надлишок не шкодить визначенню. Така дія також властива кремнекислому натрію, тому його можна використовувати замість сегнетової солі для зв'язування іонів кальцію і магнію. Але на відміну від солі, надлишок 10% розчину кремнекислого натрію не бажаний.

Після отримання прозорого розчину сюди додають реактив Неслера: 1 мл – в мірну колбу на 50 мл і 2 мл в мірну колбу на 100 мл, перемішують, доводять до мітки і через 10 хв приступають до визначення азоту на фотоелектрофотометрі чи спектрофотометрі, які дозволяють працювати в інтервалі довжини хвиль 420–450 нм, товщина шару розчину (довжина кювети) – 10 мм. Забарвлення роз-

чинів зберігається протягом однієї години.

Вміст азоту в пробі обчислюють за формулою

$$N = \frac{C \cdot V_1 \cdot V_2 \cdot 100}{P \cdot V_3 \cdot 1000},$$

де N – вміст азоту в пробі, %; C – концентрація азоту в мг/мл, знайдена по градувальній характеристиці для розчинів досліджуваних зразків; V_1 – загальний об'єм мінералізату, мл; V_2 – об'єм розведення мінералізату, що береться для вимірювання, мл; V_3 – об'єм мінералізату, що береться для вимірювання, мл; P – наважка матеріалу, г; 100 – перерахунок в%; 1000 – перерахунок в г.

13.4.1.3. Визначення вмісту загального фосфору фотометричним методом з відновлювачем аскорбінова кислота плюс сурмяно-виннокислий калій

2–5–10–20 мл мінералізату поміщають в колбу на 50 мл, наливають трохи води, додають 2–3 краплі альфа- чи бета-динітрофенолу. Розчин нейтралізують 10% Na_2CO_3 до появи жовтого кольору, який знищують додаванням 1-2 крапель 10% HCl . Потім додають 8 мл реактиву В для утворення синьої ФМК, доводять до мітки, перемішують і через 10 хв протягом 24 годин фотометрують розчини на приладі. На спектрографі КФК–25 роботу проводять при довжині хвилі 750 нм в кюветі товщиною 10 мм, на спектрофотометрі СФ–26 – при довжині хвилі 660–680 нм, на електрофотокolorиметрі – при червоному світофільтрі з довжиною хвилі 650 нм.

Для приготування реактиву В розчиняють 1,056 г аскорбінової кислоти в 200 мл реактиву А. Останній готують так: в 100 мл дистильованої води розчиняють 0,2908 г сурмяно-виннокислого калію, а в 250 мл дистильованої води – 12 г молібдату амонію. Обидва ці розчинених реактиви в 1000 мл 5 г-екв/дм³ H_2SO_4 ретельно перемішують і доводять дистильованою водою до мітки 2000 мл. Зберігати цей реактив можна в посудині із темного скла впродовж 6 місяців.

Вміст загального фосфору обчислюють за формулою

$$\text{P}_2\text{O}_5 = \frac{C \cdot V_1 \cdot V_2 \cdot 100}{P \cdot V_3 \cdot 1000},$$

де P_2O_5 – вміст фосфору в пробі, %; C – концентрація P_2O_5 в мг/мл, знайдена по градувальній характеристиці для розчину досліджува-

них зразків; V_1 – загальний об'єм мінералізату, мл; V_2 – об'єм розведення мінералізату, що береться для вимірювання, мл; V_3 – об'єм мінералізату, що береться для вимірювання, мл; P – наважка матеріалу, г; 100 – перерахунок в%; 1000 – перерахунок в г.

13.4.1.4. Визначення вмісту загального калію полуменево-фотометричним методом

Аліквоту мінералізату розводять в 10 разів і в цьому розведеному розчині визначають вміст калію полуменевофотометрично.

* * *

Визначення вмісту загальних форм азоту, фосфору і калію за вище наведеними методиками супроводжується використанням градувальних розчинів названих елементів живлення, на основі яких будуються калібрувальні графіки.

Розпочинати треба з приготування стандартного розчину з концентрацією аміачного азоту 0,1 мг/мл. Для цього 0,4721 г $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, підсушеного в сушильній шафі при температурі 50°C, розчиняють у 100 мл дистильованої води, а з цього розчину готують робочий із вмістом азоту 0,01 мг/мл. Градувальні розчини готуються у п'яти колбах на 50 мл, вливаючи туди по 1,5, 10, 15 і 20 мл робочого розчину і 1 мл сегнетової солі. Після перемішування туди добавляють по 1 мл реактиву Неслера, доводять дистильованою водою вміст колби до мітки і добре перемішують. У шостій колбі готується контрольний розчин, у якому є всі реактиви крім сульфату амонію. Концентрація аміачного азоту градувальних розчинів буде складати 0,00 (холоста проба); 0,0002; 0,001; 0,002; 0,003 і 0,004 мг/мл.

Через 10 хв після підготовки розчини проглядаються на фотоелектроколориметрі через синьо-фіолетовий світофільтр або на спектрофотометрі при довжині хвиль 400–440 нм. За результатами пропускання розчинів на одному з вище названих приладів будується калібрувальний графік шляхом відкладання на осі ординат значення оптичної щільності, а на осі абсцис – значення концентрації в розчині азоту.

Приготування градувальних розчинів фосфору ведуть у такій послідовності. 0,017 г KH_2PO_4 розчиняють у 100 мл дистильованої води. Розбавивши цей розчин у десять разів, одержують робочий розчин з концентрацією 0,01 мг/мл P_2O_5 . Для приготування градую-

вальних розчинів з робочого відбирається в колбочки на 50 мл 1, 2, 5, 7, 10, 15 і 20 мл, додають невелику кількість дистильованої води, 2–3 краплі альфа- чи бета-динітрофенолу, нейтралізують 10% N_2CO_3 чи 10% NH_4OH до появи жовтого кольору, який знищують додаванням 1–2 крапель 10% соляної кислоти. Потім додають 8 мл реактиву В, приготування якого описано вище, для утворення синьої ФМК і доводять вміст колби дистильованою водою до мітки. Через 10 хв щільність градувальних розчинів визначається на спектрофотометрі КФК–2 при довжині хвилі 750 нм в кюветі довжиною 10 мм, на спектрофотометрі СФ-26 при довжині хвиль 660–680 нм чи на фотоелектроколориметрі з довжиною хвиль 650 нм на червоному світлофільтрі.

Згідно кількості відібраного в колбочки робочого розчину з концентрацією P_2O_5 0,01 мг/мл, вміст фосфору в першій, другій, третій, четвертій, п'ятій, шостій і сьомій колбочці складе відповідно 0,0002; 0,0004; 0,001; 0,0014; 0,002; 0,003 і 0,004 мг/мл. Відклавши ці значення концентрації фосфору на осі абсцис, а відповідну оптичну щільність градувальних розчинів – на осі ординат, одержуємо градувальну пряму, яка використовується для визначення концентрації (мг/мл) фосфору в досліджуваних зразках.

13.4.2. Вміст нітратного азоту в рослинницькій продукції

Визначають вміст нітратного азоту в рослинницькій продукції іонометричним методом, який ґрунтується на виникненні електро-рушійної сили при вмісті у воді слабких розчинів нейтральних солей іонів NO_3 . Вимірюють цю силу нітратним електродом на іономірах різної конструкції.

Для аналізу відбирають 12,5 г подрібненої рослинної маси, переносять у стакан гомогенізатора, наливають туди 50 мл 1% розчину алюмокалієвого галууну і гомогенізують протягом 2 хв. Якщо гомогенізатора немає, рослинний зразок розтирають у ступці з кварцовим піском до однорідної маси з одночасним доливанням туди 50 мл 1% розчину алюмокалієвого галууну.

Одержану суспензію переносять у хімічний стакан ємкістю 100 мл і починають визначати концентрацію нітрат-іонів за допомогою іоноселективного електрода.

Вміст азоту нітратів розраховують за формулою

$$N-NO_3 = Antilq (4,75-NO_3),$$

де $N-NO_3$ – вміст азоту нітратів, мг/кг рослинної маси, $Antilq$ – анти-

логарифм, який знаходять за допомогою допоміжних таблиць.

Так, якщо іономір показав на лічильнику pC_{NO_3} досліджуваного розчину 2,40, то вміст N-NO₃ становитиме $Antilq(4,75-2,40) = Antilq 2,35$.

Згідно з таблицею логарифмів і значенням $Antilq 2,35$ вміст N-NO₃ у наведеному прикладі становить 224 мг на 1 кг сирової маси аналізованої продукції.

Якщо планується мати лише орієнтовні дані про вміст нітратів у рослині або в її окремих органах, можна застосувати простішу методику. Суть її полягає в тому, що вміст іона NO₃ в реакції з дифеніламіном дає сине анілінове забарвлення. За інтенсивністю цього забарвлення можна орієнтовно робити висновок про вміст нітратів у рослинному об'єкті.

Для аналізу беруть свіжий рослинний зразок (листок, стебло, кореневі органи), дрібно січуть його у фарфорову чашку і розтирають скляною паличкою. Потім на розтерту масу піпеткою наносять розчин дифеніламіну в концентрованій сірчаній кислоті.

Ступінь забарвлення оцінюють за п'ятибальною шкалою, якій відповідає орієнтовний вміст нітратів, зазначений у табл. 20.

20. Шкала для визначення вмісту нітратів у рослинних зразках

Характер забарвлення	Бал	Вміст нітратів в рослинному зразку, %
Сліди голубого забарвлення, які швидко зникають	1	0,0028 ± 0,0006
Забарвлення світло-голубе, але воно швидко зникає	2	0,0067 ± 0,0004
Забарвлення світло-синє, яке зникає через 2–3 хвилини	3	0,0157 ± 0,0006
Забарвлення синє, але проявляється воно не зразу	4	0,0174 ± 0,0007
Забарвлення темно-синє, яке зникає тільки з часом	5	0,0221 ± 0,0005

Повторність такого аналізу – чотири- або п'ятикратна.

13.4.3. Вміст білкового азоту і білка (ДСТУ 4117: 2007)

Вміст білкового азоту в рослинах визначають методом К'ельдаля, суть якого така. 1–2 г тонко розмеленої наважки переносять у хімічний стакан на 150–200 мл, доливають туди 50 мл дисти-

льованої води і вміст стакана нагрівають до кипіння. Щоб утворилася основна сіль сульфату міді, яка осаджує білки, після охолодження до ще теплого розчину додають 25 мл 6% розчину мідного купоросу, перемішують і додають ще 25 мл 1,25% розчину їдкого натру. У стакані випадає осад у вигляді білка і міді. Після відстоювання протягом 30–40 хв осад фільтрують через беззольний фільтр. Для цього розчин обережно зливають на фільтр, а осад відмивають декантацією гарячою водою, поки промивні води перестануть утворювати з хлористим барієм осад.

Відмитий осад разом з фільтром висушують при температурі 50–60 °С, переносять у колбу К'ельдаля, доливають 20 мл концентрованої сірчаної кислоти і 0,5 мл мідного купоросу як каталізатора і додають грудочку парафіну (щоб зменшити утворення піни).

У колбу-приймач наливають 40–60 мл 0,1 М розчину сірчаної кислоти, додають 3–4 краплі метилоранжу і кінець трубки-холодильника занурюють у кислоту колби-приймача. Фільтр з осадом спалюють до повного знебарвлення вмісту колби К'ельдаля.

Вміст колби переносять у дистиляційну колбу, туди ж додають 2 г цинку, 1–2 краплі фенолфталеїну, обережно по стінці доливають 70–80 мл 30–40% розчину лугу і швидко сполучають з холодильником.

Дистиляцію закінчують при відсутності реакції на іони амонію, яку перевіряють за допомогою реактиву Неслера і лакмусового паперу. Розчин у колбі-приймачі відтитровують 0,1 М розчином лугу, після чого вміст білкового азоту розраховують за формулою

$$N = \frac{(a \cdot T_1 - b \cdot T) \cdot 0,0014 \cdot 100}{H},$$

де N – вміст білкового азоту, %; a – кількість 0,1 М розчину сірчаної кислоти, взятого для зв'язування аміаку, мл; T_1 – поправка до титру кислоти; T – поправка до титру лугу; b – кількість 0,1 М розчину лугу, витраченого на титрування залишку кислоти, мл; $0,0014$ – кількість азоту, що зв'язується 1 мл 0,1 М розчину сірчаної кислоти, г; H – наважка рослинного зразка, г; 100 – коефіцієнт для переведення у проценти.

Щоб перерахувати вміст білкового азоту в процентах у білок, його множать на перевідний коефіцієнт, який для кукурудзи і гречки становить 6,00; для гороху, вики, бобів, пшениці, жита, ячменю і ві-вса – 5,70; для соняшнику, конопель, льону, рицини та люпину – 5,50 і для інших культур – 6,25.

13.4.4. Вміст хлорофілу в зеленій частині рослини

Для визначення цього показника використовується метод фотоелектроколориметрування, суть якого полягає в здатності хлорофілу інтенсивно вбирати червоні промені спектра світла. Порівнявши інтенсивність двох світлових пучків, які пройшли через стандартний розчин відомої концентрації хлорофілу і дослідний, можна визначити вміст цього пігменту в останньому розчині.

Для аналізу у фарфорову ступку беруть 250 мг нарізаної зеленої маси, додають 3–4 мл етилового спирту і розтирають до однорідного стану. Розтерту масу переносять на сухий фільтр, після чого зелень із ступки змивають на фільтр невеликими порціями етилового спирту. Фільтрують спиртову витяжку в мірну колбу ємністю 25 мл, після чого об'єм колби доводять спиртом до мітки. Добре збовтавши вміст колби, починають колориметрування фільтрату.

Концентрацію хлорофілу розраховують за формулою

$$X = \frac{A_1 \cdot 0,000085 \cdot O \cdot 100}{A_2 \cdot H \cdot (1 - 0,1B)},$$

де X – вміст хлорофілу в сухій речовині, %; A_1 – оптична щільність дослідного розчину; 0,000085 – концентрація хлорофілу в стандартному розчині, мг/мл; O – об'єм витяжки в колбі, мл (у наведеному вище варіанті – 25 мл); A_2 – оптична щільність стандартного розчину; H – наважка рослинного зразка, г (у методиці – 0,25); B – вміст води в рослинному зразку, % (цей аналіз виконують паралельно з основним).

13.4.5. Вміст в зерні сирій клейковини

Цей показник визначають відмиванням крохмалю, клітковини та розчинних домішок із згустку в'язкої маси, утвореної при взаємодії деяких білків з водою.

Для аналізу із середнього зразка зерна беруть наважку масою 30–50 г, розмелюють і просівають на ситі з отворами 0,25 мм протягом 1 хв. Із просіяної маси відбирають наважку масою 25 г і у фарфоровій чашці заливають її водою (14 мл), замішуючи шпателем до однорідної маси. Після цього кульку тіста у фарфоровій чашці, накривають склом і залишають на 20 хв при температурі 16–20°C. Промивають клейковину струменем води над капроновим ситом. Якщо кусочки клейкої маси відірвуться водою і потраплять на сито,

їх приєднують до загальної маси. Під час відмивання клейковину переминають пальцями: на початку – повільніше, а наприкінці – енергійніше. Закінчують промивати зразок тоді, коли вода, яка стікає, стане зовсім прозорою і не забарвлюватиметься в синій колір під дією розчину йоду. Останнє свідчить про те, що у пробі немає крохмалю. Відмиту клейковину добре віджимають від води руками, поки вона не почне прилипати до пальців, зважують з точністю до сотих грама і, повторивши ще протягом 2–3 хв відмивання і віджимання води, знову зважують. Якщо різниця між масами після першого і другого зважувань не перевищує 0,1 г, відмивання припиняють.

Вміст сирої клейковини визначають за формулою

$$K = \frac{a_1 \cdot 100}{a},$$

де K – вміст сирої клейковини, %; a_1 – маса сирої клейковини, г; a – маса наважки, взята для відмивання, г; 100 – коефіцієнт для перерахунку в проценти.

Якщо треба визначити вміст у наважці сухої клейковини, сиру клейковину висушують протягом 20 год при температурі 100–105°C і після охолодження зважують. Підставивши у формулу замість маси сирої клейковини (a_1) масу сухої клейковини, визначають вміст сухої клейковини у процентах.

13.4.6. Цукристість коренеплодів

Для цього аналізу з ділянки беруть зразок із 40 коренеплодів буряків цукрових, які перед аналізом очищають від землі і за допомогою свердла або сегментної тертки відбирають з кожного з них подрібнену пробу. З неї на пергаментний папір у вигляді квадратиків розміром 5 x 5 см у двократній повторності беруть наважку масою 13 г, яку змивають у стаканчики дистильованою водою з автоматичної піпетки ємкістю 89 мл. За допомогою скляної палички вміст стаканчика добре перемішують протягом півгодини.

Опускаючи в стаканчик електрод кондуктометра, за шкалою приладу знімають показники електропровідності розчину, які є вихідними для розрахунку вмісту кондуктометричної золи за формулою

$$KЗ = C \cdot E \cdot 657,$$

де $KЗ$ – вміст кондуктометричної золи в коренеплодах, %; C – конс-

танта вимірювальної комірки приладу; E – електропровідність розчину в сименсах без електропровідності води; 657 – емпіричний коефіцієнт перерахунку.

Електропровідність слід вимірювати при температурі суміші 20 °С, а при відхиленні від неї коригують вміст золи згідно з табл. 21.

21. Поправка на температуру при визначенні вмісту розчинної золи за електропровідністю

Температура, °С	Константа комірки						
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
Вміст золи в пробі, %							
20,2 і 19,8	0,002	0,002	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005
20,4 і 19,6	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010
20,6 і 19,4	1,007	0,008	0,009	0,100	0,012	0,013	0,014
20,8 і 19,2	0,009	0,010	0,012	0,014	0,016	0,018	0,020
21,0 і 19,0	0,011	0,013	0,015	0,017	0,020	0,022	0,024
21,2 і 18,8	0,013	0,015	0,018	0,021	0,024	0,026	0,029
21,4 і 18,6	0,015	0,018	0,021	0,024	0,028	0,031	0,034
21,6 і 18,4	0,017	0,020	0,024	0,028	0,032	0,035	0,039
21,8 і 18,2	0,019	0,023	0,027	0,031	0,036	0,039	0,044
22,0 і 18,0	0,022	0,026	0,031	0,035	0,039	0,044	0,048
22,2 і 17,8	0,024	0,029	0,035	0,039	0,043	0,048	0,053
22,4 і 17,6	0,027	0,031	0,036	0,042	0,047	0,052	0,057
22,6 і 17,4	0,029	0,034	0,039	0,045	0,051	0,056	0,062
22,8 і 17,2	0,031	0,036	0,042	0,048	0,055	0,061	0,067
23,0 і 17,0	0,033	0,039	0,046	0,052	0,059	0,066	0,072
23,2 і 16,8	0,035	0,042	0,049	0,056	0,063	0,070	0,077
23,4 і 16,6	0,037	0,045	0,052	0,060	0,067	0,074	0,082
23,6 і 16,4	0,039	0,047	0,055	0,063	0,071	0,079	0,087
23,8 і 16,2	0,041	0,049	0,058	0,067	0,075	0,084	0,092
24,0 і 16,0	0,044	0,052	0,062	0,070	0,078	0,087	0,096
24,2 і 15,8	0,046	0,055	0,065	0,074	0,082	0,092	0,101
24,4 і 15,6	0,048	0,057	0,068	0,077	0,086	0,096	0,106
24,6 і 15,4	0,050	0,060	0,071	0,081	0,090	0,100	0,111
24,8 і 15,2	0,052	0,062	0,074	0,084	0,094	0,105	0,116
25,0 і 15,0	0,055	0,065	0,077	0,087	0,098	0,109	0,120

При цьому поправка додається при температурі розчину нижче 20 °С, а віднімається – коли температура вище 20 °С.

Для аналізу на цукристість у стаканчик, де вже визначали вміст золи, додають 1 мл маточного розчину свинцевого оцту, добре перемішують скляною паличкою і залишають на 3–5 хв для освітлення, після чого вміст стаканчика фільтрують у чисту суху посудину і поляризують у трубці довжиною 400 мм. Показники цукрометра виражені в процентах вмісту цукру в коренеплодах.

