

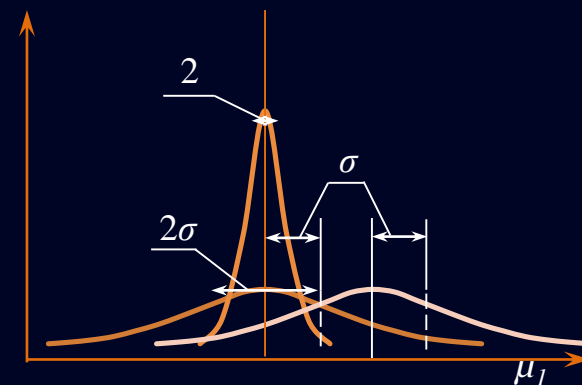


ДОСЛІДНА СПРАВА В АГРОНОМІЇ

# ДОСЛІДНА СПРАВА В АГРОНОМІЇ

Книга 1

За редакцією професора,  
доктора сільськогосподарських наук  
А. О. Рожкова



Харків – 2016

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний аграрний  
університет ім. В. В. Докучаєва  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України  
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН

# ДОСЛІДНА СПРАВА В АГРОНОМІЇ

Навчальний посібник. КНИГА ПЕРША

**Теоретичні аспекти дослідної справи**

За редакцією професора,  
доктора сільськогосподарських наук А. О. Рожкова

Харків – 2016

УДК 631.5:001.891(075.8)  
ББК П14СЯ7  
Д 70

*Рекомендовано до друку рішенням ученої ради  
Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва  
(протокол № 11 від 7.12.2015 р.)*

**Автори:**

**А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська, Л. М. Пузік,  
С. І. Попов; Н. М. Музафаров; В. Я. Бухало; Є. А. Криштоп**

**Рецензенти:**

**В. В. Кириченко**, д-р с.-г. наук, академік НААН України, професор,  
директор Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН;  
**А. В. Бикін**, д-р с.-г. наук, чл.-кор. НААН України, професор, завідувач  
кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва НУБіП;  
**Т. В. Саблук**, д-р с.-г. наук, професор, завідувач лабораторії захисту  
рослин від шкідників та хвороб Інституту біоенергетичних культур  
і цукрових буряків

Д 70 **Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 1.**  
Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков, В. К. Пузік,  
С. М. Каленська та ін.; за ред. А. О. Рожкова. – Х.: Майдан,  
2016. – 316 с.

ISBN 978-966-372-609-0

Висвітлено методи агрономічних досліджень: лабораторні, вегетаційні,  
лізиметричні та польові; наведено класифікацію польових дослідів і вимоги  
до них. Викладено загальні принципи та етапи планування агрономічних до-  
сліджень, основних елементів методики польового дослідів, а також сучасні  
принципи планування спостережень і обліків. Значну увагу приділено проєк-  
туванню схем дослідів і плануванню в них основних спостережень та обліків.

Розраховано на студентів, аспірантів, докторантів агрономічних спеці-  
альностей та на співробітників наукових і навчальних установ, які прова-  
дять експериментальну роботу. Також може бути використано як навчально-  
методичний посібник на курсах підвищення кваліфікації для спеціалістів  
сільського господарства.

УДК 631.5:001.891(075.8)  
ББК П14СЯ7

© Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М.  
та ін., 2016  
© ХНАУ ім. В. В. Докучаєва; НУБіП України;  
ІР ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2016

ISBN 978-966-372-609-0

## Зміст

Передмова .....	7
<i>Частина перша. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АГРОНОМІЧНИХ</i>	
<b>ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	9
<b>1. Етапи розвитку агрономічної справи</b> .....	9
1.1. Історія дослідної справи в агрономії .....	9
1.2. Структура та основні завдання наукових установ .....	12
<b>2. Наукове дослідження</b> .....	15
2.1. Рівні наукових досліджень .....	17
2.2. Види наукових досліджень .....	20
<b>3. Методи наукових досліджень</b> .....	21
3.1. Загальнонаукові теоретичні методи .....	22
3.2. Загальнонаукові методи емпіричного пізнання .....	25
3.3. Загальнологічні методи .....	28
3.4. Загальнонаукові методи, що застосовуються на емпіричному і теоретичному рівнях наукового пізнання .....	30
3.5. Агрономічні (спеціальні) методи досліджень .....	32
<b>4. Вимоги до планування та проведення дослідів</b> .....	39
<b>5. Польові дослідів та їхня класифікація</b> .....	45
5.1. Агротехнічні дослідів .....	46
5.2. Дослідів із сортовипробування .....	52
<b>6. Особливості умов проведення польового дослідів</b> .....	53
6.1. Умови проведення польового дослідів .....	53
6.2. Вибір і підготовка земельної ділянки для дослідів .....	56
<b>7. Основні елементи методики польового дослідів</b> .....	63
7.1. Кількість варіантів у дослідів .....	63
7.2. Повторність дослідів в просторі та в часі .....	66
7.3. Розміщення повторень .....	69
7.4. Розмір, спрямування та форма посівної ділянки .....	71
7.5. Захисні смуги та їхнє значення .....	76
<b>8. Взаємодія чинників і ортогональні коефіцієнти</b> .....	78
8.1. Розрахунок ефектів взаємодії .....	78

8.2. Поділ ефектів варіації варіантів методом контрастів . . . .	82
<b>9. Методи розміщення варіантів у польовому досліді . . . . .</b>	<b>84</b>
9.1. Стандартні методи розміщення варіантів . . . . .	85
9.2. Систематичні методи розміщення варіантів . . . . .	88
9.3. Рендомізовані методи розміщення варіантів . . . . .	90
<b>10. Основні етапи планування польового досліді . . . . .</b>	<b>110</b>
10.1. Планування схем одно факторних дослідів . . . . .	112
10.2. Планування схем багатофакторних дослідів . . . . .	114
10.3. Планування строків спостережень, відбирання зразків та обсягу вибірки . . . . .	118
<b>11. Техніка постановки та проведення польових дослідів . . . . .</b>	<b>122</b>
11.1. Підготовка площі для польового досліді . . . . .	122
11.2. Розбивка земельної площі, відведеної під дослід . . . . .	125
11.3. Агротехніка на дослідному полі . . . . .	127
11.4. Документація та звітність польового досліді . . . . .	132
<i>Контрольні запитання . . . . .</i>	<i>137</i>