13.4.7. Технологічні властивості коренеплодів буряків цукрових

Знаючи вміст кондуктометричної золи і цукру в коренеплодах, можна розрахувати втрати цукру з мелясою, вихід цукру, вихід меляси, МБ-фактор.

Втрати цукру в мелясі визначають за формулою

$$ПМ = 3,76 \cdot КЗ,$$

де *ПМ* – втрати цукру з мелясою, % від маси коренеплодів; 3,76 – перевідний коефіцієнт (постійне число); *КЗ* – вміст кондуктометричної золи, %.

Для визначення втрат цукру з мелясою в зоні достатнього зволоження рекомендується така формула:

$$ПМ = 5,454 \cdot КЗ - 0,828.$$

Вихід цукру визначають за формулою

$$Б = Д - 0,9 - ПМ,$$

де *Б* – вихід цукру, % маси коренеплодів; *Д* – вміст цукру у коренеплодах, %; 0,9 – втрати цукру у виробництві, % від маси коренеплодів.

Вихід меляси (*М*) у процентах до маси коренеплодів визначають як добуток вмісту кондуктометричної золи на емпіричний коефіцієнт 7,5.

МБ – фактор, який характеризує кількість одержуваної меляси на кожні 100 кг білого цукру, розраховують за формулою

$$МБ = \frac{М}{Б}.$$

13.4.8. Вмісту жиру в рослинницькій продукції

Вміст жиру в рослинницькій продукції визначають методом знежиреного залишку, суть якого полягає у екстрагуванні жиру органічними розчинниками, серед яких найчастіше використовують етиловий ефір.

Для аналізу з фільтрувального паперу роблять пакет, висушують його при температурі 105 °С і зважують. Після цього в пакет вміщують 1–2 г подрібненої маси, яку висушують протягом 2–3 годин при температурі 100–105 °С. Охолодивши, пакет знову зважують і вміщують у екстрактор апарата Сокслета, а у колбу цього апарата вище рівня сифона наливають ефір. Колбу з ефіром з'єднують з екстрактом за допомогою холодильника, через який пропускають холодну воду. Колбу з ефіром нагрівають на водяній бані так, щоб за 1 годину екстрактор наповнювався і звільнявся 6–8 разів.

Після закінчення екстракції пакет із екстрактора виймають, відразу підсушують у витяжній шафі, а потім у сушильній при температурі 100–105 °С до постійної маси.

Охолоджений пакет зважують, а вміст жиру розраховують за формулою

$$X = \frac{(v - c) \cdot 100}{v - a},$$

де X – вміст жиру, %; a – маса пакета без проби, г; v – маса пакета з пробєю до екстрагування, г; c – маса пакета з пробєю після екстрагування, г.

13.4.9. Вміст каротину

Визначають цей показник за методом Циррела, який ґрунтується на здатності каротину розчинятися в органічних розчинниках.

Для аналізу беруть 1–3 г дрібно посіченої свіжої рослинної маси, яку змочують невеликою кількістю бензину і перемішують у фарфоровій ступці з 5 г чистого піску або подрібненого скла і 15 г сірчанокислого натрію. Після розтирання до однорідного стану вміст ступки переносять у скляну банку ємністю 200 мл, споліскуюю-

чи ступку невеликою кількістю бензину, додають 10 г оксиду алюмінію і 5 г оксиду кальцію, доливають бензином до мітки, закривають поліетиленовою кришкою і залишають на 18–20 год у темному місці. Відстояний прозорий розчин піпеткою з гумовою грушею переносять у кювету фотоелектроколориметра, а в контрольну кювету наливають чистий бензин. Після фотоелектроколориметрування вміст каротину визначають за формулою

$$X = \frac{a \cdot 0,00416 \cdot 1000}{H} = \frac{a \cdot 4,16}{H},$$

де X – вміст каротину, мг/кг; a – еквівалентна кількість вихідного розчину згідно з робочим графіком, мл; H – наважка рослинної маси, г; 0,00416 – перевідний коефіцієнт для перерахунку 1 мл вихідного розчину біхромату калію в еквівалентну кількість мг каротину; 1000 – перевідний коефіцієнт для перерахунку маси проби на 1 кг рослинної маси.

Для побудови робочого графіка виготовляють стандартний розчин. Для цього беруть 0,720 г біхромату калію, розчиняють його дистильованою водою в мірній колбі місткістю 1 л. При цьому 1 мл розчину відповідає 0,00416 мг каротину. Для приготування шкали зразкових розчинів у мірні колби місткістю 100 мл беруть по 10, 20, 30, 40 і 50 мл стандартного розчину. Колби доливають водою до мітки. При цьому в 1 мл першої, другої, третьої, четвертої і п'ятої колб буде міститись відповідно 0,000416; 0,000832; 0,001248; 0,001664 і 0,00208 мг каротину. Пропустивши розчини на фотоелектроколориметрі, одержані дані про їх густину відкладають на осі Y , а концентрації каротину – на осі X . Точки перетину цих показників і будуть основою для побудови робочого графіка, за допомогою якого визначають показник a .

Так, якщо для аналізу маса наважки становила 3 г, а оптична щільність досліджуваного розчину – 0,2, що відповідає 20 мл вихідного розчину біхромату калію, то

$$X = \frac{20 \cdot 4,16}{3} = 27,7 \text{ мг / кг.}$$

14. ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ЕРОЗІЇ ҐРУНТУ

14.1. Водна ерозія

Водна ерозія, спричинюється дощовими краплями і змиванням поверхні ґрунту потоками води.

Ерозійну дію дощових крапель різної інтенсивності визначають за допомогою модельного досліду з використанням чашок Еллісона. Вони являють собою металеві циліндри діаметром 77 мм і висотою 50 мм, до нижньої частини яких прикріплюється тонка і густа металева сітка.

На цю сітку тонким шаром накладають вату, після чого чашки заповнюють абсолютно сухим піском, зважують ставлять на піддон з тонким шаром води, що забезпечує постійну вологість піску. Піддон із чашками розміщують на час дощу на відкритому місці недалеко від метеопостів чи метеостанцій з дощомірами, щоб можна було використати дані про кількість опадів, що випали за час проведення досліду, та їх інтенсивність. Після припинення дощу чашки Еллісона вміщують у сушильну шафу, висушують при температурі 105 °С і зважують. За різницею між масами чашки до дощу і після нього визначають масу піску, який потрапив за межі чашок під дією крапель дощу.

Якщо поряд із циліндрами з піском помістити циліндри з різним ґрунтом, то можна визначити відносну стійкість окремих ґрунтів до розмивання краплями дощу.

Поверхнєве стікання води і змив ґрунту водою визначають у модельних і польових дослідах.

Для проведення модельних дослідів використовують лотки (дерев'яні чи металеві) довжиною 100 см, шириною 30 см і глибиною 10 см. На дно лотків суцільно кладуть пористі гончарні плитки (для дренажу), зверху яких насипають ґрунт на рівні верхніх країв лотка. При цьому в різних лотках може бути той ґрунтовий субстрат, який досліджується (типи чи види ґрунтів або один вид ґрунту, просіяного через сита з різним діаметром отворів). Лотки з однаковим субстратом у разі необхідності можна встановлювати під різним кутом нахилу. Щоб підтримувати постійну зволоженість ґрунту, вода через отвір у днищі лотка надходить з резервуара, де підтримується постійний її рівень.

Змитий під час дощу ґрунт разом з водою, яка стікає з поверхні ґрунтового середовища в лоток, потрапляє в ємкість, розміщену дещо нижче лотка. Після відстоювання окремо обліковують воду і

грунт в абсолютно сухому стані.

Інтенсивність стікання води чи змив ґрунту визначають в г/м², а потім перераховують у т/га.

У польових дослідях стікання води і змив ґрунту з поверхні поля водою визначають методом стокових площадок. Стокова площадка – це схилова ділянка, різна за довжиною і шириною та ізольована від решти площі земляними валами, дерев'яними або металевими щитками. Внизу стокової площадки встановлюють лотки, за допомогою яких всю воду і змитий ґрунт збирають у ємкість. Після відстоювання воду для обліку обережно зливають з ємкості в мірні посудини, а осад ґрунту висушують до абсолютно сухого стану і зважують.

Якщо воду і злитий із стокової площадки ґрунт збирають у ємкість із позначками об'єму, то тверду фазу стоку можна визначити ще й так. Вміст посудини за допомогою багаторазового коливання добре збовтують, після чого із загальної маси відбирають зразок певного об'єму, наприклад 1 л. Після фільтрування зразка осад на фільтрі висушують і зважують. Маса змитого ґрунту визначають за формулою

$$M = \frac{O \cdot M_1}{O_1},$$

де M – маса змитого ґрунту в перерахунку на сухий (г, кг); O – об'єм води і ґрунту в посудині, л; M_1 – маса сухого осаду на фільтрі (г, кг); O_1 – об'єм зразка, взятого для фільтрування, л.

Змив ґрунту доцільніше визначати в т/га. Для цього масу змитого із стокової площадки ґрунту перераховують у тонни і цей показник множать на коефіцієнт, одержаний від ділення 10000 (площа 1 га в м²) на площу стокової площадки в м².

Інтенсивність змивання ґрунту з верхньої частини схилу і намівання в нижній його частині можна визначити за методом шпильок. Суть цього методу полягає в тому, що в багатьох місцях схилу в ґрунт вдавлюють шпильки із тонкого міцного металевого дроту з поділками через 1 мм від нуля в один і другий бік (вниз і вгору). Позначку «0» встановлюють на рівні поверхні поля. Верхній кінець шпильки над поверхнею повинен виступати не більше як на 20–30 мм.

Після дощу шпильки оглядають, заміряючи звільнену від ґрунту чи занесену ґрунтом частину шпильки. Перемноживши висоту змитого (намитого) ґрунту в метрах на гектарну площу в м², матимемо об'єм змитого (намитого) ґрунту в м³/га. Помноживши його на об'ємну масу верхнього шару ґрунту, визначають змив ґрунту в т/га.

Щоб точніше визначити інтенсивність водної ерозії таким методом, на одному рівні схилу залежно від ширини ділянки використовують від п'яти до 10 шпильок.

14.2. Вітрова ерозія

Застосовують кілька методик обліку ґрунту, який зноситься вітром. Частинки ґрунту, які переміщуються під дією вітру по поверхні поля, вловлюють уловлювачами різної модифікації, а пилюваті частинки, які переміщуються в приземному шарі повітря, вловлюють різними пиловловлювачами.

Найпростіший за конструкцією уловлювач-кювета, який являє собою довгий ящик, який закопують у ґрунт так, щоб його краї розміщувалися на рівні поверхні поля. Довгим боком ящик орієнтують упоперек напрямку панівних вітрів. При цьому ґрунтові частинки, які переміщуються по поверхні поля, потрапляють у уловлювач і осідають на дні ящика. Після закінчення пилової бурі чи при зміні напрямку вітру на 180° ґрунт вибирають із уловлювача і зважують.

Кількість знесеного ґрунту визначають за формулою

$$X = \frac{A \cdot 10000}{P \cdot 1000} = \frac{A \cdot 10}{P},$$

де X – кількість знесеного ґрунту, т/га; A – маса ґрунту в уловлювачі, кг; 10000 – коефіцієнт для перерахунку маси знесеного ґрунту на 1 га; P – площа поперечного розрізу уловлювача, м²; 1000 – перевідний коефіцієнт кілограмів в тонни.

Менш точний, але простіший у використанні стрижневий метод обліку знесених з поля чи нанесених на площу ґрунтових частинок вітром, який за назвою є синонімним методу шпильок. Суть цього методу полягає в тому, що на обліковій ділянці в десяти або більше повторностях у ґрунт встромлюють у вигляді дроту стрижні з міліметровими позначками у верхніх частинах. При цьому за допомогою ніпельної гуми чи фарби фіксують на стрижні рівень поверхні ґрунту (це буде і глибина заглиблення стрижня в ґрунт). Після закінчення спостережень за ерозією на кожному стрижні замірюють товщину знесеного (якщо нижче фіксованого рівня відкрився стрижень) чи нанесеного (якщо фіксованої позначки не видно) ґрунту, яку далі використовують для визначення маси знесеного чи нанесеного ґрунту через його об'ємну масу.

ЧАСТИНА П'ЯТА

ОСНОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ В АГРОНОМІЇ

1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЗАВДАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ

Математична статистика – розділ математики, який опирається на теорію ймовірності і присвячений методам систематизації та обробки результатів досліджень. Використовується для **виявлення (знаходження)**, аналізу та обґрунтування закономірностей і явищ, які вивчаються.

Дослідник при проведенні будь-якого досліду, звертаючись до математичної статистики, може вирішити такі три основні питання:

1. Як і в якій кількості відібрати об'єкти для дослідження;
2. Як за допомогою статистичних методів скоротити початкову інформацію і всі індивідуальні дані дослідів представити порівняно невеликою кількістю по можливості простіших узагальнених показників, не втративши при цьому найбільш притаманні для них риси;
3. Як оцінити достовірність та надійність одержаних у досліді даних, відокремити випадкове від істотного і за окремою частиною (вибіркою) охарактеризувати ціле з достатньою точністю.

В агробіологічних дослідженнях дослідник має справу з дуже складними дослідками, в яких значна кількість факторів не піддається строгому обліку і контролю. Але й з таких дослідів, дякуючи математичній статистиці, можна одержати потрібну інформацію і оцінити ступінь надійності її результатів.

Одночас слід розуміти, що математична статистика є лише засобом озброєння дослідника і не повинна підміняти інші спеціальні методики дослідження, тому що ніяка статистична обробка не в змозі усунути погрішності, допущені при закладанні дослідів і проведенні досліджень. Тому обов'язок дослідника є постановка добротних цілеспрямованих дослідів, а математична статистика допомагає вибрати оптимальні умови для проведення агрономічних досліджень і дає об'єктивну кількісну оцінку одержаних даних.

В математичній статистиці використовують відповідні терміни, поняття та символи.

Поняття про сукупність, мінливість і вибірку

Кожне масове явище (група рослин в полі, тварин на фермі тощо) є *сукупність* особин, випадків, фактів, предметів або деяких умовних одиниць, кожна з яких окремо взята строго індивідуальна і відрізняється від інших низкою ознак – масою, висотою, кількістю продукції тощо. Кожна з ознак в різних особин може мати неоднаковий ступінь вираженості, тобто вона варіює в певних межах. Тому властивість умовних одиниць відрізнятися одна від іншої навіть в однорідних сукупностях називається *мінливістю* або *варіюванням*.

В рослин, наприклад, варіюючими ознаками є їх маса, висота тощо.

В тих випадках, коли потрібно дати загальну характеристику певній сукупності, варіювання ознак викликає певні труднощі, тому що всі особини групи не можна практично дослідити за тою чи іншою ознакою. В таких випадках вивчають частину сукупності, за якою роблять висновки. Такий метод називають *вибірковим*. Отже, всю групу об'єктів, яка взята для вивчення, називають *сукупністю* або *генеральною сукупністю*, а ту частину, яка попала на перевірку, називають *вибірковою сукупністю* або *вибіркою*. Кількість елементів, які входять в генеральну сукупність чи вибірку, називають їх *обсягом*.

Вибірки, які містять до 30 об'єктів спостереження, називають *малими*, а вибірки з кількістю об'єктів більше 30 і до безкінечності ($n \rightarrow \infty$) – називають *великими*.

В результаті спостережень ми одержуємо відомості про кількісну величину ознаки, яка вивчається, у кожного члена даної вибіркової сукупності. Можливе значення варіюючої ознаки називається *варіантою* і позначається через X . Одержаний ряд варіюючих величин, які відносяться до певної сукупності, можна впорядкувати, розмістивши значення ознаки (варіанти) в порядку їх зростання чи спадання. Таке впорядкування варіант називається їх *ранжируванням*. При розгляді ранжированого ряду можна помітити, що кожне значення ознаки зустрічається неоднакове число разів. Числа, які показують, скільки разів повторюється кожне значення ознаки в членів даної сукупності, називають частотами ознаки і позначають через f . Сума всіх частот ($\sum f$) дорівнює обсягові вибірки (числу членів ряду) – n . В результаті такого опрацювання первинних спостережень одержуємо так званий *варіаційний ряд*. Ним називається *такий ряд даних, в яких показані можливі значення варіюючої ознаки в порядку зростання чи спадання і відповідні їм частоти*.

Розрізняють варіаційні ряди з двома типами мінливості: *кількісною*, яка може бути виміряна, і *якісною*, яка не піддається вимірам.

2. АНАЛІЗ ВАРІАЦІЙНИХ РЯДІВ КІЛЬКІСНОЇ ТА ЯКІСНОЇ МІНЛИВОСТІ

2.1. Кількісна мінливість

Під кількісною мінливістю розуміють таку, в якій відмінність між варіантами виражається кількісними показниками: кількістю зерен, масою, висотою тощо. Розрізняють непереривну та переривну кількісну мінливість. До *непереривної мінливості* належать ті об'єкти, які виражають і цілими, і дробовими числами – це маса, розмір і об'єм досліджуваних об'єктів (маса врожаю або плоду, довжина і висота рослин, площа листя, об'єм коріння чи бульби). До *переривної мінливості* належать об'єкти, які обліковують поштучно (кількість колосів, листків, коренеплодів, рослин тощо) і виражаються лише цілими числами.

Конкретний хід аналізу варіаційних рядів кількісної мінливості залежить від об'єму вибірки.

Основними статистичними характеристиками кількісної мінливості для малих і великих вибірок є середня арифметична (\bar{x}), дисперсія (S^2), стандартне відхилення (S), похибка середнього арифметичного ($S\bar{x}$), коефіцієнт варіації (V) і відносна похибка вибіркової середньої ($S\bar{x}\%$).

Обчислення статистичних характеристик малої вибірки

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

Середня арифметична (\bar{x}). Для обчислення цієї характеристики варіюючі ознаки позначають знаком X , а кількість повторностей – n . Тоді середню арифметичну розраховують за формулою

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}$$

Для прикладу скористаємось даними досліді з кукурудзою на полі з рівномірним і нерівномірним внесенням добрив (табл. 22).

22. Висота рослин залежно від рівномірності внесення добрив, см

Внесення добрив	Повторність			
	I	II	III	IV
Рівномірне	14	18	13	15
Нерівномірне	16	7	20	17

Для варіанта з рівномірним внесенням добрив середня арифметична

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum X}{n} = \frac{14+18+13+15}{4} = 15 \text{ см.}$$

Для варіанта з нерівномірним внесенням добрив середня арифметична

$$\bar{x}_2 = \frac{\sum X}{n} = \frac{16+7+20+17}{4} = 15 \text{ см.}$$

Отже, середні арифметичні однакові, але розмах варіювання (R) в різних варіантах буде неоднаковим. При рівномірному внесенні добрив $R_1 = X_{max} - X_{min} = 18 - 13 = 5$, а при дуже нерівномірному – $R_2 = X_{max} - X_{min} = 20 - 7 = 13$, тобто висота рослин сильніше варіює при нерівномірному внесенні добрив, коли створюється строкатість родючості ґрунту.

Середня арифметична є основною статистичною характеристикою кожного варіаційного ряду, а всі інші характеристики лише пояснюють основну. До останніх належить і *дисперсія* (S^2) – середній квадрат відхилень кожного члена варіаційного ряду (X_1, X_2, \dots, X_n) від середньої арифметичної. Це показник, який повніше за розмах варіації характеризує варіаційні ряди. Дисперсію обчислюють за формулою

$$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Для її розрахунків складається допоміжна табл. 23, в яку заносяться дані з попередньої таблиці.

23. Обчислення квадратів відхилень від середньої арифметичної

Внесення добрив							
рівномірне				нерівномірне			
Повторність	X	$X - \bar{x}$	$(X - \bar{x})^2$	Повторність	X	$X - \bar{x}$	$(X - \bar{x})^2$
1	14	-1	1	1	16	1	1
2	18	3	9	2	7	-8	64
3	13	-2	4	3	20	5	25
4	15	0	0	4	17	2	4
	$\bar{x} = 15$		$\sum (X - \bar{x})^2 = 14$		$\bar{x} = 15$		$\sum (X - \bar{x})^2 = 94$

Підставивши одержані дані у вище наведену формулу, матимемо такі дисперсії:

$$S_1^2 = \frac{14}{4-1} = 4,67; \quad S_2^2 = \frac{94}{4-1} = 31,3$$

Їх порівняння між собою показує, що в другому варіанті, де добрива вносились дуже нерівномірно, дисперсія була майже в 7 разів більшою, ніж при рівномірному внесенні добрив.

Дисперсія використовується не тільки для характеристики варіювання досліджуваних показників, а й для обчислення стандартного відхилення (S) за формулою

$$S = \sqrt{S^2}.$$

Для першого варіанта $S_1 = \sqrt{4,67} = 2,16$ см, для другого – $S_2 = \sqrt{31,3} = 5,59$ см. Стандартне відхилення виражається у таких самих одиницях, як і середня арифметична.

Якщо у дослідженнях порівнюють мінливість ознак, які мають різні одиниці виміру (центнери, штуки, сантиметри, квадратні сантиметри тощо), то дисперсія і стандартне відхилення для таких порівнянь непридатні. У таких випадках доцільно користуватися коефіцієнтом варіювання.

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

$$V\% = \frac{S \cdot 100}{\bar{x}}$$

Для першого варіанту $V_1 = \frac{2,16 \cdot 100}{15} = 14,4\%$, для другого – $V_2 = \frac{5,59 \cdot 100}{15} = 37,3\%$.

Отже, строкатість родючості ґрунту призводить до невирівняності росту рослин, тому що варіювання висоти рослин значно більше за нерівномірного внесення добрив.

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

Варіювання врожаю більшості польових культур становить 8–12%. Менше варіювання врожаю у культур звичайного рядкового способу сівби, більше – у просапних.

Середні арифметичні мають свої похибки, які спричинюються внаслідок неповного представництва вибіркової сукупності. Ці похибки властиві лише вибіркового методу досліджень, а їх чисельне значення залежить від ступеня мінливості досліджуваних ознак і обсягу вибірки. *Похибку вибіркової середньої* ($s_{\bar{x}}$) обчислюють за формулою

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{x})^2}{n \cdot (n-1)}}$$

В наведеному вище прикладі для першого варіанта значення похибки $s_{\bar{x}1} = \sqrt{\frac{14}{4 \cdot (4-1)}} = 1,08$, а для другого – $s_{\bar{x}2} = \sqrt{\frac{94}{4 \cdot (4-1)}} = 2,8$.

Значення похибок використовують для граничної оцінки середніх арифметичних за формулою $\bar{x} \pm t \cdot s_{\bar{x}}$. При оцінці на рівні ймовірності $P_{0,95}$ значення t дорівнює 2, а при $P_{0,99}$ – 3. З врахуванням цих показників межеве значення середньої арифметичної для першого варіанта становитиме відповідно $15 \pm 2 \cdot 1,08$ та $15 \pm 3 \cdot 1,08$. Це значить, що на рівні $P_{0,95}$ межеві величини середньої арифметичної будуть у межах $12,84 \div 17,16$, а на рівні $P_{0,99}$ – $11,76 \div 18,24$. Так само обчислюють інтервальне значення середньої арифметичної і для другого варіанта.

Відношення похибки вибіркової середньої до її середньої арифметичної, виражене у процентах, називається *відносною похибкою вибіркової середньої* ($s_{\bar{x}}\%$). Визначають її за формулою

$$S_{\bar{x}} \% = \frac{S_{\bar{x}} \cdot 100}{\bar{x}}$$

Для варіанта з рівномірним внесенням добрив відносна похибка вибіркової середньої $S_{\bar{x}} \% = \frac{1,08 \cdot 100}{15} = 7,2\%$, а для варіанта з нерівномірним внесенням добрив $S_{\bar{x}} \% = \frac{2,8 \cdot 100}{15} = 18,7\%$.

Залежно від значення відносної похибки роблять висновки про точність досліду – це різниця між 100% і відносною похибкою ($T=100\% - S_{\bar{x}}\%$). Умовно точність вважають високою, якщо значення $S_{\bar{x}}\%$ не перевищує 3%, середньою – коли воно становить 3–6% і низькою – коли перевищує 7%. Проте у дослідях, проведених на ґрунтах із значною строкатістю родючості, значення відносної похибки буває і більшим. Для підвищення точності таких досліджень треба дбати про те, щоб досліди проводили на вирівняних за родючістю площах.

Обчислення статистичних характеристик великої вибірки

Для великих вибірок ($n > 30$) статистичні характеристики можна обчислювати *способом добутоків*. Слід зазначити, що він досить трудомісткий, особливо для багатозначних чисел та для дуже великих обсягів вибірки. Найбільш зручним є *спосіб умовної середньої*, тобто від довільного початку (A). Для цього одержані дані розміщують у зростаючому порядку, поділяють їх на групи з певним інтервалом (i) і в їх межах визначають частоти (f), тобто кількість членів у кожній групі варіаційного ряду.

Приклад. Беруть підряд 40 колосів пшениці озимої ($n = 40$), підраховують в кожному з них кількість зерен (шт.) і дані розміщують в зростаючому порядку: 27, 31, 33, 33, 35, 36, 36, 36, 36, 36, 36, 36, 36, 37, 37, 37, 37, 37, 37, 37, 37, 37, 37, 37, 37, 38, 38, 38, 38, 38, 38, 38, 39, 39, 39, 40, 40, 41, 41, 42, 43, 44.

Перед обробкою варіаційного ряду визначають число груп ($Ч_2$) за формулою $Ч_2 = \sqrt{n} = \sqrt{40} \approx 6$ груп.

Як правило, коли n знаходиться у межах 30–60, беруть 6–7 груп, у межах 60–100 — 7–8, більше 100 — 8–15 груп. Після цього обчислюють інтервал групи (i) за формулою

$$i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{Ч_2} = \frac{44 - 27}{6} \approx 3.$$

Значення інтервалу групи, якщо він виражений не цілим числом, для зручності розрахунків часто заокруглюють до цілих чисел, а наступні розрахунки ведуть згідно форми, поданої в табл. 24.

24. Допоміжна таблиця для обробки варіаційного ряду великої вибірки кількості зерен у колосі

Інтервал групи	Середнє значення групи, X	Частота, f	Відхилення від довільного початку, X-A	f•(X-A)	(X-A) ²	f•(X-A) ²
27-29	28	1	-9	-9	81	81
30-32	31	1	-6	-6	36	36
33-35	34	3	-3	-9	9	27
36-38	37(A)	25	0	0	0	0
39-41	40	7	3	21	9	63
42-44	43	3	6	18	36	108
Сума		$\sum f = 40$		$\sum f \cdot (X-A) = 15$		$\sum f \cdot (X-A)^2 = 315$

Перша група починається найменшим значенням кількості зерен в колосі – 27 шт., до якого додається інтервал групи „i” без одиниці (3-1=2). Обчислюють середнє значення групи. Одне з цих значень вибирають за довільний початок (A), який повинен займати середнє положення між середніх значень і належати до групи з найбільшою частотою. Таким значенням є 37.

Сума всіх частот повинна дорівнювати обсягу вибірки (n): $\sum f = n = 40$. Віднімаючи значення довільного початку від середніх значень груп матимемо відхилення X – A з відповідним знаком („+” чи „-”). Знак „+” можна опускати.

Статистичні характеристики великих вибірок обчислюють за відповідними формулами в такій послідовності:

$$1. \text{ Довільний момент першого ступеня } e = \frac{\sum f \cdot (X - A)}{n} = \frac{15}{40} = 0,37.$$

$$2. \text{ Середня арифметична } \bar{x} = A + e = 37 + 0,37 \approx 37,4 \text{ шт.}$$

$$3. \text{ Коректуючий фактор } C = \frac{[\sum f \cdot (X - A)]^2}{n} = \frac{15^2}{40} = \frac{225}{40} = 5,63.$$

$$4. \text{ Дисперсія } S^2 = \frac{\sum f \cdot (X - A)^2 - C}{n - 1} = \frac{315 - 5,63}{40 - 1} = \frac{309,37}{39} = 7,93.$$

$$5. \text{ Стандартне відхилення } S = \sqrt{S^2} = \sqrt{7,93} = 2,82 \text{ шт.}$$

6. Коефіцієнт варіації $V = \frac{S \cdot 100}{\bar{x}} = \frac{2,82 \cdot 100}{37,4} = 7,5\%$.

7. Похибка вибіркової середньої $S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{2,82}{\sqrt{40}} = \frac{2,82}{6,32} = 0,45$ шт.

8. Відносна похибка середнього арифметичного

$$S_{\bar{x}} \% = \frac{S_{\bar{x}} \cdot 100}{\bar{x}} = \frac{0,45 \cdot 100}{37,4} = 1,2\%.$$

9. Інтервальна оцінка середньої арифметичної для двох рівнів імовірності

9.1. Обчислюють число ступенів вільності $\nu = n - 1 = 40 - 1 = 39$.

9.2. За таблицею Стюдента (додаток 2) знаходять критерії $t_{0,95}$ (2,04) та $t_{0,99}$ (2,75), які підставляють у формулу $\bar{x} \pm S_{\bar{x}} \cdot t$.

Добуток називають ділянкою індивідуального розсіювання:

$$S_{\bar{x}} \cdot t_{0,95} = 0,45 \cdot 2,04 = 0,92;$$

$$S_{\bar{x}} \cdot t_{0,99} = 0,45 \cdot 2,75 = 1,24.$$

Межі допустимого коливання кількості зерен в колосі встановлюються відніманням значення $S_{\bar{x}} \cdot t$ від середнього арифметичного і додаванням цього значення до нього. Виходячи з цих розрахунків для рівня $P_{0,95}$ коливання кількості зерен в колосі повинне бути в межах $36,5 \div 38,3$, а для рівня ймовірності $P_{0,99} - 36,2 \div 38,6$.

Але в зв'язку з тим, що кількість зерен в колосі являє собою перервну (дискретну) кількісну мінливість і виражається цілими числами, то і розраховані межі повинні виражатись такими ж числами. Після заокруглення для рівнів $P_{0,95}$ і $P_{0,99}$ ними відповідно будуть $37 \div 38$ і $36 \div 39$. Значення кількості зерен в колосі, які не вміщуються в ці межі, бракуються і не приймають участі в подальших дослідженнях.

10. Зобразимо варіаційний ряд графічно (рис. 26).

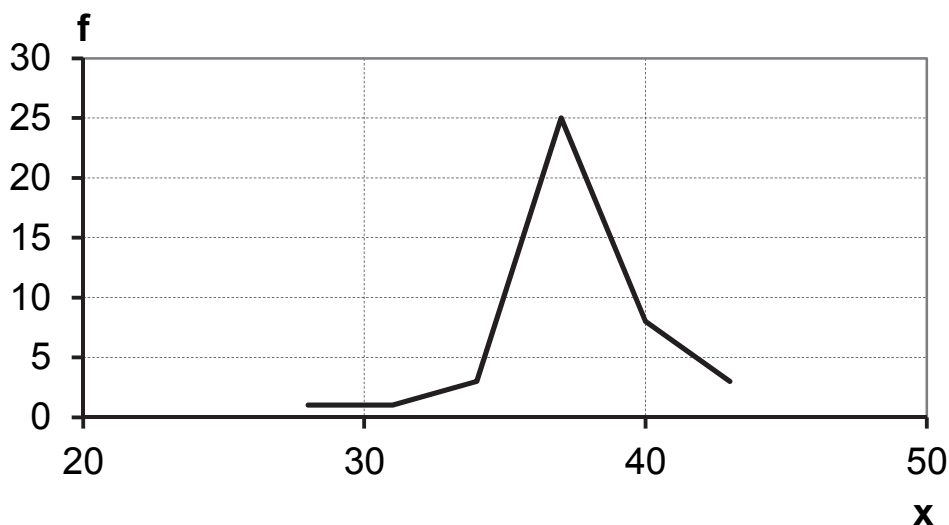


Рис. 26. Графічне зображення варіаційного ряду

Висновки

1. Середня арифметична кількості зерен в колосі дорівнює 37 шт.
2. Коефіцієнт варіації 7,5% свідчить про незначне варіювання кількості зерен в колосі пшениці.
3. Значення відносної похибки 1,2% свідчить про досить високу точність обчислення середньої арифметичної.
4. До даного варіаційного ряду на рівні $P_{0,95}$ належать колоси з кількістю зерен $37 \div 38$ шт., а на рівні $P_{0,99}$ – $36 \div 39$ шт. Всі інші дані, які не ввійшли в інтервал оцінки на обох рівнях надійної імовірності, не належать до даного варіаційного ряду і вважаються не характерними для нього.
5. На графіку крива варіаційного ряду має одну вершину, що свідчить про однорідність вибірки.

2.2. Якісна мінливість

В експериментальній роботі мають справу не тільки з кількісною, але і з якісною мінливістю ознак, яка не має градацій. У кожного окремо взятого члена вибірки така ознака може або бути, або вона відсутня. Наприклад: рослини можуть бути здоровими і хворими; озима пшениця може бути зимостійкою і ні, стійкою до вилягання та нестійкою, зерно її може мати певне забарвлення та не мати.

Групування даних якісної мінливості зводиться до розподілу сукупності об'єктів спостереження на групи з різними якісними ознаками.

Для аналізу варіаційних рядів якісної мінливості обчислюють такі статистичні характеристики: частку наявності ознаки (p); частку відсутності ознаки (q); показник мінливості якісної ознаки – стандартне відхилення (S); коефіцієнт варіації (V_p) і похибку частки (S_p). Частка наявності ознаки – це відношення кількості об'єктів з даною ознакою (n) до загального обсягу вибірки (N). Обчислюють її за формулою $p = n : N$.

Приклад. Після збирання картоплі виявилось, що у сорту Луговська із 100 бульб (N_1) не уражених фітофторозом було 85 (n_1), а у сорту Слов'янка із 100 бульб (N_2) не ураженими виявилось 97 (n_2). Визначимо частку наявності ознаки (p_1 і p_2) у кожного з цих сортів:

$$p_1 = n_1 : N_1 = 85 : 100 = 0,85 \text{ частки або } 85\%;$$

$$p_2 = n_2 : N_2 = 97 : 100 = 0,97 \text{ частки або } 97\%.$$

Частка відсутності ознаки – це різниця між одиницею й часткою наявності ознаки. Цю частку обчислюють за формулою $q = 1 - p$. Для досліджуваних сортів картоплі Луговська і Слав'янка частка відсутності ознаки (або частка ураження бульб) q_1 і q_2 відповідно становитиме:

$$q_1 = 1 - p_1 = 1 - 0,85 = 0,15 \text{ частки або } 15\%;$$

$$q_2 = 1 - p_2 = 1 - 0,97 = 0,03 \text{ частки або } 3\%.$$

Показники мінливості якісної ознаки. Якщо досліджуваний об'єкт має лише дві градації, як у вищенаведеному прикладі, – кількість здорових (якісних) і хворих бульб картоплі, показник мінливості (S) обчислюють за формулою $S = \sqrt{p \cdot q}$. Для сорту Луговська $S_1 = \sqrt{p_1 \cdot q_1} = \sqrt{0,85 \cdot 0,15} = 0,35$, а для сорту Слав'янка $S_2 = \sqrt{p_2 \cdot q_2} = \sqrt{0,97 \cdot 0,03} = 0,17$.

Максимальне значення ($0,5$) мінливості будемо мати за умови, якщо $p = q = 0,5$ ($S_{\max} = \sqrt{p \cdot q} = \sqrt{0,5 \cdot 0,5} = 0,5$).

Якщо об'єкт досліджень має не дві, а більше градацій, то для такої вибірки показник якісної мінливості (S) обчислюють за формулою $S = \sqrt{p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n}$, де $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ – частки ознак із загального обсягу вибірки; n – кількість градацій ознак.

Показник мінливості використовується для визначення коефіцієнта варіювання (V_p) як відношення показника мінливості (S) до його максимального значення (S_{\max}), виражене в процентах. Обчислюється коефіцієнт варіювання в процентах за формулою

$$V_p = \frac{S \cdot 100}{S_{\max}}.$$

Для сорту Луговська коефіцієнт варіювання становитиме

$$V_{p1} = \frac{S_1 \cdot 100}{S_{\max}} = \frac{0,35 \cdot 100}{0,5} = 70\%,$$

$$\text{для сорту Слав'янка } V_{p2} = \frac{S_2 \cdot 100}{S_{\max}} = \frac{0,17 \cdot 100}{0,5} = 34\%.$$

Максимальне значення коефіцієнта варіювання – 100% буває при $S = S_{\max} = 0,5$.

Для оцінки точності в визначенні вибірових середніх арифметичних при якісній мінливості вираховують похибку вибіркової середньої арифметичної за формулою $S_p = \frac{S}{\sqrt{N}}$. Стосовно до альтернативної мінливості вона розраховується за формулою $S_p = \frac{S}{\sqrt{N}} = \frac{\sqrt{p \cdot q}}{\sqrt{N}} =$

$$= \sqrt{\frac{p \cdot q}{N}}.$$

Тоді для сорту Луговська $S_{p1} = \sqrt{\frac{p_1 \cdot q_1}{N_1}} = \sqrt{\frac{0,85 \cdot 0,15}{100}} = 0,036$,

а для сорту Слав'янка $-S_{p2} = \sqrt{\frac{p_2 \cdot q_2}{N_2}} = \sqrt{\frac{0,97 \cdot 0,03}{100}} = 0,017$.

Інтервальну оцінку помилки вибіркової середньої роблять за формулою $p \pm t \cdot S_p$. На рівні імовірності $P_{0,95}$ значення $t = 1,98$, а на рівні $P_{0,99}$ $t = 2,63$.

Для сорту Луговська ці інтервали становитимуть для рівня $P_{0,95}$ $0,85 - 1,98 \cdot 0,036 = 0,78$ і $0,85 + 1,98 \cdot 0,036 = 0,92$, тобто $0,78 \div 0,92$.

Для сорту Слав'янка на цьому рівні нижчий інтервал становитиме $0,97 - 1,98 \cdot 0,017 = 0,94$, а вищий $0,97 + 1,18 \cdot 0,017 = 1,0$, тобто $0,94 \div 1,00$.

Результати статистичного аналізу дозволять вважати, що частка здорових бульб картоплі сорту Луговська може становити 77 – 92%, а сорту Слав'янка – 94 – 100%. Це значить, що сорт Слав'янка стійкіший до хвороби, ніж сорт Луговська.

Для визначення достовірності різниці між частками наявності ознак обчислюють фактичний критерій Стьюдента (t_p):

$$t_p = \frac{p_2 - p_1}{\sqrt{\frac{p_2 \cdot q_2}{N_2} + \frac{p_1 \cdot q_1}{N_1}}} = \frac{0,97 - 0,85}{\sqrt{\frac{0,97 \cdot 0,03}{100} + \frac{0,85 \cdot 0,15}{100}}} = \frac{0,12}{0,03957} = 3,03.$$

Фактичний критерій Стьюдента порівнюють з теоретичним, який беруть із додатку 2 за числом ступенів свободи (v_p)

$$v_p = (N_2 - 1) + (N_1 - 1) = (100 - 1) + (100 - 1) = 99 + 99 = 198.$$

При v_p , яке дорівнює 100 і більше, критерій $t_{0,95} = 1,95$, а $t_{0,99} = 2,58$.

Якщо критерій фактичний дорівнює теоретичному або більший за нього, то різниця достовірна. Користуючись цим правилом роблять висновок – оскільки критерій Стьюдента фактичний між варіантами становить 3,03, що значно більше теоретичних критеріїв на обох рівнях надійної ймовірності, то у картоплі сорту Слав'янка спостерігається достовірне зниження ураження бульб фітофторозом порівняно з сортом Луговська.