#### *Частина друга. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ*

<b>З ВИВЧЕННЯ ОКРЕМИХ АГРОЗАХОДІВ . . . . .</b>	<b>140</b>
<b>1. Вивчення сівозмін . . . . .</b>	<b>140</b>
<b>2. Досліди з вивчення впливу різних систем обробітку ґрунту . . . . .</b>	<b>151</b>
<b>3. Особливості методики польового досліді з добривами . . . . .</b>	<b>160</b>
<b>4. Досліди з вивчення впливу строків сівби . . . . .</b>	<b>167</b>
<b>5. Досліди з вивчення впливу глибини загортання насіння . . . . .</b>	<b>169</b>
<b>6. Проведення досліджень спрямованих на визначення впливу норм висіву та способів сівби . . . . .</b>	<b>172</b>
<b>7. Досліди з вивчення впливу пестицидів . . . . .</b>	<b>176</b>
7.1. Хімічні способи боротьби з бур'янами. Орієнтовні схеми дослідів та програма спостережень, обліків і аналізів . . . . .	176
7.2. Орієнтовні схеми дослідів та програма спостережень і обліків для дослідів з вивчення впливу інсектицидів і фунгіцидів . . . . .	185
<b>8. Досліди з вивчення впливу протиерозійних заходів . . . . .</b>	<b>189</b>
<b>9. Досліди із сортовипробування . . . . .</b>	<b>192</b>
<i>Контрольні запитання та завдання . . . . .</i>	<i>195</i>

#### *Частина третя. МЕТОДИКИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ АНАЛІЗІВ*

<b>І ОБЛІКІВ . . . . .</b>	<b>196</b>
<b>1. Проведення метеорологічних спостережень . . . . .</b>	<b>196</b>
1.1. Визначення кількості опадів та їх інтенсивності . . . . .	197
1.2. Встановлення температурних показників . . . . .	200
1.3. Напрямок і швидкість вітру . . . . .	201
1.4. Атмосферний тиск . . . . .	202
1.5. Спостереження за вологістю повітря . . . . .	204
1.6. Методика визначення температури ґрунту . . . . .	206
1.7. Глибина промерзання ґрунту . . . . .	207
<b>2. Облік фізичних показників ґрунту . . . . .</b>	<b>208</b>
2.1. Визначення об'ємної маси і твердості ґрунту . . . . .	208
2.2. Будова та структура ґрунту . . . . .	209
2.3. Вологість ґрунту . . . . .	213
2.4. Водопроникність ґрунту . . . . .	216
2.5. Розрахунок витрат вологи в посівах за вегетаційний період . . . . .	217
<b>3. Визначення агрохімічних показників ґрунту . . . . .</b>	<b>219</b>
3.1. Розрахунок вмісту нітратного та лужногідролізованого азоту, рухомих форм фосфору та калію . . . . .	220
3.2. Методика визначення вмісту гумусу . . . . .	225
3.3. Сума увібраних основ . . . . .	227
3.4. Визначення реакції ґрунтового розчину . . . . .	228
3.4.1. Обмінна кислотність . . . . .	228
3.4.2. Гідролітична кислотність . . . . .	229
3.4.3. Ступінь насичення основами . . . . .	230
<b>4. Герботогічні обліки . . . . .</b>	<b>230</b>
4.1. Забур'яненість посівів . . . . .	230
4.2. Засміченість ґрунту насінням та органами вегетативного розмноження бур'янів . . . . .	233
4.3. Оперативне обстеження посівів на забур'яненість . . . . .	236
<b>5. Обліки з ураженості посівів хворобами та шкідниками . . . . .</b>	<b>238</b>
<b>6. Фенологічні спостереження . . . . .</b>	<b>252</b>
<b>7. Оцінка реакції посівів на екзогенні чинники . . . . .</b>	<b>260</b>
7.1. Оцінка морозо- та зимостійкості озимих зернових . . . . .	261
7.2. Визначення посухостійкості рослин . . . . .	262
7.3. Оцінка стійкості посівів до вилягання, поникання, осипання зерна та проростання його в колосі . . . . .	263
<b>8. Облік біометричних показників . . . . .</b>	<b>265</b>
8.1. Визначення щільності посівів . . . . .	265

8.2.	Визначення глибини загортання насіння . . . . .	267
8.3.	Методика визначення динаміки росту рослин. . . . .	267
8.4.	Облік біомаси рослин. . . . .	268
8.5.	Визначення площі листкової поверхні рослин, чистої продуктивності фотосинтезу та фотосинтетичного потенціалу . . . . .	269
<b>9.</b>	<b>Облік урожаю . . . . .</b>	<b>271</b>
<b>10.</b>	<b>Методики проведення аналізу рослинних зразків . . . . .</b>	<b>280</b>
10.1.	Аналіз снопових зразків рослин . . . . .	282
10.2.	Визначення сирої та повітряно-сухої біомаси рослин . . . . .	288
10.3.	Визначення фізичних показників якості зерна . . . . .	288
10.4.	Розрахунок хіміко-технологічних показників . . . . .	291
10.4.1.	Розрахунок вмісту макроелементів (N, P, K) . . . . .	291
10.4.2.	Розрахунок вмісту білкового азоту і білка . . . . .	296
10.4.3.	Вміст пігментів фотосинтезу у вегетативній масі . . . . .	297
10.4.4.	Вміст у зерні сирої клейковини. . . . .	298
10.4.5.	Розрахунок цукристості коренеплодів . . . . .	299
10.4.6.	Визначення вмісту крохмалю в рослинах . . . . .	301
10.4.7.	Визначення вмісту олії у рослинницькій продукції . . . . .	304
<b>11.</b>	<b>Дослідження ерозії ґрунту . . . . .</b>	<b>304</b>
11.1.	Водна ерозія . . . . .	305
11.2.	Вітрова ерозія . . . . .	308
	<i>Контрольні запитання . . . . .</i>	<i>308</i>
	Алфавітний покажчик. . . . .	310
	Список рекомендованої літератури. . . . .	313
	Додаток. . . . .	314