Запитання для самоперевірки

- 1. Що називається варіаційним рядом і які його складові ?**
- 2. Які статистичні показники обчислюють при аналізі варіаційних рядів?**
- 3. Які основні статистичні показники якісної мінливості ?**

3. СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ПЕРЕВІРКИ ГІПОТЕЗ

Статистична характеристика вибіркової сукупності є наближеною оцінкою невідомих параметрів генеральної сукупності. При більш складному статистичному аналізі одночасно обробляють декілька вибірок (варіантів), які складають єдиний статистичний комплекс, оформлений у вигляді робочої таблиці. Щоб цю таблицю оформити, одержаний в досліді матеріал попередньо обробляють: перераховують урожай з ділянки на урожайність з гектара; приводять урожай до стандартної вологості (див. частину четверту); розраховують середні врожаї; бракують сумнівні і відновлюють втрачені дані та проводять інші різні перетворення.

3.1. Підготовка даних про врожайність до статистичного налізу

Заокруглення чисел. Насамперед, всі цифрові дані досліджень повинні бути представлені тризначними числами. Наприклад: урожайність цукрових буряків 427 ц/га; озимого ячменю – 42,7 ц/га; волокна льону-довгунця – 4,27 ц/га. Показники, менші за одиницю, виражаються тисячними – 0,427.

Для одержання тризначного числа слід користуватись правилами заокруглення чисел.

Число заокруглюється до більшого, якщо після нього стоять цифри 5 і більші. Наприклад, число 0,9211 округлюється до 0,921, а число 0,9215 округлюється до 0,922.

Обчислення середніх арифметичних. Обчислення середніх арифметичних простих було показано вище. Однак у дослідях трапляються такі ситуації, коли, наприклад, різні рівні врожайності культури стосуються різних площ.

Так, з площі 5 га зібрали по 12 центнерів гречки, а з площі 12 га – по 28 центнерів. Середня арифметична проста складатиме $\frac{(12+28)}{2} = 20$ ц/га.

Але оскільки площі різні, то слід обчислити середню арифметичну зважену ($\bar{x}_{зв}$) за формулою

$$\bar{x}_{зв} = \frac{X_1 \cdot f_1 + X_2 \cdot f_2 + \dots + X_n \cdot f_n}{\sum f},$$

де X_1, X_2, \dots, X_n – варіююча ознака (у нашому прикладі – врожайність

гречки); f – частота (це площі посіву гречки на певному варіанті).

Підставивши у формулу чисельні значення цих показників, матимемо

$$\bar{x}_{зв} = \frac{12 \cdot 5 + 28 \cdot 12}{17} = \frac{396}{17} = 23,3 \text{ ц/га.}$$

Одержаний результат значно відрізняється від визначеної за формулою середньої арифметичної простої, що вказує на необхідність користуватись в цих випадках формулами середньої зваженої.

Бракування сумнівних дат. При аналізі даних у межах кожного варіанта, тобто за повторностями, деякі з них можуть значно відрізнятися від інших і викликати сумнів щодо їх належності до певних варіаційних рядів. Сумнівні дати можна об'єктивно бракувати лише методами математичної статистики.

Наприклад, у досліді, де вивчались попередники пшениці озимої, урожайність зерна цієї культури після кукурудзи на силос по повторностях відповідно складала 28,5; 25,9; 42,8 і 28,3 ц/га.

Щоб встановити, чи всі ці дані належать до одного варіаційного ряду, їх числові значення розміщують у зростаючому порядку: 25,9; 28,3; 28,5 і 42,8.

Найбільш сумнівною є найменша дата – 25,9 та найбільша – 42,8. Для перевірки їх сумнівності кожній з дат привласнюють номер $-25,9 (X_1)$, $28,3 (X_2)$, $28,5 (X_{n-1})$, $40,8 (X_n)$ і обчислюють критерій τ (τ_1) за формулами:

$$\tau_1 = \frac{X_2 - X_1}{X_{n-1} - X_1} = \frac{28,3 - 25,9}{28,5 - 25,9} = \frac{2,4}{2,6} = 0,923;$$

$$\tau_n = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_2} = \frac{42,8 - 28,5}{42,8 - 28,3} = \frac{14,3}{14,5} = 0,986.$$

Розрахункові критерії τ порівнюють з їх теоретичними значеннями і роблять висновки за таким правилом: якщо розраховані критерії (τ_1 і τ_2) більші за теоретичні або дорівнюють їм, то дата, яка перевіряється, є сумнівною і її треба вибракувати. Теоретичні значення критеріїв τ беруть з дод.5 згідно з числом повторностей (n) і рівнем надійної імовірності – $P_{0,95}$ чи $P_{0,99}$. При $n = 4$ критерії τ теоретичні відповідно становлять: $\tau_{0,95} = 0,955$ і $\tau_{0,99} = 0,991$.

Висновки. 1. Оскільки $\tau_1 = 0,923$ менше $\tau_{0,95} (0,955)$ та $\tau_{0,99} (0,991)$, то дата 25,9 не викликає сумніву і її не слід вибракувати. 2. Оскільки $\tau_n = 0,986$ перевищує $\tau_{0,95} (0,955)$, але менше $\tau_{0,99} (0,991)$, то на першому рівні дату 42,8 треба бракувати, а на другому – не треба.

Слід зазначити, що бракування дат за наведеними формулами можливе, якщо кількість повторностей у досліді становить не менше 4 та коли $X_1 \neq X_2$, а $X_{n-1} \neq X_n$, бо при цьому дати не можуть бути сумнівними, тому і не потребують перевірки.

Відновлення втрачених дат. Внаслідок втрачених дат на деяких ділянках певною мірою ускладнюється статистичний аналіз результатів досліджень.

Причинами втрати дат можуть бути сильні зливи (дуже замулюють окремі ділянки), град (випадає смугами), вибіркоче пошкодження зернових культур і соняшнику птахами, шкідниками, хворобами, наїзди транспорту на придорожні ділянки тощо. Втрата дат можлива і в результаті їх бракування. Це може значно вплинути на зміну середніх арифметичних, зменшуючи або збільшуючи їх, що, в свою чергу, призводить до виникнення похибок. Проте їм можна запобігти, відновлюючи втрачені дати за формулою

$$X_{\text{відн.}} = \frac{\ell \cdot V + n \cdot P - \sum X}{(\ell - 1) \cdot (n - 1)},$$

де: $X_{\text{відн.}}$ – дата, яка відновлюється; ℓ – кількість варіантів; V – сума дат у тому варіанті, де є втрачена дата; n – кількість повторностей; P – сума дат у повторенні, де є втрачена дата; $\sum X$ – сума дат у досліді за винятком втраченої дати.

Наприклад, візьмемо врожайність пшениці озимої після різних попередників (табл.25).

25. Урожайність пшениці озимої після різних попередників, ц/га

№ варіанта	Попередник	Повторність			
		I	II	III	IV
1	Багаторічні трави на один укіс	50,1	52,2	54,1	54,3
2	Вико-вівсяна сумішка	47,1	49,0	50,0	52,3
3	Горох	45,7	47,9	48,0	50,1
4	Кукурудза на силос	25,9	28,3	28,5	X_B

З неї видно, у четвертому повторенні четвертого варіанта дата втрачена і її потрібно відновити. Спочатку розраховуємо:

$$V = 25,9 + 28,3 + 28,5 = 82,7;$$

$$P = 54,3 + 52,3 + 50,1 = 156,7;$$

$$\sum X = 50,1 + 52,2 + 54,1 + 54,3 + 47,1 + 49,0 + 50,0 + 52,3 + 45,7 + \\ + 47,9 + 48,0 + 50,1 + 25,9 + 28,3 + 28,5 = 683,5.$$

Підставивши у вищенаведену формулу замість букв їх числові значення матимемо $X_{відн.} = \frac{4 \cdot 82,7 + 4 \cdot 156,7 - 683,5}{(4-1) \cdot (4-1)} = \frac{274,1}{9} = 30,5$.

Відновлену дату – 30,5 ц/га ставлять на місце тієї, що втрачена, і проводять далі відповідну статистичну обробку. При втраті одночасно кількох дат в одному досліді можна використовувати метод статистичної обробки для дослідів з неповним числом дат.

Перетворення вихідних (початкових) дат. Деякі результати досліджень не підпорядковуються законам нормального розподілу. Зрідка мають місце неоднорідність вибірок, значне варіювання в межах варіантів дослідів. Прикладом таких результатів є: кількість бур'янів у різних місцях посіву; поширення хвороб і шкідників на дослідних ділянках; результати досліджень, виражені у балах або відсотках, що наближаються до нуля.

Залежно від фактичних даних у конкретних дослідів перетворення виконують за відповідними формулами.

У дослідів, де обліковують кількість бур'янів у посівах або їх насіння у ґрунті, кількість шкідників чи поширення хвороб та коли результати виражені великими числами, перетворення роблять добуванням кореня квадратного з числа X . Наприклад, кількість насіння бур'янів у ґрунті становить 5041 шт./м². Перетворене значення X становитиме: $X_{перетв} = \sqrt{X} = \sqrt{5041} = 71$.

Ці дані використовують у дисперсійному або інших аналізах, а в кінці аналізів оберненим перетворенням переходять до вихідних дат. Наприклад, у дисперсійному аналізі значення найменшої істотної різниці (НІР) становить 24 шт. насінин бур'янів. Підносимо це число до квадрата ($24^2 = 576$) і одержаний результат порівнюємо з різницею між фактичними (до перетворення) значеннями кількості насіння бур'янів у ґрунті по варіантах.

Вибір методу статистичної обробки даних. Якщо дані не викликають сумніву, обчислюють середні арифметичні для кожного

варіанта, вибирають метод статистичної обробки і виконують відповідний аналіз, наприклад дисперсійний. Вибір статистичного аналізу залежить від методу розміщення варіантів у польових дослідках.

Для дослідів, варіанти в яких розміщені за методом рендомізації (випадковим), застосовують дисперсійний аналіз. В решті випадків застосовують недисперсійні методи статистичної обробки.

Результати дослідів зі стандартним методом розміщення варіантів обробляють різницеvim методом, а з систематичним методом розміщення – дробовим.

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

Залежність між різними показниками рослин, рослинами та їх середовищем визначають за допомогою кореляційних аналізів.

3.2. Дисперсійний аналіз

Суть дисперсійного аналізу. 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. Останні дві причини також впливають на похибки дослідів. Англійський математик Р. Фішер (1890 – 1962) виразив ці зміни *сумами квадратів таких розсіювань*: варіантів – C_v ; повторень – C_p ; похибки – C_z . Їх сума і є сумою квадратів загального розсіювання (C_y). Тоді $C_y = C_v + C_p + C_z$.

Для кожного розсіювання обчислюють *число ступенів свободи* (v): варіантів – $v_v = \ell - 1$; повторень – $v_p = n - 1$; похибки – $v_z = (\ell - 1) \cdot (n - 1)$; загального розсіювання – $N - 1$, де $N = \ell \cdot n$, (ℓ – кількість варіантів, n – кількість повторень).

Діленням певної суми квадратів на число ступенів свободи одержують *дисперсію* – S^2 . Дисперсія – це розсіювання даних дослідів і розчленування загального варіювання врожаю чи інших показників на складові частини. Звідси й назва методу – дисперсійний аналіз. Найбільш застосовувані дисперсія варіантів (S_v^2) та дисперсія похибки – S_z^2 , яку ще називають дисперсією залишку.

Відношення цих двох дисперсій є тим основним критерієм, який дає змогу дати загальну оцінку достовірності різниць між середніми

арифметичними або загальну оцінку достовірності дослідів. Цей критерій позначають першою літерою прізвища автора дисперсійного аналізу Фішера (*критерій Фішера*), який визначають за формулою

$$F_{\text{факт}} = S_v^2 : S_z^2$$

Розрахований критерій Фішера фактичний ($F_{\text{факт.}}$) порівнюють із теоретичним критерієм ($F_{\text{теор.}}$) на певних рівнях надійної імовірності (додатки 3 і 4) та роблять висновки. Якщо критерій Фішера фактичний (розрахований) дорівнює критерію теоретичному або більший від нього ($F_{\text{факт.}} \geq F_{\text{теор.}}$), достовірність різниць між середніми арифметичними доведена. Це означає, що в досліді є одна пара або кілька пар варіантів, між середніми арифметичними яких є достовірна різниця. Якщо $F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$, то достовірних різниць між середніми арифметичними немає.

Буває, що $F_{\text{факт.}}$ лише дещо менший від $F_{\text{теор.}}$. Дотримуючись вищевказаного правила, треба робити висновок про те, що достовірних різниць у досліді немає. Однак продовження аналізу часто дає змогу знайти цю різницю хоч між одною парою варіантів. Тому в таких випадках не варто зупинятись тільки на розрахунках критерію F , а треба знаходити *найменшу істотну різницю* (НІР). З цим статистичним показником порівнюють різницю (d) між середніми арифметичними. Якщо $d \geq \text{НІР}$, то між варіантами є істотна різниця. Докази ведуть, як правило, на рівнях надійної імовірності $P_{0,95}$ та $P_{0,99}$.

Дисперсійний аналіз є найдосконалішим методом статистичної обробки даних. Його переваги полягають у виділенні із загального варіювання його компонентів, розрахуванні узагальненої похибки всього дослідів (E) на основі більшої кількості спостережень, ніж для індивідуальних похибок окремих пар варіантів у недисперсійних методах. Так, при п'яти варіантах і чотирьох повторностях число ступенів свободи похибки v_z становить $(5 - 1) \cdot (4 - 1) = 12$, в той час як для кожного варіанта дослідів окремо воно становить $4 - 1 = 3$, тобто в чотири рази менше, а для пари варіантів $(4 - 1) + (4 - 1) = 6$.

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

Дисперсійний аналіз дає можливість отримати уявлення про ступінь або частку впливу того чи іншого фактору в загальній дисперсії ознаки, яку позначають η^2 і приймають за одиницю або 100%:

$\eta_V^2 = \frac{C_V}{C_Y}$ – вплив варіантів; $\eta_P^2 = \frac{C_P}{C_Y}$ – вплив повторень;

$\eta_Z^2 = \frac{C_Z}{C_Y}$ – вплив випадкових факторів;

$\eta_Y^2 = \eta_V^2 + \eta_P^2 + \eta_Z^2 = 1,0$ (або 100%) – вплив усіх факторів.

Відношення сум квадратів варіантів, повторень і залишку до загального варіювання, позначених тут відповідно η_V^2 , η_P^2 , η_Z^2 показує частку впливу окремих факторів в загальній мінливості ознаки.

Висновок про точність усього дослідження роблять наприкінці дисперсійного аналізу на основі числового значення відносної похибки $S_{\bar{x}}\%$, яку визначають за формулою

$$S_{\bar{x}}\% = \frac{E \cdot 100}{\bar{x}_N},$$

де E – узагальнена похибка дослідження, \bar{x}_N – середня арифметична всього дослідження.

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

Основна відміна дисперсійних аналізів даних у дослідженнях з різною кількістю факторів і з різною повнотою рендомізації та при їх закладанні методом латинського квадрату і латинського прямокутника полягає у формулах і в переліках тих сум квадратів, які розраховуються:

1) неповна рендомізація – $C_Y = C_P + C_V + C_Z$;

2) повна рендомізація – $C_Y = C_V + C_Z$ (виключається сума квадратів розсіювань повторень);

3) латинський квадрат і латинський прямокутник – $C_Y = C_P + C_C + C_V + C_Z$ (добавляється C_C – сума квадратів розсіювань);

4) двофакторний дослід – $C_Y = C_P + C_A + C_B + C_{AB} + C_Z$;

5) трифакторний дослід – $C_Y = C_P + C_A + C_B + C_C + C_{AB} + C_{AC} + C_{BC} + C_{ABC} + C_Z$. У двофакторному і трифакторному досліді суми квадратів розсіювань розчленовуються на окремі фактори та їх взаємодії.

3.2.1. Дисперсійний аналіз однофакторних польових дослідів

Цей аналіз виконаємо на базі даних про врожайність пшениці озимої після різних попередників, перенесених із таблиці 25 у таблицю 26 з врахуванням відновленої дати.

26. Урожайність пшениці озимої після різних попередників, ц/га

№ варіанта	Попередник	Повторність				Сума по варіанту, $\sum V$	Середня по варіанту, \bar{x}
		I	II	III	IV		
1	Конюшина на один укіс	54,3	52,2	54,1	50,1	210,7	52,7
2	Вико-вівсяна сумішка	52,3	49,0	50,0	47,1	198,4	49,6
3	Горох	45,7	47,9	48,0	50,1	191,7	47,9
4	Кукурудза на силос	25,9	28,3	28,5	30,5	113,2	28,3
Сума по повторенню, $\sum P$		178,2	177,4	180,6	177,8	$\sum X = \sum \sum P = \sum \sum V = 714,0$	$\bar{x}_N = 44,6$

Далі розрахунки ведуть в такій послідовності. Вираховують середню врожайність по варіантах $\bar{x}_v = \frac{\sum V}{n}$, і загальну середню врожайність пшениці озимої для всього дослідження $\bar{x}_N = \frac{\sum X}{N}$, де $N = \ell \cdot n = 4 \cdot 4 = 16$. Якщо останнє число буде дробовим, то вибирають довільний початок, значення якого повинне бути цілим числом і близьким до загальної середньої ($A = 45$) і складають табл. 27 відхилень подільночних урожаїв від довільного початку ($X - A$) та визначають суми відхилень по варіантах ($\sum V_A$), по повтореннях ($\sum P_A$) і суму сум по варіантах і повтореннях (L).

27. Відхилення дат від довільного початку

Номер варіанта	Повторність				$\sum V_A$
	I	II	III	IV	
1	9,3	7,2	9,1	5,1	30,7
2	7,3	4,0	5,0	2,1	18,4
3	0,7	2,9	3,0	5,1	11,7
4	-19,1	-16,7	-16,5	-14,5	-66,8
$\sum P_A$	-1,8	-2,6	0,6	-2,2	$L = -6,0$

Всі одержані відхилення та їх суми підносять до квадрата і записують до табл. 28.

28. Квадрати відхилень дат від довільного початку

Номер варіанта	Повторність				$\sum V_A^2$
	I	II	III	IV	
1	86,49	51,84	82,81	26,01	942,49
2	53,29	16,00	25,00	4,41	338,56
3	0,49	8,41	9,00	26,01	136,89
4	364,81	278,89	272,25	210,25	4462,24
$\sum P_A^2$	3,24	6,76	0,36	4,84	$L^2 = 36,0$

Далі розраховують коректуючий фактор (С) і суми квадратів розсіювань: загального (C_y); повторень (C_p); варіантів (C_v); залишку або похибки (C_z). Для цього користуються такими формулами:

$$C = \frac{L^2}{N} = \frac{36}{16} = 2,25;$$

$$C_y = \sum (X - A)^2 - C = (86,49 + 51,84 + 82,81 + 26,01 + 53,29 + 16,00 + 25,00 + 4,41 + 0,49 + 8,41 + 9,00 + 26,01 + 364,81 + 278,89 + 272,25 + 210,25) - 2,25 = 1515,96 - 2,25 = 1513,71;$$

$$C_p = \sum P_A^2 \cdot \ell - C = (3,24 + 6,76 + 0,36 + 4,84) \cdot 4 - 2,25 = 15,2 : 4 - 2,25 = 1,55;$$

$$C_v = \sum V_A^2 : n - C = (942,49 + 338,56 + 136,89 + 4462,24) : 4 - 2,25 = 5880,18 : 4 - 2,25 = 1467,79;$$

$$C_z = 1513,71 - 1,55 - 1467,79 = 44,37.$$

Обчислюють число ступенів вільності загального розсіювання (v_y), повторень (v_p), варіантів (v_v) та похибки (v_z):

$$v_y = N - 1 = 16 - 1 = 15; v_v = \ell - 1 = 4 - 1 = 3; v_p = n - 1 = 4 - 1 = 3;$$

$$v_z = (\ell - 1) \cdot (n - 1) = (4 - 1) \cdot (4 - 1) = 3 \cdot 3 = 9.$$

Одержані дані розрахунків заносять до лівої частини табл. 29, на основі яких обчислюють дисперсію варіантів (S_v^2), дисперсію похибки (S_z^2) та критерій Фішера фактичний ($F_{\text{факт.}}$).