*Присвячується до 200-річчя  
Харківського НАУ ім. В. В. Докучаєва*

*...существуют вопросы, которые всегда  
возбуждают живой интерес,  
на которые не существует моды.  
Один из таких вопросов «про хлеб насущный».*

К. А. Тимірязєв

## ПЕРЕДМОВА

Польовий дослід – найважливіший інструмент дослідження в агрономії. Будь-які припущення стосовно питань землеробства, які навіть на перший погляд здаються бездоганними та логічно обумовленими, без перевірки в польовому досліді не мають ніякої практичної цінності. Вони можуть бути використані тільки як гіпотези для обґрунтування теми дослідження під час планування експерименту.

Польовий дослід тісно пов'язаний з питаннями «про хліб насущний». Від того, наскільки обґрунтовані результати ми отримуємо в польових дослідіх, залежить ефективність їхнього впровадження у виробництві. Без перебільшення можна сказати, що польовий дослід і продовольча безпека нашої держави – це два взаємопов'язані поняття.

Польовий дослід – найважливіший і найскладніший інструмент пізнання в агрономії. Його складність визначається значною кількістю варіабельних чинників, закономірності змін яких нам доволі часто невідомі. Ряд цих чинників не підлягає регулюванню з нашого боку. Жодне виробництво не має такого великого різноманіття параметрів, як сільськогосподарське. Сюди належать: мінливість клімату, погоди, популяційна мінливість рослин, варіабельність і строкатість ґрунтової родючості, елементи технології вирощування, різні для кожного окремого випадку, які ще й досі не узагальнені.

Ефективність і якість наукової роботи, глибина та результативність наукових досліджень визначаються їхнім методологічним рівнем. Найбільш вичерпно і точно роль методики в науково-дослідницькій роботі визначив професор М. О. Павлов: «Наука

рухається поштовхами залежно від успіхів, які досягаються методикою. З кожним кроком методики вперед ми підіймаємося на вищу сходинку, з якої нам відкривається ширший горизонт з невідомими раніше предметами».

У теперішній час найвідомішим посібником з методики польового дослідження є навчальний посібник Б. О. Доспехова, виданий у 1985 р. У ньому автор стисло та в доступній формі виклав аспекти методики польового дослідження та методів статистичного аналізу результатів досліджень. Цю роботу перевидавали п'ять разів (1965–1985 рр.) тиражами в декілька десятків тисяч екземплярів кожного видання.

На наш погляд, найповніше питання методики польового дослідження розкрито в посібнику М. Ф. Деревецького «Опытное дело в растениеводстве». Автор був не тільки теоретиком найвищого класу в питаннях методики дослідної справи, але й висококваліфікованим спеціалістом у галузі селекції, насінництва, землеробства та рослинництва. Він також брав участь у розробці техніки та інвентарю для сільськогосподарської науково-дослідницької роботи. Багато часу приділяв викладацькій роботі, працюючи у вищих навчальних закладах колишнього Радянського Союзу.

Достатньо повно питання методики польового дослідження та методів статистичного аналізу результатів досліджень висвітлено в роботах П. П. Літуна, В. Г. Вольфа, В. О. Єщенко, П. Г. Найдіна, В. Г. Сироти, В. Ф. Савицького, М. А. Єгорова, В. А. Семенова, Г. А. Левитського, В. Н. Перегудова, А. А. Любищева, Т. Літла і Ф. Хілза та ін.

Особливістю нашого видання є те, що його автори значну увагу зосередили на поданні матеріалу, який би допоміг експериментатору не тільки правильно спланувати дослід, але й на належному рівні провести його за сучасними методами дослідження для одержання достовірних даних. Особлива увага приділяється проведенню статистичних розрахунків результатів досліджень, закладених за різними методиками. На прикладах показано техніку проведення статистичного аналізу як простих однофакторних, так і складних багатфакторних дослідів, здійснених за поширеними методиками.

## Частина перша

# ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АГРОНОМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 1. Етапи розвитку агрономічної справи

### 1.1. Історія дослідної справи в агрономії

Дослідна справа в агрономії зародилася одночасно з виникненням землеробства, коли за допомогою примітивного знаряддя первісна людина почала обробляти ґрунт і висівати в нього насіння, передаючи цей досвід з покоління в покоління.

Наукова дослідна справа вдосконалювалася разом з виникненням і вдосконаленням навчальних закладів, насамперед вищих. Першим вищим навчальним закладом в Україні була Острозька академія, заснована в 1576 р. Своєрідними зародками науково-дослідницьких закладів були аптекарські городи, що створювалися з 1629 р. в різних районах держави. Починаючи з 1765 р., сільськогосподарськими науковими дослідженнями керувало «вільне економічне товариство». У кінці XVIII – на початку XIX століття сільськогосподарські дослідження широко проводилися одним з фундаторів наукової агрономії А. М. Болотовим (1738–1833 рр.). Результати його досліджень публікувались у «Трудах свободного экономического сообщества», а також у журналах «Сельский житель» і «Экономический магазин». Перший сільськогосподарський навчальний заклад у Російській імперії почав працювати в 1770 р. (кафедра агрономії при Московському університеті). У кінці XVIII століття була відкрита Санкт-Петербурзька практична школа землеробства в с. Терляєво неподалік від Павловська.