Дисперсії варіантів (S_v^2) та похибки (S_z^2) розраховують за такими формулами:

$$S_v^2 = C_v : v_v = 1467,79 : 3 = 489,26;$$

$$S_z^2 = C_z : v_z = 44,37 : 9 = 4,93.$$

29. Результати дисперсійного аналізу

Розсіювання	Суми квадратів	ν	S^2	$F_{\text{факт.}}$	$F_{\text{теор.}}$	
					$P_{0,95}$	$P_{0,99}$
Загальне	1513,80	15	—	98,84	3,86	6,99
Повторень	1,48	3	—			
Варіантів	1467,79	3	489,26			
Похибки	44,53	9	4,95			

Критерій Фішера фактичний розраховують за формулою:

$$F_{\text{факт.}} = S_v^2 : S_z^2 = 489,26 : 4,95 = 98,84.$$

Теоретичне значення критерію Фішера знаходять у додатках 3 і 4 за числом ступенів вільності варіантів $\nu_v = 3$ (більша дисперсія) та похибки $\nu_z = 9$ (менша дисперсія). На перетині цих чисел теоретичне значення критерію Фішера становить при $P_{0,95}$ 3,86 і при $P_{0,99}$ – 6,99. Якщо критерій Фішера фактичний дорівнює теоретичному або більший від нього, то різниця між всіма чи окремими варіантами дослідження вважається достовірною. В нашому прикладі $F_{\text{факт.}} = 98,84$, що значно більше за $F_{0,95}$ і $F_{0,99}$, які складають відповідно 3,86 і 6,99, свідчить про достовірність цих різниць на обох рівнях надійної ймовірності.

Далі розраховують узагальнену похибку дослідження (E) та похибку різниці (S_d) за формулами:

$$E = \sqrt{S_z^2 : n} = \sqrt{4,93 : 4} = 1,11 \text{ ц / га};$$

$$S_d = E \cdot 1,41 = 1,11 \cdot 1,41 = 1,57 \text{ ц/га.}$$

Найменшу істотну різницю (НІР) розраховують, як правило, на двох рівнях надійної ймовірності ($P_{0,95}$ і $P_{0,99}$) за такими формулами:

$$НІР_{0,95} = S_d \cdot t_{0,95};$$

$$НІР_{0,99} = S_d \cdot t_{0,99}.$$

Теоретичне значення критерію Стюдента знаходять у додатку 2 за числом ступенів вільності залишкового розсіювання (похибки), яке у нашому випадку становить на рівнях ймовірності $P_{0,95}$ і $P_{0,99}$ відповідно 2,26 і 3,25.

Для характеристики істотності приватних різниць і точності дослідження розраховуємо:

найменшу істотну різницю:

$$HIP_{0,95} = S_d \cdot t_{0,95} = 1,57 \cdot 2,26 = 3,55 \text{ ц/га};$$

$$HIP_{0,99} = S_d \cdot t_{0,99} = 1,57 \cdot 3,25 = 5,1 \text{ ц/га}.$$

відносну похибку всього досліджу

$$S_{\bar{x}}\% = \frac{E \cdot 100}{\bar{x}_N} = \frac{1,11 \cdot 100}{44,6} = 2,49\%.$$

точність досліджу $T\% = 100 - 2,49 = 97,51\%$.

Одержані дані заносять до підсумкової табл. 30.

30. Підсумкова таблиця дисперсійного аналізу

Номер варіанта	Попередник	\bar{x}	Різниця, d	НІР		$S_{\bar{x}}\%$	T%
				0,95	0,99		
1	Конюшина на один укіс	52,7	–	3,55	5,1	2,49	97,51
2	Вико-вівсяна сумішка	49,6	-3,1				
3	Горох	47,9	-4,8				
4	Кукурудза на силос	28,3	-24,4				

Порівнюючи різниці між дослідними варіантами і контролем та різниці між окремими дослідними варіантами із значенням НІР на обох рівнях надійної імовірності роблять висновок про істотність цих різниць дотримуючись правила: якщо різниці більші за значення НІР або дорівнюють йому, то ці різниці істотні.

Висновок:

- оскільки критерій Фішера фактичний становить 98,8, що більше за $F_{0,95}$ (3,86) і $F_{0,99}$ (6,99), то різниця між всіма окремими варіантами досліджу достовірна на обох рівнях надійної імовірності;
- точність обчислення середніх арифметичних висока, тому що значення $S_{\bar{x}}\%$ не перевищує 3%;
- зниження врожайності в другому варіанті проти контролю не істотне, тому що різниця між середніми цих варіантів менша від НІР на обох рівнях імовірності.

В третьому варіанті зниження врожайності порівняно з контролем істотне лише при $HP_{0,95}$, а в четвертому – зниження істотне на обох рівнях імовірності. Якість попередників в другому і третьому варіантах можна вважати рівноцінною в зв'язку з тим, що різниця в урожайності між ними не перевищує HP на обох рівнях імовірності.

3.2.2. Дисперсійний аналіз двофакторного польового дослідження

Багатофакторний дисперсійний комплекс – це сукупність вихідних даних (дат), які дають можливість статистично оцінити дію і взаємодію декількох досліджуваних факторів на варіювання результативної ознаки. Ефект взаємодії складає ту частину загального варіювання, яка визнана різною дією одного фактора при різних градаціях другого. Специфічна дія поєднання в ПФД виявляється тоді, коли при одній градації першого фактора дія другого слабка або вона пригнічується, а при другій градації він проявляється сильно і стимулює розвиток результативної ознаки

В польовому дослідженні часто ефект від сумісного застосування досліджуваних факторів більший (синергізм) або менший (антагонізм) суми ефектів від роздільного застосування кожного із них. Отже, існує взаємодія факторів: в першому випадку позитивна, а в другому – негативна. Коли фактори не взаємодіють, приріст від сумісної дії їх рівний сумі приростів від окремої дії (адитивізм).

Дисперсійний аналіз двофакторного дослідження проведемо на прикладі з вивченням глибин оранки та норм азоту під пшеницю озиму (табл. 31).

31. Урожайність пшениці озимої за різних глибин обробки ґрунту та норм внесеного азоту, ц/га

Глибина оранки, см (фактор А)	Норма азоту (фактор В)	Повторність				ΣV	\bar{x}_V
		I	II	III	IV		
20 – 22	N ₃₀	48,1	46,3	54,0	52,7	201,1	50,3
	N ₆₀	50,6	54,2	52,4	58,8	216,0	54,0
	N ₉₀	61,0	55,3	62,8	58,4	237,5	59,4
10 – 12	N ₃₀	52,6	55,3	56,7	54,9	219,5	54,9
	N ₆₀	54,2	59,1	57,4	57,8	228,5	57,1
	N ₉₀	64,0	62,2	66,1	65,4	257,7	64,4
ΣP		330,5	332,4	349,4	348,0	$\Sigma X=1360,3$	$\bar{x}_N=56,7$

Статистичну обробку даних двофакторного дослідження проводять методом дисперсійного аналізу поетапно.

На першому етапі обробку ведуть як і даних однофакторного дослідження, визначаючи загальне розсіювання, розсіювання варіантів, повторень і похибки. Це дає можливість визначити критерій F, похибку дослідження та істотність різниці між варіантами.

За довільний початок прийmemo $A = 57$ і підрахуємо відхилення дат від нього (табл. 32).

32. Відхилення дат від довільного початку ($X - A$)

Глибина оранки, см (фактор А)	Норма азоту (фактор В)	Повторність				ΣV
		I	II	III	IV	
20 – 22	N ₃₀	-8,9	-10,7	-3,0	-4,3	-26,9
	N ₆₀	-6,4	-2,8	-4,6	1,8	-12,0
	N ₉₀	4,0	-1,7	5,8	1,4	9,5
10 – 12	N ₃₀	-4,4	-1,7	-0,3	-2,1	-8,5
	N ₆₀	-2,8	2,1	0,4	0,8	0,5
	N ₉₀	7,0	5,2	9,1	8,4	29,7
ΣP		-11,5	-9,6	7,4	6,0	$L = -7,7$

Далі розраховуємо квадрати відхилень дат від довільного початку (табл. 33).

33. Квадрати відхилень дат від довільного початку $(X - A)^2$

Глибина оранки, см (фактор А)	Норма азоту (фактор В)	Повторність				ΣV^2
		I	II	III	IV	
20 – 22	N ₃₀	79,21	114,49	9,00	18,49	723,61
	N ₆₀	40,96	7,84	21,16	3,24	144,00
	N ₉₀	16,00	2,89	33,64	1,96	90,25
10 – 12	N ₃₀	19,36	2,89	0,09	4,41	72,25
	N ₆₀	7,84	4,41	0,16	0,64	0,25
	N ₉₀	49,00	27,04	82,81	70,56	882,09
ΣP^2		132,25	92,16	54,76	36,0	$L^2 = 59,29$

Кількість варіантів $\ell = \ell_A \cdot \ell_B = 2 \cdot 3 = 6$.

Загальне число дат $N = \ell \cdot n = 6 \cdot 4 = 24$.

$$\text{Коректуючий фактор } C = \frac{L^2}{N} = \frac{59,29}{24} = 2,47.$$

$$\text{Загальне розсіювання } C_y = \sum(X - A)^2 - C = (79,21 + 114,49 + \dots + 82,81 + 70,56) - 2,47 = 618,09 - 2,47 = 615,62.$$

$$\text{Розсіювання повторень } C_p = \sum P^2: \ell - C = (132,25 + 92,16 + 54,76 + 36,0) : 6 - 2,47 = 315,17 : 6 - 2,47 = 50,06.$$

$$\text{Розсіювання варіантів } C_v = \sum V^2: n - C = (723,61 + 144,00 + 90,25 + 72,25 + 0,25 + 882,09) : 4 - 2,47 = 475,64.$$

$$\text{Залишкове розсіювання (похибка) } C_z = C_y - C_p - C_v = 615,62 - 50,06 - 475,64 = 89,92.$$

Фактори, які вивчаються в досліді – глибини обробітку і азотне удобрення – істотно вплинули на варіювання врожаю, тому що в загальному розсіюванні їх частка складає $(C_v : C_y) \cdot 100 = (475,64 : 615,62) \cdot 100 = 77,3\%$.

На цій стадії статистичної обробки є можливість дати загальну оцінку істотності різниці між варіантами, склавши таблицю дисперсійного аналізу й визначивши фактичне значення критерію Фішера (табл. 34). Воно свідчить про те, що вплив факторів, які вивчаються в досліді, достовірний на обох рівнях імовірності ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$).

34. Таблиця дисперсійного аналізу

Розсіювання	Суми квадратів	v	S ²	F _{факт.}	F _{теор.}	
					P _{0,95}	P _{0,99}
Загальне	615,62	23	–	15,88	2,90	4,56
Повторень	50,06	3	–			
Варіантів	475,64	5	95,13			
Похибки	89,92	15	5,99			

Якби це був однофакторний дослід, то можна було б відразу порівнювати варіанти між собою й оцінювати істотність різниці між їх урожаями за допомогою критерію t. Але завдання двофакторного досліді значно ширше – тут увага зосереджується на вивченні кожного фактора окремо та на визначенні їх взаємодії.

Тому на другому етапі статистичної обробки даних двофакторного досліді визначають так звані головні ефекти факторів, що вивчаються, та їх взаємодію.

Щоб мати уявлення про ефективність кожного фактора необхідно попередньо скласти табл. 35 про суму квадратів, яку беруть з табл. 33.

35. Таблиця для обчислення дії і взаємодії факторів

Глибини оранки, см (фактор А)	Норма азоту (фактор В)			ΣA^2
	N ₃₀	N ₆₀	N ₉₀	
20 – 22	723,61	144,00	90,25	957,86
10 – 12	72,25	0,25	882,09	954,59
ΣB^2	795,86	144,25	972,34	$\Sigma X=1912,45$

Розсіювання по фактору А

$$C_A = \Sigma A^2: (\ell_B \cdot n) - C = (957,86 + 954,59): (3 \cdot 4) - 2,47 = 156,9.$$

Розсіювання по фактору В

$$C_B = \Sigma B^2: (\ell_A \cdot n) - C = (795,86 + 144,25 + 972,34): (2 \cdot 4) - 2,47 = 236,59.$$

Розсіювання по взаємодії факторів АВ

$$C_{AB} = C_v - C_A - C_B = 475,64 - 156,9 - 236,59 = 82,15.$$

Число ступенів свободи всіх розсіювань:

$$v_y = N - 1 = 24 - 1 = 23; v_B = \ell_B - 1 = 3 - 1 = 2;$$

$$v_p = n - 1 = 4 - 1 = 3; v_{AB} = (\ell_A - 1) \cdot (\ell_B - 1) = (2 - 1) \cdot (3 - 1) = 2;$$

$$v_A = \ell_A - 1 = 2 - 1 = 1; v_z = v_y - v_p - v_A - v_B - v_{AB} = 23 - 3 - 1 - 2 - 2 = 15.$$

Після цього складають табл. 36 про результати дисперсійного аналізу, попередньо розрахувавши дисперсії та критерії Фішера.

Дисперсії окремо для факторів А і В та їх взаємодії АВ:

$$S_A^2 = C_A: v_A = 156,9: 1 = 156,9;$$

$$S_B^2 = C_B: v_B = 236,59: 2 = 118,30;$$

$$S_{AB}^2 = C_{AB}: v_{AB} = 82,15: 2 = 41,07;$$

$$S_Z^2 = C_z: v_z = 89,92: 15 = 5,99.$$

Критерії Фішера фактичні:

$$F_A = S_A^2: S_Z^2 = 156,9: 5,99 = 26,19;$$

$$F_B = S_B^2: S_Z^2 = 118,30: 5,99 = 19,75;$$

$$F_{AB} = S_{AB}^2: S_Z^2 = 41,07: 5,99 = 6,86.$$

36. Результати дисперсійного аналізу

Розсіювання	Суми квадратів	v	S ²	F _{факт.}	F _{теор.}	
					P _{0,95}	P _{0,99}
Загальне	615,62	23	–	–	–	–
Повторень	50,06	3	–	–	–	–
Фактору А	156,9	1	156,9	26,19	4,54	8,68
Фактору В	236,59	2	118,30	19,75	3,60	6,36
Взаємодії АВ	82,15	2	41,07	6,86	3,60	6,36
Похибки	89,92	15	5,99	–	–	–

Оскільки критерії Фішера фактичні F_A , F_B та F_{AB} становлять відповідно 26,19; 19,75 і 6,86, що значно більше за теоретичні критерії на обох рівнях імовірності, то глибини оранки та норми азоту достовірно впливають на врожайність пшениці озимої.

Щоб встановити, між якими середніми існує істотна різниця, розраховують:

– узагальнену похибку для всього дослідження

$$E = \sqrt{\frac{S_Z^2}{n}} = \sqrt{\frac{5,99}{4}} = 1,22 \text{ ц/га};$$

– узагальнену похибку для фактора А

$$E_A = \sqrt{S_Z^2 : \ell_B \bullet n} = \sqrt{\frac{5,99}{3 \bullet 4}} = 0,71 \text{ ц/га};$$

– узагальнену похибку для фактора В

$$E_B = \sqrt{S_Z^2 : \ell_A \bullet n} = \sqrt{\frac{5,99}{2 \bullet 4}} = 0,86 \text{ ц/га};$$

– похибку різниці для всього дослідження

$$S_d = E \bullet 1,41 = 1,22 \bullet 1,41 = 1,72 \text{ ц/га};$$

– похибку різниці для фактора А

$$S_{dA} = E_A \bullet 1,41 = 0,71 \bullet 1,41 = 1,00 \text{ ц/га};$$

– похибку різниці для фактора В

$$S_{dB} = E_B \bullet 1,41 = 0,86 \bullet 1,41 = 1,21 \text{ ц/га}.$$

Далі розраховують найменші істотні різниці для:

– всього дослідження

$$HIP_{0,95} = S_d \bullet t_{0,95} = 1,72 \bullet 2,13 = 3,66 \text{ ц/га};$$

$$HIP_{0,99} = S_d \bullet t_{0,99} = 1,72 \bullet 2,95 = 5,07 \text{ ц/га};$$

– фактора А

$$HIP_{0,95} = S_{dA} \cdot t_{0,95} = 1 \cdot 2,13 = 2,13 \text{ ц/га};$$

$$HIP_{0,99} = S_{dA} \cdot t_{0,99} = 1 \cdot 2,95 = 2,95 \text{ ц/га};$$

– фактора В

$$HIP_{0,95} = S_{dB} \cdot t_{0,95} = 1,21 \cdot 2,13 = 2,58 \text{ ц/га};$$

$$HIP_{0,99} = S_{dB} \cdot t_{0,99} = 1,21 \cdot 2,95 = 3,57 \text{ ц/га}.$$

Відносна похибка всього досліджу

$$S_{\bar{x}} \% = \frac{E \cdot 100}{\bar{x}_N} = \frac{1,22 \cdot 100}{56,7} = 2,15\%.$$

Така низька відносна похибка свідчить про високу точність проведених досліджень. Точність досліджу

$$T\% = 100 - 2,15 = 97,85\%.$$

Після цих розрахунків складають підсумкову таблицю 37.

37. Підсумкова таблиця дисперсійного аналізу даних двофакторного досліджу

Глибини оранки, см (фактор А)	Дози азоту (фактор В)	\bar{x}_v	Різниця за фактором		НІР		$S_{\bar{x}} \%$	Т%
			А	В	0,95	0,99		
20 – 22	N ₃₀	50,3	–	–	3,7	5,1	2,15	97,85
	N ₆₀	54,0	–	3,7				
	N ₉₀	59,4	–	9,1				
10 – 12	N ₃₀	54,9	4,6	–				
	N ₆₀	57,1	3,1	2,2				
	N ₉₀	64,4	5,0	9,5				
НІР _{0,95} за факторами			2,1	2,6				
НІР _{0,99} за факторами			3,0	3,6				

Для більш наглядного показу впливу окремих елементів досліджу на урожайність пшениці озимої визначимо ці частки і зобразимо у вигляді кругової діаграми (рис. 27).

Частка впливу глибини оранки (фактор А)

$$\eta_A^2 = \frac{C_A}{C_y} = \frac{156,9}{615,62} = 0,255 \text{ або } 25,5\%.$$

Частка впливу норм внесення азоту (фактор В)

$$\eta_B^2 = \frac{C_B}{C_y} = \frac{236,59}{615,62} = 0,384 \text{ або } 38,4\%.$$

Частка взаємодії глибини оранки і норм внесення азоту

$$\eta_{AB}^2 = \frac{C_{AB}}{C_y} = \frac{82,15}{615,62} = 0,133 \text{ або } 13,3\%.$$

Частка впливу повторень

$$\eta_P^2 = \frac{C_P}{C_y} = \frac{50,06}{615,62} = 0,0813 \text{ або } 8,13\%.$$

Частка впливу похибки

$$\eta_Z^2 = \frac{C_Z}{C_y} = \frac{89,92}{615,62} = 0,146 \text{ або } 14,6\%.$$

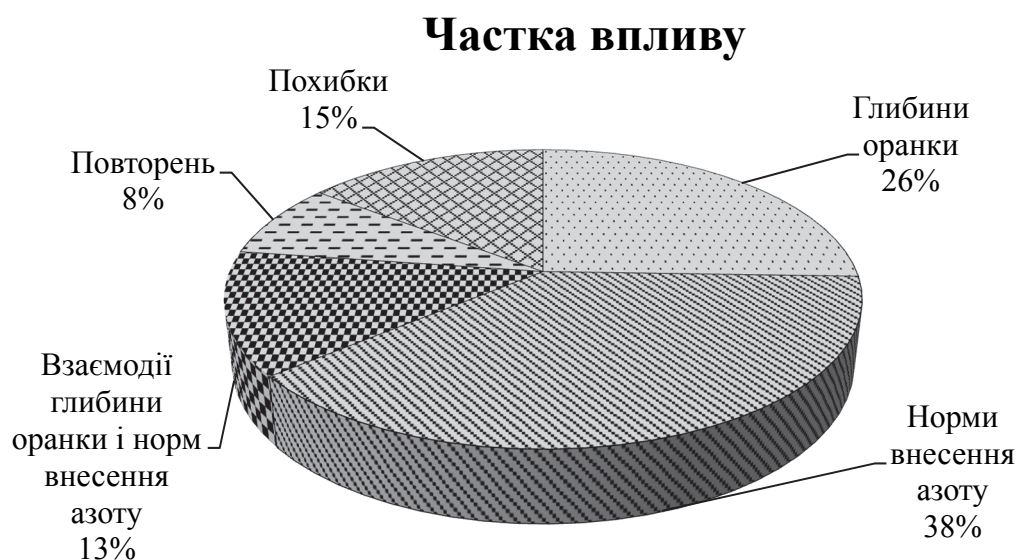


Рис. 27. Частка впливу окремих елементів дослідження на урожайність пшениці озимої

Висновки:

За фактором А – використання оранки на 10–12 см замість оранки на 20–22 см дає істотний приріст урожаю пшениці озимої на всіх фонах удобрення.