В Україні перші дослідні роботи із сільськогосподарської тематики були розпочаті у 1790 р. М. Г. Лівановим неподалік від міста

Миколаїв, а перша дослідна установа (Бутирський хутір) створена у 20-х рр. XIX століття.

За кордоном перші дослідні установи були відкриті значно пізніше, ніж в Україні: в Англії – у 1842 р., Німеччині – 1851 р., Франції – 1867 р., Італії – 1870 р., Іспанії – 1875 р., США – 1875 р., Канаді – 1887 р.

У кінці XIX – на початку XX століття дослідна справа в Російській імперії відрізнялася стихійністю, хаотичністю та низькою забезпеченістю. Фінансування дослідних установ проводилося за рахунок коштів приватних осіб без підтримки держави. Це привело до того, що до початку XX століття Російська імперія в цьому питанні почала відставати від інших держав. У 1895 р. у країні було всього 10 дослідних станцій, 13 дослідних полів і дві контрольно-насіненні лабораторії із 60-ма науковими співробітниками. У той же час у Німеччині нараховувалося 70 сільськогосподарських дослідних установ, у Франції – 60, Швеції – 50, США – 54.

Широкого розповсюдження польові дослідні в Російській імперії набули з останньої чверті XIX століття. Саме в цей період були засновані Плотнянська, Полтавська, Одеська, Херсонська, Сумська, Донська, В'ятська, Іванівська та інші дослідні станції.

Значний вклад у розвиток дослідної справи вніс К. А. Тимірязєв. Його лекція «Полгода опытных станций», прочитана в Політехнічному музеї у 1885 р., мала велике значення для розвитку дослідної справи в Російській імперії. При Політехнічному музеї ним була заснована дослідна станція.

Вагома роль в організації дослідної справи належить Д. М. Прянишникову і В. Р. Вільямсу. За їхньою безпосередньою участю у 1901, 1902, 1908 і 1913 рр. були проведені з'їзди та наради з питань дослідної справи, на яких було узагальнено досвід науково-дослідницької роботи в сільському господарстві країни за попередні роки та визначені шляхи його розвитку на майбутнє.

Вагомий вклад у розвиток дослідної справи внесли відомі вчені В. В. Докучаєв, К. А. Тимірязєв, І. О. Стебут, А. Є. Зайкевич, А. А. Ізмаїльський, А. І. Душечкін, Л. Л. Балашов і багато інших. Особливо активно у цьому напрямі працював А. Г. Дояренко. У 1918, 1919 і 1921 рр. він організував Всеросійські з'їзди дослідників. У той же час з питань методики дослідної справи було проведено ряд республіканських і обласних з'їздів та нарад. З 1907 р. А. Г. Доярен-

ко першим почав проводити заняття з дослідної справи у Петровській сільськогосподарській академії, удосконалив застосування математичної статистики для обробки даних. Перша кафедра дослідної справи у Російській імперії була заснована П. Н. Костянтиновим, який написав фундаментальну роботу «Основы сельскохозяйственного опытного дела». Особливе місце в розвитку методики польового дослідження належить Б. О. Доспехову, який упродовж багатьох років очолював кафедру землеробства і методики дослідної справи ТСГА. Значний внесок у розвиток і вдосконалення дослідної справи зробили українські вчені В. М. Костромітін, С. М. Каленська, В. О. Єщенко, Е. Р. Ермантраут, П. П. Літун, В. Г. Вольф та ін.

Велике значення сільськогосподарській науково-дослідній роботі приділялося в колишньому Радянському Союзі. У 1922 р. був створений Центральний науково-дослідний інститут сільського господарства, у 1924 р. – Всесоюзний інститут прикладної ботаніки і нових культур, а у 1929 р. організована Всесоюзна академія сільськогосподарських наук з цілою мережею науково-дослідних інститутів і дослідних станцій. У 1934 р. до її складу входило 407 дослідних установ, у тому числі 111 інститутів, 206 регіональних дослідних станцій, 36 селекційних центрів і 26 філіалів інститутів. У 1937 р. на території колишнього СРСР нараховувалося 486 сільськогосподарських дослідних установ, а в 1938 р. – 515.

У той час при Народному комісаріаті землеробства була заснована комісія із сортовипробування сільськогосподарських культур, яка включала в себе 1864 сортодільниці. Науково-дослідною роботою займалися також усі вищі та більша частина середніх сільськогосподарських навчальних закладів. У 1944 р. у СРСР функціонувало вже 214 сільськогосподарських наукових установ: 44 дослідні станції, 78 дослідних полів, 92 лабораторії, але не було ще жодного наукового інституту. У цей час була створена мережа дослідних установ при Всеросійському товаристві цукровиробників з Київською лабораторією в центрі. Загалом на період 1947 р. у Радянському Союзі було 7067 дослідних установ, у яких працювало понад 60 тис. наукових співробітників.

У 1965 р. Б. О. Доспеховим був виданий навчальний посібник «Методика польового дослідження», який у результаті перевидання отримав гриф підручника. В Україні таким підручником був «Основы

наукових досліджень в агрономії», виданий В. Ф. Мойсейченком і В. О. Єщенком в 1994 р. У 2014 р. під такою ж назвою побачив світ підручник колективу авторів за редакцією В. О. Єщенка.

### 1.2. Структура та основні завдання наукових установ

Первинною структурною одиницею серед аграрних наукових установ є **наукова лабораторія**. Як правило, наукова лабораторія є структурним підрозділом наукової частини вищого навчального закладу чи наукового відділу науково-дослідного інституту. Як самостійна структурна одиниця наукова лабораторія може функціонувати в умовах виробництва або у складі академії наук. Залежно від напрямку роботи, конкретних завдань, специфіки та характеру досліджень виділяють галузеві, проблемні, спеціалізовані лабораторії та лабораторії загального призначення. У галузевих лабораторіях вирішують прикладні завдання конкретного напрямку. Проблемні лабораторії є базою для проведення фундаментальних досліджень. Лабораторії загального (універсального) призначення використовують для вирішення широкого спектра завдань агрономії, тому в університетах їх ще називають міжкафедральні лабораторії.

**Дослідні станції** – наукові установи, призначені для проведення сільськогосподарських дослідів з метою розробки питань, що стосуються різноманітних галузей сільськогосподарської промисловості. Їхня діяльність зосереджується на вирішенні різних питань – як чисто наукових у різних галузях природно-історичного знання та застосування цього знання в практиці сільського господарства, так і суто практичних. Дослідні станції в типових умовах регіону, що обслуговується, в умовах виробництва займаються розробкою науково обґрунтованих систем землеробства, а також методами виведення нових сортів і гібридів сільськогосподарських культур.

Обласні дослідні станції входять до складу сільськогосподарських науково-дослідних та навчальних інститутів, науково-виробничих об'єднань. Обласні дослідні станції займаються обґрунтуванням основних напрямків розвитку та спеціалізації сільськогосподарського виробництва області, поєднанням галузей, розробкою комплексних технологій виробництва продукції рослинництва і тва-

ринництва, обґрунтуванням сівозмін. Обласні дослідні станції використовують результати досліджень інститутів і галузевих станцій, уточнюючи їх стосовно до місцевих умов.

Дослідні станції згідно з основними планами та програмами відповідних інститутів здійснюють такі функції: а) розробляють остаточні програми, поповнюючи їх практичними питаннями місцевого характеру та погоджують із планами робіт зацікавлених установ району своєї діяльності; б) у процесі роботи з'ясовують конкретні вимоги або потреби підприємства; в) перевіряють висновки інститутів з окремих питань в умовах місцевого господарства; г) вивчають організацію виробничих процесів своєї галузі; д) передають результати науково-дослідної роботи в практичне господарство найбільш доцільними методами; е) організують у сільськогосподарських підприємствах науково-дослідну роботу, погоджену з відповідними установами.

Виділяють галузеві, комплексні та селекційні дослідні станції. Галузеві дослідні станції (рослинницькі, тваринницькі) зазвичай підпорядковуються регіональним інститутам, вишам або є самостійними. Комплексні дослідні станції – багатогалузеві, представлені здебільшого державними обласними станціями, які займаються обслуговуванням сільськогосподарських підприємств області (регіону). Селекційні дослідні станції зосереджують зусилля на створенні нових високопродуктивних сортів (гібридів) сільськогосподарських культур та розробці сортової агротехніки.

**Опорний пункт** – складова ланка зональних дослідних станцій (несамостійні осередки), що створюються в характерних природних районах у господарствах з перенесенням поглиблених досліджень до лабораторії станції. Залежно від часу функціонування опорні пункти поділяють на постійні і тимчасові. Опорні пункти досліджують за єдиною методикою в різноманітних місцевих умовах дані, здобуті на дослідних станціях, та відображають практичний спосіб пропаганди досягнень науково-дослідної установи.

**Дослідне поле** – стаціонарна ділянка земельної площі, призначена для проведення польових досліджень. Дослідне поле є структурною ланкою наукових установ чи навчальних закладів. На дослідних полях проводяться дослідження для розробки раціональних прийомів вирощування сільськогосподарських культур з урахуванням місцевих природних і економічних умов району. На відміну від



науково-дослідних інститутів і дослідних станцій, дослідні поля не займаються теоретичними проблемами землеробства.

**Науковий відділ** – структурна ланка дослідної станції або наукового інституту чи вищого навчального закладу. Наукові відділи здебільшого займаються вирішенням широкого спектра теоретичних питань, аналізом і поясненням певних закономірностей, тенденцій та явищ, які відмічаються в процесі спостереження, вивчення об'єкта досліджень. До складу наукового відділу входять наукові лабораторії, які можуть спеціалізуватися на проведенні аналізів зразків рослин, ґрунту тощо. Залежно від специфіки досліджень виділяють наукові відділи рослинництва, землеробства, агрохімії та ґрунтознавства, селекції, насінництва тощо.

**Інститути** – наукові установи, діяльність яких направлена на вирішення теоретичних проблем сільськогосподарської науки та розробку практичних рекомендацій стосовно розвитку аграрних галузей. Основним завданням інститутів є всебічне наукове вивчення явищ у сільському господарстві з використанням різноманітних складних методів наукового дослідження.

Науково-дослідні інститути поділяються на загальні (економіки та організації сільського господарства, механізації сільського господарства, буряківництва, зернового господарства, спеціальних культур, прикладної ботаніки, генетики і селекції, меліорації) та спеціальні (сільськогосподарської метеорології, ґрунтознавства, добрив, зоології та мисливського господарства, охорони природи).

Завдання наукових інститутів визначаються їхньою структурною відповідністю. Вони: а) планують роботу дослідних установ певної галузі сільського господарства; б) запроваджують єдину методику дослідницької роботи (здійснюють науково-методологічне управління); в) розробляють програмні питання та розподіляють тематику поміж установами підлеглої їм периферії для дослідження в умовах конкретного регіону; г) визначають нові теми для дослідження, відповідно до наявних і перспективних вимог сільського господарства; д) проводять дослідну роботу із застосуванням глибоких аналітичних методів у польових і лабораторних умовах; е) синтезують наслідки роботи всіх дослідних установ своєї галузі; ж) вивчають наукові та технічні досягнення закордонних установ відповідної галузі; и) своєчасно доводять результати роботи дослідних установ відповідних господарських організацій; к) проводять підготовку ви-

сококваліфікованих працівників для дослідної роботи. Центральним органом, який здійснює науково-технічне керівництво інститутами, є Національна академія аграрних наук України.