За фактором В – на фоні глибшої оранки істотний приріст урожаю на обох рівнях надійної імовірності забезпечує внесення обох підвищених норм азоту, а на фоні мілкої оранки – лише внесення N₉₀.

3.3. Недисперсійні методи статистичної обробки результатів досліджень

Недисперсійні методи, як вже відзначалось, застосовуються для статистичної обробки результатів, одержаних в дослідках з нерендомізованим розміщенням варіантів. До них відносять дробовий та різницевий методи.

3.3.1. Дробовий метод статистичної обробки результатів досліджень

Дробовий метод обробки застосовують для дослідів, розміщених систематичним методом. Він запозичений із біометрії, де мають справу з великою кількістю повторних спостережень. Таким умовам часто відповідають результати польових і лабораторних досліджень більш-менш однорідної сукупності, варіювання об'єктів якої обумовлено випадковими факторами.

Для обробки цим методом використаємо дані про врожайність трьох гібридів кукурудзи по повторностях, які записують до табл. 38, а далі розрахунки ведуть згідно її форми в такій послідовності.

38. Урожайність (X) різних гібридів кукурудзи, ц/га

Гібрид	Повторність	X	$X - \bar{x}$	$(X - \bar{x})^2$	$S_{\bar{x}}$	$S_{\bar{x}}\%$
Перший	I	76	-4	16	1,58	1,98
	II	82	2	4		
	III	79	-1	1		
	IV	83	3	9		
$\bar{x}_1=80$		$\sum(X-\bar{x})=0$		$\sum(X-\bar{x}_1)^2=30$	-	
Другий	I	87	-5	25	2,61	2,84
	II	97	5	25		
	III	88	-4	16		
	IV	96	4	16		
$\bar{x}_2=92$		$\sum(X-\bar{x})=0$		$\sum(X-\bar{x}_2)^2=82$	-	
Третій	I	86	1	1	1,87	2,12
	II	85	0	0		
	III	80	-5	25		
	IV	89	4	16		
$\bar{x}_3=85$		$\sum(X-\bar{x})=0$		$\sum(X-\bar{x}_3)^2=42$	-	

Визначають середні арифметичні:

$$\bar{x}_1 = \frac{76+82+79+83}{4} = 80 \text{ ц/га};$$

$$\bar{x}_2 = \frac{87+97+88+96}{4} = 92 \text{ ц/га};$$

$$\bar{x}_3 = \frac{86+85+80+89}{4} = 85 \text{ ц/га}.$$

Від значення врожайності по повторностях віднімають середнє арифметичне по варіанту й одержують відхилення $(X - \bar{x})$.

Далі відхилення підносять до квадрата, додають і їх суми – $\sum(X - \bar{x})^2$ – використовують для обчислення похибки середніх арифметичних ($S_{\bar{x}}$) для кожного варіанта окремо:

$$S_{\bar{x}_1} = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{x}_1)^2}{n \cdot (n-1)}} = \sqrt{\frac{30}{4 \cdot (4-1)}} = 1,58; \quad S_{\bar{x}_2} = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{x}_2)^2}{n \cdot (n-1)}} = \sqrt{\frac{82}{4 \cdot (4-1)}} = 2,61;$$

$$S_{\bar{x}_3} = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{x}_3)^2}{n \cdot (n-1)}} = \sqrt{\frac{42}{4 \cdot (4-1)}} = 1,87.$$

Підраховують похибку різниць:

– між першим і другим гібридом

$$S_{d(1-2)} = \sqrt{S_{\bar{x}_1}^2 + S_{\bar{x}_2}^2} = \sqrt{1,58^2 + 2,61^2} = 3,01;$$

– між першим і третім гібридом

$$S_{d(1-3)} = \sqrt{S_{\bar{x}_1}^2 + S_{\bar{x}_3}^2} = \sqrt{1,58^2 + 1,87^2} = 2,45;$$

– між другим і третім гібридом

$$S_{d(2-3)} = \sqrt{S_{\bar{x}_2}^2 + S_{\bar{x}_3}^2} = \sqrt{2,61^2 + 1,87^2} = 3,21.$$

Розраховують критерії Стюдента фактичні (t_{ϕ}) для різниць:

– між першим і другим гібридом

$$t_{(1-2)} = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{S_{d(1-2)}} = \frac{92 - 80}{3,01} = 3,99;$$

– між першим і третім гібридом

$$t_{(1-3)} = \frac{\bar{x}_3 - \bar{x}_1}{S_{d(1-3)}} = \frac{85 - 80}{2,45} = 2,04;$$

– між другим і третім гібридом

$$t_{(2-3)} = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_3}{S_{d(2-3)}} = \frac{92 - 85}{3,21} = 2,18.$$

Для встановлення достовірності різниці між варіантами (гібридами) фактичні критерії Стюдента порівнюють з теоретичними. Якщо фактичні критерії дорівнюють теоретичним або більші від них, то роблять висновок, що різниця між середніми арифметичними достовірна.

Теоретичні значення критерію Стюдента знаходять на двох

рівнях надійної імовірності ($P_{0,95}$ і $P_{0,99}$) у таблиці (додаток 2) за числом ступенів свободи (ν), яке вираховують за формулою:

$$\nu = 2 \cdot (n - 1) = 2 \cdot (4 - 1) = 6$$

При $\nu=6$ теоретичне значення $t_{0,95} = 2,45$, а $t_{0,99} = 3,71$. Порівнявши ці значення з фактичними роблять висновок про достовірність різниці між варіантами.

Оскільки критерій Стюдента між середніми арифметичними першого і другого варіантів становить $t_{1-2} = 3,99$, що більше за $t_{0,95}$ (2,45) і $t_{0,99}$ (3,71), то другий гібрид порівняно з першим забезпечує приріст урожаю 12 ц/га, який достовірний на обох рівнях надійної імовірності. Між першим і третім та другим і третім варіантами критерій Стюдента фактичний становить відповідно 2,04 і 2,18, що менше за $t_{0,95}$ і $t_{0,99}$ та свідчить про відсутність достовірної різниці між урожаєм гібридів першим і третім та другим і третім.

Точність визначення середніх арифметичних кожного варіанта оцінюють за відносною похибкою $S_{\bar{x}}\%$

$$S_{\bar{x}_1}\% = \frac{S_{\bar{x}_1} \cdot 100}{\bar{x}_1} = \frac{1,58 \cdot 100}{80} = 1,98\%; \quad S_{\bar{x}_2}\% = \frac{S_{\bar{x}_2} \cdot 100}{\bar{x}_2} = \frac{2,61 \cdot 100}{92} = 2,84\%;$$

$$S_{\bar{x}_3}\% = \frac{S_{\bar{x}_3} \cdot 100}{\bar{x}_3} = \frac{1,87 \cdot 100}{85} = 2,20.$$

Загальну відносну похибку для всього дослідження $S_{\bar{x}}\%_{заг}$ розраховують за формулою простої арифметичної

$$S_{\bar{x}}\%_{заг} = \frac{S_{\bar{x}_1}\% + S_{\bar{x}_2}\% + S_{\bar{x}_3}\%}{\ell} = \frac{1,98 + 2,84 + 2,20}{3} = 2,34\%.$$

Оскільки значення $S_{\bar{x}}\%$ становить 2,34% і не перевищує 3%, то точність дослідження вважається високою – $T\% = 100 - 2,34 = 97,66\%$. Середня точність дослідження складає 97–94%, а низька – $< 93\%$.

3.3.2. Різницевий метод статистичної обробки результатів досліджень

Різницевий метод обробки застосовують для опрацювання результативності дослідів, у яких варіанти розміщені стандартними (ямб-, дактиль-) методами. Найчастіше їх використовують у сорто-

вивченні, а також в інших дослідях за умови сильного варіювання родючості ґрунту. Контрольний та дослідний варіанти в кожному повторенні при стандартному методі розміщення перебувають практично в однакових ґрунтових умовах, що підвищує достовірність різниць між варіантами. Щоб довести високу ефективність стандартного розміщення варіантів, використаємо дані попереднього прикладу з вивченням гібридів кукурудзи, які умовно розміщені ямб-методом (табл. 39).

39. Обробка даних про врожайність різних гібридів кукурудзи, ц/га

Повторність	Гібрид		d	$d - \bar{d}$	$(d - \bar{d})^2$
	II	I			
I	87	76	11	-1	1
II	88	79	9	-3	9
III	96	82	14	2	4
IV	97	83	14	2	4
–	$\bar{x}_2 = 92$	$\bar{x}_1 = 80$	$\bar{d} = 12$	$\Sigma = 0$	$\Sigma(d - \bar{d})^2 = 18$

Повторність	Гібрид		d	$d - \bar{d}$	$(d - \bar{d})^2$
	III	I			
I	80	76	4	-1	1
II	85	79	6	1	1
III	86	82	4	-1	1
IV	89	83	6	1	1
–	$\bar{x}_3 = 85$	$\bar{x}_1 = 80$	$\bar{d} = 5$	$\Sigma = 0$	$\Sigma(d - \bar{d})^2 = 4$

Різниці (d) обчислюють між урожайністю гібридів в межах кожного повторення: $87 - 76 = 11$; $88 - 79 = 9$ і т.д. Потім визначають середні арифметичні різниць: $(11 + 9 + 14 + 14) : 4 = 12$; $(4 + 6 + 4 + 6) : 4 = 5$.

Відхилення $d - \bar{d}$ – це залишок при відніманні від кожної різниці їх середнього значення: $11 - 12 = -1$; $9 - 12 = -3$ і т.д.

Далі відхилення підносять до квадрату й додають, а суми $-\Sigma(d - \bar{d})^2$ – використовують для визначення похибок різниць (S_d), користуючись формулами:

$$S_{d_{1(2-1)}} = \sqrt{\frac{\Sigma(d - \bar{d})^2}{n \cdot (n-1)}} = \sqrt{\frac{18}{4 \cdot (4-1)}} = 1,22; \quad S_{d_{2(3-1)}} = \sqrt{\frac{\Sigma(d - \bar{d})^2}{n \cdot (n-1)}} = \sqrt{\frac{4}{4 \cdot (4-1)}} = 0,58.$$

Критерії достовірності Стьюдента фактичні обчислюють за формулою:

$$t_{1(2-1)} = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{S_{d1(2-1)}} = \frac{92 - 80}{1,22} = \frac{12}{1,22} = 9,84; \quad t_{2(3-1)} = \frac{\bar{x}_3 - \bar{x}_1}{S_{d2(3-1)}} = \frac{85 - 80}{0,58} = \frac{5}{0,58} = 8,62.$$

Теоретичні значення критеріїв беруть із додатку 2 за числом ступенів свободи, які обчислюють за формулою: $v = (n_2 - 1) + (n_1 - 1) = (4 - 1) + (4 - 1) = 6$. На рівні $P_{0,95}$ $t_{0,95} = 2,45$, а на рівні $P_{0,99}$ $t_{0,99} = 3,71$.

Порівнюючи критерії фактичні з теоретичними роблять висновок про достовірність різниць між варіантами.

Оскільки $t_{1(2-1)}$ становить 9,84, що більше за $t_{0,95}$ (2,45) та $t_{0,99}$ (3,71), то різниця між урожайністю гібридів II і I (стандарт), яка становить 12 ц/га, є достовірною на обох рівнях надійної імовірності. Аналогічний висновок буде про різницю між III і I гібридами.

Відносну похибку дослідів обчислюють за формулою

$$S_{\bar{x}} \% = \frac{\ell \cdot \sum S_d \cdot 100}{1,41 \cdot (\ell - 1) \cdot \sum \bar{x}} = \frac{3 \cdot (1,22 + 0,58) \cdot 100}{1,41 \cdot (3 - 1) \cdot (80 + 92 + 85)} = \frac{540}{724,74} = 0,75\%.$$

Оскільки значення відносної похибки дослідів становить 0,75%, то точність дослідів дуже висока й складає $T\% = 100 - 0,75 = 99,25\%$.

Запитання

для самоперевірки

- 1. Яка методика заокруглювання чисел?**
- 2. Яка різниця між середньою простою та зваженою?**
- 3. На основі чого бракують сумнівні дати та відновлюють вибракувані?**
- 4. Який основний статистичний показник дисперсійного аналізу та як він використовується?**
- 5. Коли використовується дробовий метод статистичної обробки даних, а коли різницевий?**

4. КОРЕЛЯЦІЙНИЙ ТА РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗИ

Методи статистичного аналізу, які розглядалися вище, дають можливість вивчати окремі ознаки або властивості незалежно, неначе ізольовано від інших.

В багатьох агрономічних дослідженнях дуже важливо виявити залежність між двома або декількома ознаками, встановити взаємний зв'язок між ними. Але в таких дослідженнях рідко мають справу з точними й визначеними *функціональними зв'язками*, коли кожному значенню однієї величини (X) відповідає строго визначене значення іншої величини (Y). Частіше зустрічаються такі співвідношення між змінними, коли кожному значенню ознаки X відповідає не одна, а безліч можливих значень ознаки Y. Такі зв'язки появляються лише при масовому вивченні ознак і, на відміну від функціональних, називаються *схластичними* (вірогідними) або *кореляційними*.

В класифікаційному плані кореляції (взаємне співвідношення, залежність показників, явищ тощо) поділяються за напрямом, формою, силою та кількістю зв'язків.

За напрямом вони бувають прямі та зворотні. *Пряма кореляція* спостерігається тоді, коли із збільшенням однієї ознаки (X) інша ознака (Y) також збільшується. Наприклад: із збільшенням довжини колоса кількість зерен у ньому також збільшується; збільшення довжини листків призводить до збільшення їх площі; інтенсивніше освітлення рослин посилює фотосинтез тощо. *Зворотна кореляція* спостерігається тоді, коли із збільшенням однієї ознаки (X) інша ознака (Y) зменшується. Наприклад: при більшій забур'яненості посівів зменшується врожайність польових культур; збільшення доз застосовуваного інсектициду зменшує кількість шкідників на полі; надмірне розростання коренеплодів буряків цукрових призводить до зниження їх цукристості тощо.

При вивченні кореляційних зв'язків виникає два основних питання – про силу зв'язків і про їх форму. Для вимірів сили і форми зв'язків використовують спеціальні статистичні методи, які називаються *кореляцією і регресією*.

За формою кореляції поділяють на прямолінійні та криволінійні. При *прямолінійній кореляції* із збільшенням одних ознак (X) відповідно збільшуються інші ознаки (Y). Наприклад, при збільшенні маси бульб картоплі чи коренеплодів буряків збільшуються їх розміри, при збільшенні довжини колоса збільшується в ньому маса зерен та ін.

Криволінійна кореляція має місце тоді, коли значення X та Y змінюються спочатку в одному напрямі, а потім у протилежному. Наприклад: при постійному зростанні градацій певного фактору X (азотні або інші добрива, вологість ґрунту тощо) врожай (Y) спочатку зростає, потім стає стабільним, а після подальшого збільшення ознаки X ознака Y починає зменшуватись.

За кількістю зв'язків кореляція буває простою, коли досліджується зв'язок між двома ознаками, та множинною, якщо вивчається зв'язок між трьома й більшою кількістю ознак. Приклади простої кореляції наведені вище, а прикладами множинної можуть бути такі: залежність урожайності одночасно від доз добрив, норм зрошення, норм висіву, глибини загортання насіння тощо; залежність якості врожаю від вище перелічених умов, залежність урожайності від атмосферних опадів, температури та вологості повітря тощо.

За тісністю зв'язків кореляція може бути повною, сильною, середньою, слабкою або її може не бути зовсім: якщо коефіцієнт кореляції дорівнює одиниці, то зв'язок повний; якщо він становить 0,66–0,99, то зв'язок сильний; якщо він знаходиться в межах 0,33–0,66 – середній; якщо коефіцієнт кореляції менший за 0,33, то зв'язок слабкий.

Ступінь кореляційної залежності вимірюється різними показниками. За прямолінійної кореляції ступінь взаємозв'язків виражається числом, яке називається *коефіцієнтом кореляції* й позначається буквою r , а за криволінійної кореляції – *кореляційним відношенням*, яке позначається буквою η (грецьке „ета”).

Коефіцієнт кореляції вказує на напрям і ступінь взаємозв'язку, але не дає можливості зробити висновок про те, як кількісно змінюється функціональна ознака (Y) при зміні факторіальної ознаки (X) на одиницю виміру. В таких випадках на допомогу дослідникові приходять *регресійний аналіз*, за яким можна передбачити значення функціональної ознаки за заданим значенням факторіальної, тому що регресія вказує на ступінь зміни ознаки Y при зміні на одиницю ознаки X . Наприклад, із зміною довжини колоса (X) на 1 см кількість зерен у ньому (Y) збільшується на 7 штук.

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

4.1. Кореляційний та регресійний аналіз прямолінійної залежності

Серед переважної більшості криволінійних зв'язків, які зустрічаються в агрономії, деякі з них близькі до прямолінійних і їх зручніше аналізувати з використанням коефіцієнта кореляції.

Кореляційний аналіз. Проведемо аналіз залежності між довжиною 20 окремих листків пшениці озимої та їх площами (табл. 40), визначених на основі індивідуальних вимірів.

Після проведених розрахунків відхилень кожного значення X і Y від середніх арифметичних, добутків і квадратів цих відхилень згідно табл. 40, далі обчислюємо:

- коефіцієнт кореляції

$$r = \frac{\sum[(X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})]}{\sqrt{\sum(X - \bar{x})^2 \cdot \sum(Y - \bar{y})^2}} = \frac{211,73}{\sqrt{150,71 \cdot 308,82}} = \frac{211,73}{215,74} = 0,98;$$

- похибку коефіцієнта кореляції

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{1-0,98^2}{20-2}} = \sqrt{\frac{1-0,96}{18}} = 0,047;$$

- критерій достовірності коефіцієнта кореляції

$$t_r = \frac{r}{S_r} = \frac{0,98}{0,047} = 20,85.$$

Теоретичне значення критерію Стьюдента знаходять за числом ступенів свободи $\nu_r = n - 2 = 20 - 2 = 18$:

$$t_{0,95} = 2,1; t_{0,99} = 2,88.$$

Оскільки в нашому прикладі $r = 0,98$, то зв'язок між довжиною листя пшениці та його площею сильний.

Про напрям зв'язку висновок роблять залежно від знака при коефіцієнті кореляції: якщо він плюсовий, то кореляція пряма, а якщо мінусовий, то зворотна.

В нашому прикладі кореляція пряма.