Основними завданнями агрономічної науки є:

- оптимізація структури посівних площ сільськогосподарських культур з урахуванням ґрунтових і погодно-кліматичних умов регіону та спеціалізації виробництва;
- створення нових високопродуктивних сортів і гібридів різних типів (пластичних, напівінтенсивних та інтенсивних), адаптованих до конкретного регіону;
- розробка та впровадження екологічно безпечних технологій вирощування сільськогосподарських культур, спрямованих на більш повну реалізацію ресурсного потенціалу їхньої продуктивності – з одного боку, і на збереження ґрунтів та підвищення їхньої родючості – з другого;
- поширення практики науково обґрунтованого програмування врожайності сільськогосподарських культур;
- розробка та впровадження екологічно обґрунтованого, переважно агротехнічного та біологічного захисту агроценозів;
- ландшафтизація технологій вирощування сільськогосподарських культур, що є невід'ємною умовою стабілізації і посилення природного біоенергетичного потенціалу України.

## 2. Наукове дослідження

**Наукове дослідження** – це цілеспрямоване пізнання, результати якого виступають у вигляді системи понять, закономірностей, правил і теорій. Характеризуючи наукове дослідження, зазвичай указують на такі його відмінні риси:

- обов'язково цілеспрямований процес, усвідомлене досягнення поставленої мети, чітке формулювання задач;
- процес, спрямований на пошук нового, невідомого, на висунення нових ідей, на нове висвітлення проблемних питань.

Наукове дослідження характеризується систематичністю: впорядковані, зведені в систему і сам процес дослідження та його ре-

зультати; йому притаманна сувора доказовість і послідовне обґрунтування зроблених висновків та узагальнень.

Будь-яке наукове дослідження, від творчого задуму до кінцевого оформлення одержаних результатів, проводиться індивідуально, але це не заважає виділити та визначити загальні методологічні підходи до його здійснення. Об'єктом наукового дослідження виступає не окреме явище або конкретна ситуація, а цілий клас подібних явищ і ситуацій, їхня сукупність.

Безпосередні завдання наукового дослідження полягають у тому, щоб знайти спільне в окремих поодиноких явищах, розкрити закони, за якими виникають, функціонують, розвиваються такі явища, тобто проникнути в їхню глибинну сутність.

Результати наукових досліджень подають у наукових працях (наукових звітах, статтях, тезах доповідей, монографіях, дисертаціях тощо) і після всебічного оцінювання, використовують на практиці, враховують у процесі практичного пізнання і в загальному вигляді включають у відповідну документацію.

Досліджувати – це значить проводити пошукові дослідження. Уявлення, фантазія та мета, які спираються на досягнення науки й техніки, – це найважливіші чинники наукового дослідження. Також це означає бути науково об'єктивним. Не можна відкидати факти лише тому, що їх важко аргументувати або знайти для них практичне застосування: сутність нового в науці не завжди зрозуміла й самому досліднику. Нові наукові факти та навіть відкриття через неповне розкриття їхньої сутності можуть довгий час залишатися в резерві науки і не використовуватися на практиці.

Розвиток ідеї до стадії вирішення завдання відбувається зазвичай як плановий процес наукового дослідження. Відомі і випадкові відкриття, але лише планове, добре оснащене сучасними засобами, наукове дослідження надійно дозволяє розкрити та глибоко пізнати об'єктивні закономірності в природі. У майбутньому процес цільової обробки первісного замислу продовжується, вносяться уточнення, зміни, доповнення, розвивається намічена схема дослідження.

Будь-яке наукове дослідження можна подати у вигляді ряду таких етапів:

- вибір теми досліджень;
- визначення об'єкта і предмета досліджень;
- формулювання мети і завдань;

- розробка гіпотези;
- складання плану дослідження;
- аналіз наявних наукових даних з обраної теми досліджень;
- вибір методів дослідження;
- організація умов проведення дослідження;
- проведення дослідження (збір матеріалів);
- аналіз і статистична обробка отриманих результатів;
- перевірка робочих гіпотез на основі одержаних даних;
- формулювання висновків і рекомендацій виробництву.

Кожний етап має свої завдання, які вирішуються в основному послідовно, а іноді й одночасно.

### 2.1. Рівні наукових досліджень

Аналіз структури наукового дослідження доцільно починати з такого з'ясування особливостей теоретичного й емпіричного рівнів, за якого кожний з цих рівнів розглядається в ролі складної системи, що включає різні типи знань і пізнавальні процеси.

Наукове пізнання – це цілісна система, що має складну структуру. Ця структура виражає єдність стійких взаємозв'язків між елементами такої системи. Основні рівні наукового пізнання:

- *емпіричний*, який являє собою фактичний матеріал, отриманий з емпіричного дослідження, а також результати його первісного концептуального узагальнення в поняттях та інших абстракціях;
- *теоретичний* рівень, який складають основані на фактах проблеми та наукові передбачення, гіпотези, а також закони, принципи і теорії.

На емпіричному рівні проводять експерименти, збирають матеріали, проводять їхній аналіз, формулюють прикінцеві положення. Він є базою для теоретичного рівня пізнання. Теоретичний рівень – це знання, одержане шляхом абстрактного мислення.

Емпіричний і теоретичний рівні пізнання завжди нерозривно пов'язані між собою та взаємообумовлюють один одного. Так, емпіричне дослідження, встановлюючи нові чинники, нові дані спостережень і експериментів, стимулює розвиток теоретичного рівня, ставить перед ним нові проблеми та завдання. У свою чергу, теоретичне дослідження, розглядаючи та конкретизуючи теоретичний

зміст науки, відкриває нові перспективи пояснення та передбачення фактів і цим орієнтує та направляє емпіричне пізнання.

На емпіричному рівні переважає інтуїтивне пізнання, раціональний момент тут також присутній, однак він має підпорядковане значення. На цьому рівні досліджуваний об'єкт відображається переважно з боку зовнішніх зв'язків і проявів, доступних для живого погляду. Характерними рисами емпіричного пізнання є збір фактів, їхнє первинне узагальнення, опис експериментальних даних, їхня систематизація, класифікація та інша функціональна діяльність.

На базі емпіричних даних на теоретичному рівні відбувається об'єднання досліджуваних об'єктів, осягання їхньої сутності, законів існування. Найважливіше завдання теоретичного рівня пізнання – встановлення об'єктивної істини в усій повноті її змісту. При цьому широко використовуються такі пізнавальні заходи, як абстрагування (відволікання від ряду якостей і відношень предмета), ідеалізація – процес створення ідеальних мислених конструкцій, синтез (об'єднання одержаних у результаті аналізу елементів у систему) та ін. Характерною рисою теоретичного пізнання є внутрішньонаукова рефлексія, тобто дослідження самого процесу пізнання, його форм, методів, прийомів.

Емпіричний і теоретичний рівні пізнання взаємопов'язані, межа між ними умовна. Емпіричне дослідження, яке виявляє за допомогою спостережень і експериментів нові дані, стимулює теоретичне пізнання, ставить перед ним нові, більш складні завдання. З другого боку, теоретичне пізнання, розвиваючи та конкретизуючи на базі емпіричного пізнання власний зміст, відкриває нові горизонти для емпіричного пізнання, орієнтує та спрямовує його, сприяє вдосконаленню його методів і засобів.

Виділяють такі форми наукового пізнання на емпіричному рівні: науковий факт, емпіричний закон. На теоретичному рівні наукове пізнання виступає у формі проблеми, гіпотези, теорії.

Теорія – найбільш розвинена форма організації наукових знань, яка цілісно відображає закономірності певної сфери дійсності та являє собою знакову модель цієї сфери. Ця модель будується таким чином, що характеристики, які мають найбільш загальну природу, складають основу моделі, інші ж підпорядковуються основним положенням або впливають з них за законами логіки.

Кожне положення теорії є істиною для багатьох обставин, у яких проявляється досліджуваний зв'язок. Узагальнюючи факти і спираючись на них, теорія узгоджується із загальними положеннями, які спрямовують її виникнення та розвиток. В історії науки нерідко трапляються випадки, коли теорія та її окремі положення відхиляються науковцями не через невідповідність фактичному матеріалу, а через відмінність характеру світогляду.

Пояснення фактів полягає в їх підпорядкуванні певному теоретичному узагальненню, яке має достовірний або ймовірний характер. Пояснювальна функція теорії тісно пов'язана із систематизувальною. Як і при поясненні, у процесі систематизації факти підводяться під теоретичне положення, яке їх тлумачить, і включаються в ширший контекст знання. У такий спосіб відбувається встановлення зв'язків між різними чинниками і вони набувають певної цілісності, обґрунтовується їхня достовірність.

Передбачувальна функція теорії реалізується у здатності до точних прогнозів. Міцність теорії залежить насамперед від глибини та повноти відображення сутності досліджуваних предметів (чим глибше та повніше таке відображення, тим надійніші прогнози, що спираються на теорію). Теоретичне передбачення має зворотню залежність від складності і нестабільності досліджуваного процесу (чим складніший процес, тим більш непередбачуваний прогноз).

Поряд з емпіричним і теоретичним у сільськогосподарській дослідній справі виділяють *описово-узагальнюючий рівень*. На цьому рівні експерименти не проводяться, а здійснюється лише спостереження та опис явищ, які відбуваються у природі. Прикладом може бути спостереження за формуванням посівів або проходженням ними фенофаз розвитку залежно від впливу абіотичних чинників: вологи, температури, освітленості тощо. Це також може бути спостереження за посухостійкістю рослин, за їхньою здатністю протистояти шкідникам та хворобам або спостереження за процесом вилягання посівів тощо. На основі проведених спостережень роблять висновки, розробляють конкретні заходи для виробництва, при цьому застосовують такі форми мислення, як умовивід і судження.

*Судження* – це форма мислення, за якої дослідник спростовує або підтверджує певні явища, закономірності, процеси. Судження може бути правильним (об'єктивним) або помилковим. Прикладом правильного судження буде висновок про залежність стійкості посівів

зернових проти вилягання залежно від дози азотних добрив: зі збільшенням дози азоту до певної межі стійкість рослин підвищується, а далі починає зменшуватися. Прикладом помилкового судження буде ствердження про відсутність післядії органічних добрив, унесених під попередник, оскільки воно базується на даних науки та практики.

*Умовивід* – процес узагальнення й ототожнення в думках певної кількості пов'язаних між собою суджень. Наприклад, відомо, що точний посів забезпечує покращання розвитку рослин пшениці поширених сортів, звідси робимо висновок, що новий сорт цієї культури також буде формувати вищі біометричні показники та більшу врожайність за цього способу сівби.

## 2.2. Види наукових досліджень

Наукові дослідження залежно від сфери застосування результатів поділяються на *фундаментальні* та *прикладні*, що є основними видами (формами) наукової діяльності.

Єдиного визначення фундаментальних досліджень не існує, але можна стверджувати, що такими є дослідження, спрямовані на розробку або перевірку гіпотези (теорії), яка має загальний характер і може бути застосована до певного класу явищ, процесів або об'єктів. Така теорія по суті є відповіддю на запитання: як, чому, за допомогою якого механізму реалізується цей процес або явище? З цього погляду не може розглядатися як фундаментальне те дослідження, яке містить лише описову інформацію, навіть якщо для його опису використана комп'ютерна обробка; не є фундаментальним дослідженням і те, яке успішно поширює область застосування вже відомої методики.

Однією з основних рис фундаментальності є саме гіпотеза, покладена в основу дослідження. ЮНЕСКО відносить до фундаментальних дослідження, що спрямовані на відкриття законів природи, встановлення відношень між явищами та об'єктами реальної дійсності. Основна функція фундаментальних досліджень – пізнавальна, безпосередня мета – зробити висновок про закони природи, які мають загальний характер і закономірну постійність. Вирішення фундаментальної проблеми неминуче відкриває безліч нових ефективних шляхів розв'язання практичних задач. Прикладом фундаментальних досліджень є розшифрування принципів побудови

подвійної спіралі нуклеїнових кислот, молекул ДНК і РНК, вивчення процесів фотосинтезу тощо.