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

40. Обчислення кореляційної залежності між довжиною листків пшениці озимої та їх площею

Номери листків (пар)	Довжина листка, см (X)	Площа листка, см ² (Y)	Відхилення		Добуток відхилень (X - \bar{x}) • (Y - \bar{y})	Квадрати відхилень	
			X - \bar{x}	Y - \bar{y}		(X - \bar{x}) ²	(Y - \bar{y}) ²
1	16,1	7,4	-6,4	-7,8	49,92	40,96	60,84
2	17,3	8,7	-5,2	-6,5	33,80	27,04	42,25
3	18,6	10,3	-3,9	-4,9	19,11	15,21	24,01
4	20,0	11,2	-2,5	-4,0	10,00	6,25	16,00
5	21,3	12,9	-1,2	-2,3	2,76	1,44	5,29
6	21,6	13,2	-0,9	-2,0	1,80	0,81	4,00
7	21,8	13,7	-0,1	-1,5	0,15	0,01	2,25
8	22,0	14,1	-0,5	-1,1	0,55	0,25	1,21
9	22,4	14,3	-0,1	-0,9	0,09	0,01	0,81
10	22,8	14,8	0,3	-0,4	-0,12	0,09	0,16
11	23,1	15,2	0,6	0,0	0	0,36	0
12	23,3	16,2	0,8	1,0	0,80	0,64	1
13	23,3	16,7	0,8	1,5	1,20	0,64	2,25
14	23,7	17,0	1,2	1,8	2,16	1,44	3,24
15	24,0	17,4	1,5	2,2	3,30	2,25	4,84
16	24,1	19,2	1,6	3,0	4,80	2,56	9,00
17	25,2	19,3	2,7	4,1	11,07	7,29	16,81
18	26,0	20,3	3,5	5,1	17,85	12,25	26,01
19	26,5	21,4	4,0	6,2	24,80	16,00	38,44
20	26,4	22,3	3,9	7,1	27,69	15,21	50,41
n = 20	\bar{x} = 22,5	\bar{y} = 15,2	$\Sigma \approx 0$	$\Sigma \approx 0$	$\Sigma [(X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})] = 211,73$	$\Sigma (X - \bar{x})^2 = 150,71$	$\Sigma (Y - \bar{y})^2 = 308,82$

Висновок: оскільки критерій фактичний (t_r) складає 20,85, що значно більше теоретичних значень $t_{0,95}(2,1)$ і $t_{0,99}(2,88)$, то зв'язок між довжиною листя озимої пшениці та його площею достовірний на обох рівнях надійної імовірності.

Регресійний аналіз. Його здійснюють при сильному та достовірному зв'язку за будь-якого напрямку (прямого чи зворотному). Під регресією розуміють зміну результативної ознаки Y (функції) при певній зміні одної або декількох факторіальних X (аргументів).

Зв'язок між функцією та аргументом виражають рівнянням регресії, яке має такий вигляд: $Y = \bar{y} + R_{yx} \cdot (X - \bar{x})$.

Користуючись даними таблиці 40, розрахуємо коефіцієнт регресії R_{yx} , який покаже зміну площі листа пшениці озимої при зміні його довжини на 1 см.

$$R_{yx} = \frac{\sum(X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})}{\sum(X - \bar{x})^2} = \frac{211,73}{150,71} = 1,4 \text{ см}^2.$$

Отже, в нашому прикладі при зміні довжини листка на 1 см його площа змінюється на $1,4 \text{ см}^2$.

Підставивши значення коефіцієнта регресії у рівняння регресії ми одержимо робоче рівняння, за яким, знаючи довжину листа, можна визначити його площу.

$$Y = \bar{y} + R_{yx} \cdot (X - \bar{x}) = 15,2 + 1,4 \cdot (X - 22,5) = 15,2 + 1,4 \cdot X - 31,5$$

Таким чином $Y = 1,4 \cdot X - 16,3$.

Вводячи в це рівняння чисельне значення довжини листа X , яке є середньою величиною від вимірювання 50–100 листків, вираховують площу листа. Її можна визначити для цілої рослини або на певній площі посіву.

Наприклад, після розрахунків довжина листка склала 23,3 см (дванадцята пара у табл. 40), а фактична площа листка при цій довжині становить $16,2 \text{ см}^2$.

Скориставшись виведеним рівнянням регресії $Y = 1,4 \cdot X - 16,3$; розрахуємо площу листка, взявши його середню довжину 23,3 см

$$Y = 1,4 \cdot 23,3 - 16,3 \approx 16,3 \text{ см}^2$$

Похибку прогнозування площі листа пшениці озимої за довжиною її листка, коли різниця між розрахунковою площею і фактичною становить $16,3 \text{ см}^2 - 16,2 \text{ см}^2 = 0,1 \text{ см}^2$, розраховують $\frac{0,1 \text{ см}^2 \cdot 100}{16,2 \text{ см}^2} = 0,62\%$.

Звідси точність дослідів дорівнюватиме

$$T\% = 100\% - 0,62\% = 99,38\% \approx 99,4\%.$$

Таким чином, точність прогнозування площі листа пшениці озимої за довжиною листка є досить високою.

4.2. Аналіз криволінійної залежності

Наявність криволінійного зв'язку можна визначити за графіком (рис. 28), коли на ньому одержується вигнута лінія, яка означає, що при зростанні X спочатку Y зростає, а потім зменшується чи навпаки.

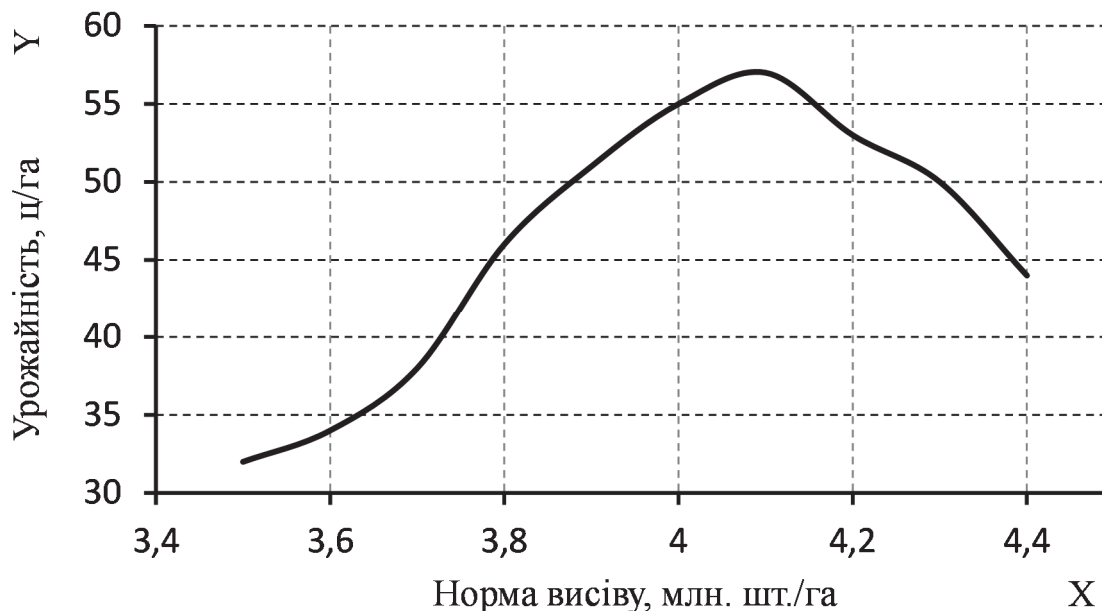


Рис. 28. Урожайність зерна пшениці озимої залежно від норм висіву

Це свідчить про криволінійну залежність. Для аналізу цієї залежності користуються не коефіцієнтом кореляції, а кореляційним відношенням η_{yx} , яке розраховують за формулою

$$\eta_{yx} = \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{y})^2 - (Y - \bar{y}_x)^2}{\sum(Y - \bar{y})^2}},$$

де Y – значення функціональної ознаки; \bar{y} – середнє значення цієї ознаки.

Обчислимо кореляційне відношення для залежності врожайності зерна пшениці озимої від норм висіву (табл. 41).

При десяти варіантах норм висіву їх доцільно розділити на 5 груп, як показано в таблиці, і зробити розрахунки середнього для групи значення Y . Для першої групи $\bar{y}_x = (32 + 34) : 2 = 33$, для другої $(38 + 46) : 2 = 42$ і так для інших груп. Відхилення $Y - \bar{y}_x$ визначають відніманням середнього від значень Y , які входять до групи:

$$32 - 33 = -1; \quad 34 - 33 = 1; \quad 38 - 42 = -4; \quad 46 - 42 = 4 \text{ і т.д.}$$

41. Урожайність зерна озимої пшениці (Y) залежно від норм висіву (X)

Номери пар (повторність)	Норма висіву, млн. шт./га (X)	Урожайність, ц/га (Y)	\bar{y}_x	$Y - \bar{y}_x$	$(Y - \bar{y}_x)^2$	$Y - \bar{y}$	$(Y - \bar{y})^2$
1	3,5	32	33	-1	1	-14	196
2	3,6	34		1	1	-12	144
3	3,7	38	42	-4	16	-8	64
4	3,8	46		4	16	0	0
5	3,9	51	53	-2	4	5	25
6	4,0	55		2	4	9	81
7	4,1	57	55	2	4	11	121
8	4,2	53		-2	4	7	49
9	4,3	50	47	3	9	4	16
10	4,4	44		-3	9	-2	4
		$\bar{y} = 46$		$\sum(Y - \bar{y}_x) = 0$	$\sum(Y - \bar{y}_x)^2 = 68$	$\sum(Y - \bar{y}) = 0$	$\sum(Y - \bar{y})^2 = 700$

Ці відхилення підносять до квадрата і додавши їх одержують значення $\sum(Y - \bar{y}_x)^2 = 68$. Відхилення $Y - \bar{y}$ обчислюють, віднімаючи від кожного із значень урожайності (Y) середнє значення урожаїв (\bar{y}):

$$32 - 46 = -14; 34 - 46 = -12 \text{ і т.д.}$$

Всі одержані числа підносять до квадрата, додають і одержують $\sum(Y - \bar{y})^2 = 700$. Обидві суми використовують для розрахунку кореляційного відношення η_{yx} .

$$\eta_{yx} = \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{y}_x)^2 - (Y - \bar{y}_x)^2}{\sum(Y - \bar{y})^2}} = \sqrt{\frac{700 - 68}{700}} \approx 0,95.$$

Висновок: оскільки кореляційне відношення становить 0,95 і знаходиться в межах 0,66 – 0,99, то між нормами висіву і врожайністю зерна пшениці озимої зв'язок сильний.

Далі обчислюють похибку кореляційного відношення

$$S_{\eta_{yx}} = \sqrt{\frac{1 - \eta_{yx}^2}{n - 2}} = \sqrt{\frac{1 - 0,95^2}{10 - 2}} = 0,11.$$

Для висновків про достовірність зв'язку розраховують критерій достовірності фактичний: $t_{\eta} = \frac{\eta_{yx}}{S_{\eta_{yx}}} = \frac{0,95}{0,11} = 8,64$.

Критерій Стюдента теоретичний знаходять в додатку 2 за числом ступенів свободи

$$v_{\eta} = n - 2 = 10 - 2 = 8.$$

Тоді $t_{0,95} = 2,31$, а $t_{0,99} = 3,36$.

Висновок: оскільки критерій Стюдента фактичний $t_{\eta} = 8,64$ більший за $t_{0,95}$ і $t_{0,99}$, то зв'язок між нормою висіву насіння і урожайністю пшениці озимої достовірний на обох рівнях надійної імовірності.

В зв'язку з тим, що у наведеному вище прикладі зв'язок сильний і достовірний, використаємо ці дані при складанні рівняння регресії для криволінійної залежності, графічне зображення якої має форму параболи (рис. 28).

Урожайність зерна пшениці озимої на основі норм висіву в нашому прикладі можна розрахувати за формулою

$$Y = \bar{y} + \frac{\sum(X - \bar{x}) \cdot Y}{\sum(X - \bar{x})^2} \cdot (X - \bar{x}) + \left[\frac{\sum(X - \bar{x})^2 \cdot Y - n \cdot C \cdot \bar{y}}{\sum(X - \bar{x})^4 - n \cdot C^2} \right] \cdot [(X - \bar{x})^2 - C],$$

де коректуючий фактор $C = \sum(X - \bar{x})^2 : n$.

Щоб за даною формулою зробити розрахунки, складають таблицю 42.

Попередньо розраховують коректуючий фактор

$$C = \frac{\sum(X - \bar{x})^2}{n} = 0,825 : 10 = 0,0825.$$

42. Розрахунки вихідних даних для складання квадратичної параболи

Норма висіву, млн.шт./га (X)	Урожайність, ц/га (Y)	$X - \bar{x}$	$(X - \bar{x})^2$	$(X - \bar{x})^4$	$(X - \bar{x}) \cdot Y$	$(X - \bar{x})^2 \cdot Y$
3,5	32	-0,45	0,2025	0,0410	-14,4	6,480
3,6	34	-0,35	0,1225	0,0150	-11,9	4,165
3,7	38	-0,25	0,0625	0,0039	-9,5	2,375
3,8	46	-0,15	0,0225	0,0005	-6,9	1,035
3,9	51	-0,05	0,0025	0*	-2,55	0,128
4,0	55	0,05	0,0025	0*	2,75	0,138
4,1	57	0,15	0,0225	0,0005	8,55	1,283
4,2	53	0,25	0,0625	0,0039	13,25	3,313
4,3	50	0,35	0,1225	0,0150	17,50	6,125
4,4	44	0,45	0,2025	0,0410	19,80	8,910
$\bar{x}=3,95$	$\bar{y}=46,0$	$\sum(X - \bar{x}) = 0$	$\sum(X - \bar{x})^2 = 0,825$	$\sum(X - \bar{x})^4 = 0,1208$	$\sum(X - \bar{x}) \cdot Y = 16,60$	$\sum(X - \bar{x})^2 \cdot Y = 33,95$

$$* 0,05^4 = 0,0000062 \approx 0$$

Підставивши його значення як і цифрові значення інших складових вище наведеної формули, одержимо рівняння регресії, за яким можна прогнозувати величину урожайності озимої пшениці (Y) на основі даних про норму висіву насіння (X).

$$\begin{aligned} Y &= 46 + \frac{16,6}{0,825} \cdot (X - 3,95) + \left[\frac{33,95 - 10 \cdot 0,0825 \cdot 46}{0,1208 - 10 \cdot 0,0825^2} \right] \cdot [(X - 3,95)^2 - 0,0825] = \\ &= 46 + 20,1212 \cdot X - 79,4787 + \frac{-4}{0,0527} \cdot (X^2 - 7,9 \cdot X + 15,6025 - 0,0825) = \\ &= 46 + 20,1212 \cdot X - 79,4787 - 75,9 \cdot X^2 + 599,61 \cdot X - 1184,2298 + 6,2618 = \\ &= 619,7312 \cdot X - 75,9 \cdot X^2 - 1211,4467. \end{aligned}$$

Щоб перевірити точність прогнозування врожайності зерна озимої пшениці за цим рівнянням регресії, візьмемо норму висіву 4 млн. га (див. шосту стрічку табл. 42) і, підставивши у рівняння, матимемо розрахункову врожайність пшениці даного сорту

$$\begin{aligned} Y &= 619,7312 \cdot 4 - 75,9 \cdot 4^2 - 1211,4467 = \\ &= 2478,9248 - 1214,4 - 1211,4467 = 53,0781 \approx 53,1 \text{ ц/га} \end{aligned}$$

Точність прогнозування урожайності озимої пшениці за нормою висіву розраховують за формулою

$$T\% = \frac{53,1 \cdot 100}{55} = 96,54\%.$$

Отже, точність нашого прогнозування добра, що вказує на можливість практичного використання виведеного рівняння регресії.

**Запитання
для самоперевірки**

1. Що таке кореляція та якою вона буває?
2. Основний показник кореляційного аналізу та його використання?
3. Для чого проводиться регресійний аналіз?

4.2. Коефіцієнт спадковості

У селекційній роботі часто вирішують питання про генетичну мінливість у загальній варіабельності певної ознаки, наприклад, яка частка цукристості успадковується гібридом цукрових буряків від материнської форми або яка частка білка успадковується гібридом від материнської форми пшениці тощо. Для вирішення цих питань визначають коефіцієнт успадкування за формулою

$$h^2 = 2 \cdot R_{yx},$$

де h^2 – коефіцієнт успадкування, R_{yx} — коефіцієнт регресії ряду Y по ряду X .

Для визначення коефіцієнта регресії складають варіаційний ряд досліджуваного показника материнської форми X та ряду гібрида Y . За їх даними обчислюють значення коефіцієнта регресії за формулою

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

Подвоєне значення цього коефіцієнта покаже частку або процент успадкування досліджуваної ознаки. Якщо на один процент вмісту цукру у коренеплодах цукрових буряків материнської форми

цукристість гібриду змінюється на 0,3%, тобто $R_{yx}=0,3\%$, то коефіцієнт успадкування цукристості від материнської форми становитиме

$$h^2 = 2 \cdot R_{yx} = 2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ частки або } 60\%.$$

Якщо регресія достовірна, що визначається співвідношенням критеріїв $t_{R_{yx}}$ та t теоретичного, то достовірною буде й спадковість.

4.3. Коваріаційний аналіз

У дослідах з багаторічними рослинами іноді на дослідних ділянках дерева або кущі ягідників чи винограду значно відрізняються за силою росту або урожайністю на початку дослідів. Такі рослини, як правило, ще більше будуть різнитися між собою в кінці дослідів. Тому оцінка ефективності варіантів без поправок на початковий стан рослин не буде об'єктивною. У таких випадках необхідно знайти співвідношення між варіюванням початкового стану показника, наприклад урожаю X і кінцевого Y . Коваріаційний аналіз використовується також у тих випадках, коли в процесі дослідів випадають деякі рослини, ушкоджені шкідниками чи морозами або уражені хворобами. Проте якщо в сортовивченні сильне ураження хворобами або морозами є особливістю сорту або в агротехнічних дослідів випадання рослин сталося під впливом високих доз добрив або гербіцидів, то коваріаційний аналіз у таких випадках не застосовується.

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

$$cov = \frac{\sum (X - \bar{x}) \cdot (Y - \bar{y})}{n - 1}.$$

Приклад коваріаційного аналізу. Урожайність молодих яблунь на початку дослідів (X) і наприкінці його (Y) наведена у табл. 43.

43. Урожайність яблуні на початку досліду (X) та наприкінці (Y),
ц/га

№ варіанта		Урожайність за повтореннями				Суми X і Y по повторенням	Середні X і Y по варіантах
		I	II	III	IV		
1	X	10	12	9	13	44	11
	Y	14	14	15	17	60	15
2	X	12	10	14	16	52	13
	Y	13	11	15	17	56	14
3	X	16	10	16	14	56	14
	Y	19	15	16	18	68	17
Суми	P_x	38	32	39	43	$\sum x = 152$	$\bar{x} = 152 : 12 = 12,7$
	P_y	46	40	46	52	$\sum y = 184$	$\bar{y} = 184 : 12 = 15,3$
$l = 3$		$n = 4$				$N = l \cdot n = 4 \cdot 3 = 12$	

Щоб зробити поправку врожайності наприкінці досліду відповідно до врожаю на початку досліду, досліднику треба провести аналіз цих даних в такій послідовності:

1. Дисперсійний аналіз для ряду X :

$$1) C = (\sum x)^2 : N = 152^2 : 12 = 1925;$$

$$2) C_y = \sum x^2 - C = (10^2 + 12^2 + 9^2 + 13^2 + 12^2 + 10^2 + 14^2 + 16^2 + 16^2 + 10^2 + 14^2) - 1925 = 73;$$

$$3) C_p = \sum P_x^2 : l - C = (38^2 + 32^2 + 39^2 + 43^2) : 3 - 1925 = 21;$$

$$4) C_v = \sum V_x^2 : n - C = (44^2 + 52^2 + 56^2) : 4 - 1925 = 19;$$

$$5) C_z = C_y - C_p - C_v = 73 - 21 - 19 = 33.$$

2. Дисперсійний аналіз для ряду Y :

$$1) C = (\sum y)^2 : N = 184^2 : 12 = 2821;$$

$$2) C_y = \sum y^2 - C = (14^2 + 14^2 + 15^2 + 17^2 + 13^2 + 11^2 + 15^2 + 17^2 + 19^2 + 15^2 + 16^2 + 18^2) - 2821 = 55;$$

$$3) C_p = \sum P_y^2 : l - C = (46^2 + 40^2 + 46^2 + 52^2) : 3 - 2821 = 24;$$

$$4) C_v = \sum V_y^2 : n - C = (60^2 + 56^2 + 68^2) : 4 - 2821 = 19;$$

$$5) C_z = C_y - C_p - C_v = 55 - 24 - 19 = 12.$$

3. Дисперсійний аналіз добутоків XU :

$$1) C = (\sum x \cdot \sum y) : N = (152 \cdot 185) : 12 = 2331;$$

$$2) C_y = \sum(x \cdot y) - C = (10 \cdot 14 + 12 \cdot 14 + 9 \cdot 15 + 13 \cdot 17 + 12 \cdot 13 + 10 \cdot 11 + 14 \cdot 15 + 16 \cdot 17 + 16 \cdot 19 + 10 \cdot 15 + 16 \cdot 16 + 14 \cdot 18) - 2331 = 43;$$

$$3) C_p = \sum(P_x \cdot P_y) : l - C = (38 \cdot 46 + 32 \cdot 40 + 39 \cdot 46 + 43 \cdot 52) : 3 - 2331 = 22,6;$$

$$4) C_v = \sum(V_x \cdot V_y) : n - C = (44 \cdot 60 + 52 \cdot 56 + 56 \cdot 68) : 4 - 2331 = 9;$$

$$5) C_z = C_y - C_p - C_v = 43 - 22,6 - 9 = 11,4.$$

4. Сума квадратів регресії:

$$C_R = (\text{для } XY) : C_z (\text{для } X) = 11,4^2 : 33 = 3,9.$$

5. Коефіцієнт регресії R_{yx} :

$$R_{yx} = \frac{C_z (\text{для } XY)}{C_z (\text{для } X)} = \frac{11,4}{33} = 0,35.$$

6. Число ступеней свободи:

загальне $v_y = N - 1 = 12 - 1 = 11$, повторень $v_p = n - 1 = 4 - 1 = 3$, варіантів $v_v = l - 1 = 3 - 1 = 2$, залишку (I) $v_{z1} = v_y - v_p - v_v = 11 - 3 - 2 = 6$, залишку (II) $v_{z2} = v_{z1} - 1 = 6 - 1 = 5$, кореляції (при $X = 1, Y = 1, X + Y = 2$) $v_r = 2 - 1 = 1$.

Далі складають таблицю коваріаційного аналізу (табл. 44), розраховують дисперсію і визначають критерій Фішера.

44. Результати коваріаційного аналізу

Розсіювання	Суми квадратів та добутків			v	S ²	F _{факт}	F _{0,95}	Коефіцієнт регресії R_{yx}
	X	XY	Y					
Загальне	73	43	55	11		5,9	5,79	0,35 ц/га
Повторень	21	22,6	24	3				
Варіантів	19	9	19	2	9,5			
Залишок I	33	11,4	12	6	2	2,4		
Регресія	–	–	3,9	1	3,9			
Залишок II	–	–	8,1	5	1,6			

R_{yx} означає, що при зміні урожаю на початку дослідів (X) на 1 ц/га урожай наприкінці дослідів (Y) зміниться на 0,35 ц/га.

Висновки. 1) Критерій $F_{\text{факт}}$ для варіантів (5,9) перевищує $F_{0,95}$ (5,79), отже, дія варіантів вірогідна; 2) критерій $F_{\text{факт}}$ для регресії (2,4) менше за $F_{0,95}$, отже, поправки врожаю можна не проводити (проте для навчальних цілей такі поправки наводяться далі).

Середня арифметична ряду X :

$$\bar{x} = \sum x : N = 152 : 12 = 12,7.$$

Відхилення $X - \bar{x}$, добутки $R_{yx} \cdot (X - \bar{x})$ та скоригований урожай наведені у табл. 45.

45. Коригування врожайності Y

№ варіанта	Урожайність на початку дослідів (ц/га), X	$X - \bar{x}$	$R_{yx} \cdot (X - \bar{x}) = 0,35 \cdot (X - \bar{x})$	Урожайність наприкінці дослідів, ц/га	
				фактична	скоригована $Y_t = Y + R_{yx} \cdot (X - \bar{x})$
1	11	1,7	0,6	15	$15 + 0,6 = 15,6$
2	13	-0,3	-0,1	14	$14 - 0,1 = 13,9$
3	14	-1,3	-0,5	17	$17 - 0,5 = 16,5$
	$\bar{x}=12,7$				$\bar{y} = 15,3$

Таким чином проводять коваріаційний аналіз і для дослідів з рослинами, що випали, коли ділянки наприкінці дослідів зріджені.

Додатки

Додаток 1. Таблиця випадкових чисел

№пор.	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 п'яти- і однопроцентному рівні значущості**

Число ступенів вільності	Рівень значущості		Число ступенів вільності	Рівень значущості	
	0,05	0,01		0,05	0,01
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 p-ятипроцентному рівні значущості

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 однопроцентному рівні значущості

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	4,02	3,88	3,69	3,61	3,55	3,18	2,96	2,86
17	8,40	6,11	5,18	4,67	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	4,58	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

Додаток 5. Значення критерію τ
для п'яти- та однопроцентного рівнів значущості

n	τ		n	τ	
	0,05	0,01		0,05	0,01
4	0,955	0,991	14	0,395	0,502
5	0,807	0,916	16	0,369	0,472
6	0,689	0,805	18	0,349	0,449
7	0,610	0,740	20	0,334	0,430
8	0,554	0,683	22	0,320	0,414
9	0,512	0,635	24	0,309	0,400
10	0,477	0,597	26	0,299	0,389
11	0,450	0,566	28	0,291	0,378
12	0,428	0,541	30	0,283	0,369

ПОКАЖЧИК СИМВОЛІВ

- X – значення варіюючої незалежної ознаки, аргумента
 \bar{x} – середня арифметична по варіанту
 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
 \bar{d} – середня арифметична різниць
 t_{ϕ} – критерій Стьюдента фактичний (розрахунковий)
 $P_{0,95}, P_{0,99}$ – рівні імовірності
 $t_{0,95}$ і $t_{0,99}$ – теоретичні значення критеріїв Стьюдента 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 $P_{0,99}$
 $НИР_{0,95}$ і $НИР_{0,99}$ – 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 – коригуючий фактор
 cov – коваріація
 $C_y, C_p, C_v, C_z, C_A, C_B, C_{AB}$ – 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 досліді, прогнозування
 $\tau_{факт.}$ – критерій τ (тау) фактичний
 $\tau_{0,95}$ і $\tau_{0,99}$ – теоретичні значення критеріїв τ для рівнів імовірності $P_{0,95}$ і $P_{0,99}$
 A – умовна середня, довільний початок
 \bar{x}_N – загальна середня для всього досліді

R – розмах варіювання

f – кількість ознаки, частота

i – інтервал групи, крок дослідю

v – довільний момент першого ступеня

p – частка наявності ознаки

q – частка відсутності ознаки

E – узагальнена похибка дослідю

t_r – критерій достовірності коефіцієнта кореляції

t_η – критерій достовірності кореляційного відношення

L – сума сум квадратів відхилень по варіантах і повтореннях

ΣV_A – сума відхилень по варіантах

ΣP_A – сума відхилень по повтореннях

ΣV_A^2 – сума квадратів відхилень по варіантах

ΣP_A^2 – сума квадратів відхилень по повтореннях

Y – значення залежної змінної ознаки, функції

ПЕРЕЛІК І РОЗМІЩЕННЯ ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ ТА СЛОВОСПОЛУЧЕНЬ

Абстрагування.....	19
Агротехніка в досліді.....	81
Агрофон	81
Адитивізм.....	72
Активність ґрунту біологічна	193
Аналіз	21
Аналіз варіаційних рядів	264
Аналіз двофакторного досліді	287
Аналіз однофакторного досліді	282
Аналіз коваріаційний.....	309
Аналіз кореляційний	299
Аналіз криволінійної залежності	304
Аналіз регресійний	303
Аналіз рослинних зразків	240
Аналогія	23
Анемометр.....	169
Антагонізм.....	72
Аргумент	303
Бракування сумнівних дат	277
Будова ґрунту	178
Бур.....	175
Варіанта	265
Варіант дослідний	14
Варіант досліді	14
Варіант контрольний	14
Варіювання випадкове.....	43
Варіювання закономірне.....	43
Варіювання родючості ґрунту.....	43
Вибірка	265
Вибірка велика	265
Вибірка мала	265
Вивчення історії полів	46
Вивчення рельєфу	47
Вивчення рослинного покриву	47
Види наукових досліджень	18
Види польових дослідів	34
Визначення маси плодів	153
Виключка	228
Висота крони.....	149
Витрачання вологи сумарне	184

Відбір зразків ґрунту.....	185
Відбір снопових зразків.....	242
Відділ науковий.....	13
Відновлення втрачених дат.....	278
Відтворення результатів досліджу.....	30
Відхилення стандартне.....	268
Вміст білка в рослині.....	253
Вміст гумусу.....	192
Вміст лужногідролізованого азоту.....	190
Вміст нітратного азоту.....	189
Вміст рухомих форм фосфору і калію.....	191
Вміст жиру в рослинній продукції.....	259
Вміст сирі клейковини в зерні.....	255
Вміст каротину.....	259
Вміст NPK.....	247
Вміст хлорофілу.....	255
Внесення добрив.....	81
Водопроникність ґрунту.....	183
Водостійкість ґрунту.....	182
Вологість ґрунту.....	175
Вологість повітря.....	171
Гіпотеза.....	19
Гіпотеза робоча.....	20
Глибина промерзання ґрунту.....	174
Градація.....	72
Групування дат.....	270
Густота посівів.....	220
Дактиль-метод.....	63
Дедукція.....	22
Дегустаційна оцінка плодів.....	155
Динаміка росту рослин.....	221
Дисперсія.....	267
Ділянка дослідна.....	15
Довільний момент першого ступеня.....	271
Довільний початок.....	271
Догляд за рослинами.....	83
Документація.....	83
Дослід.....	14
Дослід агротехнічний.....	34
Дослід багаторічний.....	36
Дослід багатофакторний.....	36
Дослід вегетаційний.....	41
Дослід виробничий.....	39
Дослід географічний.....	36
Дослід двофакторний.....	36

Дослід демонстраційний	39
Дослід довготривалий	36
Дослід дрібноділянковий	37
Дослід крупноділянковий	37
Дослід короткочасний	36
Дослід лабораторно-польовий	37
Дослід лізиметричний	42
Дослід масовий	36
Дослід однофакторний	36
Дослід польовий	34
Дослід поодинокий	36
Дослід розвідувальний	36
Дослід сортовипробувальний.....	39
Дослід тимчасовий	36
Дослід точний порівняльний	38
Дослід у закритому ґрунті.....	41
Дослід у теплицях	41
Дослід у фітотронах	41
Дослідження в плодючих розсадниках.....	131
Дослідження в продуктивних плодючих насадженнях.....	141
Дослідження ерозії ґрунту	261
Дослідження наукове	16
Дослідження пошукове	19
Дослідження прикладне	18
Дослідження фундаментальне	18
Досліди-проби	38
Дослідна одиниця.....	15
Дослідна справа	13
Дослідна станція	13
Дослідне поле	13
Достовірність дослідження методична	16
Достовірність дослідження статистична	16
Доступність ґрунтової вологи рослинам.....	176
Експеримент	20
Жеребкування.....	59
Журнал польовий.....	83
Забур'яненість посівів	194
Заокруглення чисел	276
Засміченість ґрунту	196
Звіт річний	85
Зв'язки кореляційні	299
Зв'язки функціональні	299
Зимостійкість озимих	216
Змикання листя.....	212
Імовірність	78

Індекс періодичності плодоношення	154
Індукція	22
Інститут	13
Інтенсивність квітування	152
Інтервал групи	270
Історія дослідної справи.....	10
Істотність різниці.....	281
Кислотність гідролітична	187
Кислотність обмінна	187
Кількість варіантів у досліді	52
Кількість квіток	152
Кількість повторностей у досліді.....	57
Кількість опадів	167
Класифікація польових дослідів	34
Книга головна	84
Книга історії полів.....	46
Коефіцієнт варіювання	268
Коефіцієнт водовитрачання.....	184
Коефіцієнт кореляції	300
Коефіцієнт регресії	303
Коефіцієнт спадковості.....	308
Контроль абсолютний	14
Контроль виробничий	14
Кореляційне відношення	300
Кореляція зворотна	299
Кореляція криволінійна	300
Кореляція множинна	300
Кореляція повна	300
Кореляція пряма	299
Кореляція прямолінійна	299
Кореляція проста	300
Кореляція середня	300
Кореляція сильна	300
Кореляція слабка	300
Коректуючий фактор	271
Крива відгуку	71
Критерій достовірності коефіцієнта кореляції	301
Критерій достовірності кореляційного відношення	306
Критерій Стюдента	77
Критерій тау (τ).....	277
Критерій Фішера	281
Крок досліді.....	72
Лабораторія наукова	12
Ланка сівозміни.....	92
Латинський квадрат	64

Латинський прямокутник	65
Листковий індекс	223
Лізиметр.....	25
Матриця досліду.....	73
Маса ґрунту об'ємна	177
Метод	19
Метод вегетаційний	24
Метод вегетаційно-польовий	26
Метод висічок.....	222
Метод відмивання	224
Метод дробовий	294
Метод експедиційний	27
Метод застелених траншей	224
Метод зрізу	151
Метод лабораторний	24
Метод лізиметричний	25
Метод польовий	26
Метод різницевий	296
Метод розміщення варіантів	59
Метод розміщення випадковий	59
Метод рендомізованих розщеплених ділянок	65
Метод розміщення систематичний	62
Метод розміщення стандартний	63
Метод «моноліта».....	150
Метод секторного пошарового розкопування	150
Метод «скелета».....	149
Метод «скляної стінки в траншеї».....	150
Метод сухого розкопування коріння	224
Метод шпильок.....	262
Методи наукових досліджень	19
Методи наукових досліджень загальнонаукові	19
Методи наукових досліджень спеціальні	24
Методи обробки даних недисперсійні	293
Методика спостережень, аналізів і обліків	166
Мінливість	265
Мінливість кількісна	266
Мінливість непереривна	266
Мінливість переривна	266
Мінливість якісна	273
Моделювання	23
Модель досліду	70
Можливість введення додаткових варіантів.....	31
Морозостійкість озимих.....	214
Найменша істотна різниця	281
Напрямок і швидкість вітру.....	169

Обліки	21
Обліки ентомологічні	205
Обліки фітопатологічні	199
Облік урожаю	228
Обробіток ґрунту	82
Обстеження земельної ділянки під дослід	45
Обсяг вибірки	77
Обхват штамба	148
Орієнтація ділянок на місцевості	56
Оцінка візуальна	214
Оцінка інтервальна	272
Параметри дослід	68
Перетворення вихідних дат	279
Планування дослід	67
Площа ділянки	53
Площа листкового апарату	222
Поверхня відгуку	70
Повторення	15
Повторність	15
Показники агрохімічні	185
Показники біометричні	214
Показники супутні	32
Показники якості насіння	242
Поняття про сукупність і вибірку	265
Посів вирівнювальний	49
Посів рекогносцирувальний	51
Посів розвідувальний	51
Посухостійкість рослин	218
Похибка	16
Похибка вибіркової середньої	269
Похибка вибіркової середньої відносна	269
Похибка випадкова	45
Похибка груба	44
Похибка коефіцієнта кореляції	301
Похибка систематична	44
Правило доцільності	28
Придатність умов для дослід	30
Принцип єдиної логічної відміни	28
Приріст пагонів	148
Продуктивність фотосинтезу чиста	223
Пункт опорний	12
Ранжирування	265
Регресія	300
Рендомізація неповна	59
Рендомізація повна	61

Рештки рослинні	227
Рівень імовірності, значущості	269
Рівень наукових досліджень	17
Рівень наукових досліджень емпіричний	17
Рівень наукових досліджень описово-узагальнюючий	17
Рівень наукових досліджень теоретичний	17
Рівняння регресії	303
Розмах варіювання	267
Розмір дослідних ділянок	53
Розміщення ділянок	64
Розсіювання	280
Ряд варіаційний	265
Садіння	82
Середня арифметична проста	266
Середня арифметична зважена	276
Середня маса плодів	154
Синтез	22
Синергізм	72
Сівба	82
Смуга захисна	55
Снопові зразки	45
Сортовипробування	39
Сортовипробування державне	39
Сортовипробування конкурсне	39
Сортовипробування станційне	39
Спостереження	21
Спостереження метеорологічні	166
Спостереження фенологічні з польовими культурами	210
Спостереження фенологічні з плодовими культурами	147
Спостереження фенологічні з ягідними культурами	156
Стандарт	14
Статистика математична	264
Стійкість посівів до вилягання	218
Структура ґрунту	180
Структура наукових установ	12
Ступінь вільності, свободи	280
Ступінь насичення основами	189
Ступінь плодоношення	153
Судження	17
Сукупність	265
Сукупність вибіркова	265
Сукупність генеральна	265
Сума увібраних основ	186
Сумісність підщепи і прищепи	151
Схема дослідження	14

Схема дослідження неповна	74
Схема дослідження повна	71
Температура ґрунту	173
Температура повітря	169
Теоретичні основи планування	67
Теорія	17
Терміни	13
Техніка закладання дослідження	80
Типовість дослідження	29
Тиск атмосферний	170
Товарні якості плодів	152
Товщина пагонів	154
Точність дослідження	16
Точність прогнозування	303
Узагальнення	23
Умовивід	18
Установа наукова	12
Фаза фенологічна	210
Фактор дослідження	69
Фактор коректуючий	271
Фон агротехнічний	81
Форми ділянки	56
Функція	67
Характеристики ґрунту фізичні	175
Цукристість	256
Частина ділянки облікова	53
Частка впливу	281
Частка наявності чи відсутності ознаки	273
Швидкість вітру	169
Ширина ділянки	54
Ширина крони	149
Шкала варіювання	269
Шкала точності	270
Щільність ґрунту	177
Щоденник науковця	83
Ямб-метод	63
Ярус	62

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Горбатенко І.Ю. Основи наукових досліджень/І.Ю. Горбатенко. – К.: Вища школа, 2001. – 92 с.
2. Грицаєнко З.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів/ З.М. Грицаєнко, А.О. Грицаєнко, В.П. Карпенко. – К.: ЗАТ „Нічлава”, 2003. – 320 с.
3. Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії/ В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, В.П. Опришко, П.В. Костогриз: Підручник; За ред. В.О. Єщенка. – К.: Дія, 2005. – 288 с.
4. Ещенко В.Е. Основы опытного дела в растениеводстве/В.Е. Ещенко, М.Ф. Трифонова, П.Г. Копытко и др. Под ред. В.Е. Ещенко и М.Ф. Трифоновой. – М.: КолосС, 2009. – 268 с.
5. Лісовал А.П. Методи агрохімічних досліджень/А.П. Лісовал. – К.: НАУ, 2001. – 247 с.
6. Мойсейченко В.Ф. Методичні рекомендації для проведення польових досліджень у землеробстві/ В.Ф. Мойсейченко, В.О. Єщенко. – К.: УСГА, 1985. – 84 с.
7. Тимошенко І.І. Основи наукових досліджень в агрономії/ І.І. Тимошенко, З.М. Майшук, Г.О. Косилович. – Львів: ЛДАУ, 2004. – 111 с.

Для нотаток

Для нотаток

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Єщенко Володимир Омелянович

Копитко Петро Григорович

Костогриз Петро Васильович

Опришко Віталій Павлович

ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В АГРОНОМІЇ

**За редакцією д-ра с.-г. наук,
проф. В. О. Єщенка**

Технічне редагування

і комп'ютерна верстка С. П. Полторецького

Здано в набір __. __. 2014. Підписано до друку __. __. 2014 р.

Формат 60×84 1/16. Папір офсетний. Друк офсетний.

Фіз. друк. арк. 20,75. Ум. друк. арк. 19,30.

Обл.-вид. арк. 16,46. Гарнітура Times New Roman.

Наклад 1000 прим. Замовлення № _____.

Віддруковано: ПП «ТД «Едельвейс і К»,

м. Вінниця, вул. 600-річчя, 17.

Тел.: (0432) 550-333

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК №3736