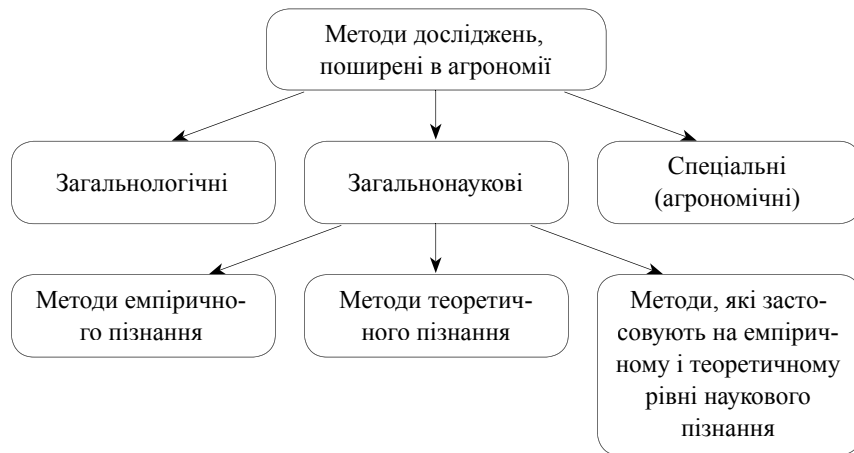
Залежно від поставленої мети, фундаментальне дослідження може бути вільним теоретичним або цілеспрямованим. Вільне теоретичне дослідження проводиться одним науковцем, який обирає напрям дослідження на основі власних ідей, тоді як цілеспрямоване дослідження визначається творчим колективом науковців і обмежується певною галуззю науки та вибором об'єкта дослідження.

*Прикладні* наукові дослідження в агрономії – це наукова діяльність, спрямована на одержання та використання знань для практичних цілей, пошук нових, найбільш раціональних шляхів практичного використання результатів фундаментальних наукових досліджень. Мета прикладних досліджень полягає в оптимізації агрозаходів (норм висіву, строків і способів сівби, глибини загорання насіння, системи захисту посівів від шкідників і хвороб, строків збирання врожаю тощо) для підвищення рівня реалізації ресурсного потенціалу врожайності та якості продукції. Їхнім кінцевим наслідком є рекомендації щодо впровадження одержаних результатів, інновацій у виробництво.

Різновидністю прикладних наукових досліджень в агрономії є *пошукові*. Вони спрямовані на розробку інноваційних агрозаходів вирощування польових культур, створення нових, перспективних, адаптованих до конкретного району вирощування сортів з високим потенціалом продуктивності та здатності його реалізовувати в конкретних умовах вирощування, враховуючи комплекс несприятливих абіотичних, едафічних та біотичних чинників.

## 3. Методи наукових досліджень

*Метод* – (від грецького *methods* – шлях, спосіб дослідження, навчання, викладення) – сукупність заходів і операцій пізнання та практичної діяльності, спосіб досягнення певних результатів у пізнанні та практиці. Застосування того чи іншого методу визначається метою пізнавальної чи практичної діяльності, предметом вивчення та умовами, у яких проводиться діяльність. У науковій агрономії використовуються такі методи дослідження (схема).



### 3.1. Загальнонаукові теоретичні методи

Це особливі прийоми розумової діяльності, які розповсюджуються на будь-який пізнавальний процес, включаючи повсякденне пізнання, наукове пізнання та навіть загальнонаукову пізнавальну діяльність. Серед них можна виділити аналіз, синтез, індукцію, дедукцію та абдукцію. Вони складають фундамент розумових операцій у пізнавальній діяльності людини на будь-якому її рівні. Загально-логічні методи пізнання є найбільш розповсюдженими засобами розумової діяльності, які сформувалися разом з розвитком самої пізнавальної діяльності.

**Аналіз** – це метод, за якого відбувається уявне чи реальне розчленування предмета дослідження на складові частини з метою окремого їх вивчення. У ролі частин можуть бути якість, складові елементи об'єкта або ж його властивості, ознаки, відносини. Цей метод дослідження одержав широке розповсюдження в науковій агрономії. Простим прикладом цього методу може бути визначення площі листків однієї рослини. Для цього умовно або на практиці рослину розділяють на складові фітомери. Визначають площу кожного окремого листка, а далі визначають загальну площу листків рослини.

За таким самим принципом визначають біологічну врожайність рослин. Зокрема, для розуміння вкладу структурних складових по-

сівів у формування біологічної врожайності визначають: кількість рослин і стебел на одиниці площі посіву, озерненість колоса та колоска, кількість продуктивних і непродуктивних колосків у колосі, масу 1000 зерен тощо, тобто аналізують одержаний урожай.

Іншим прикладом аналізу може бути визначення якісних показників зерна. Так, для повної характеристики якості встановлюють не тільки загальний вміст білка, а й проводять його аналіз, тобто визначають фракційний склад, якими нуклеїновими кислотами він представлений тощо.

У наукових дослідженнях використовують кілька видів аналізу. Широке застосування одержав порівняльний аналіз, коли після поділу об'єкта дослідження порівнюють окремі його частини, визначають співвідношення між ними. Зокрема, під час характеристики хлібних злаків на стійкість до вилягання спочатку стебло розділяють на окремі міжвузля і проводять аналіз кожного з них, порівнюючи одне з одним за параметричними показниками, та шляхом умовиводу роблять висновок про стійкість посівів до вилягання. Серед інших видів аналізу слід відмітити математичний аналіз, системний, формально-логічний тощо.

В агрономічній практиці аналітичний метод не може бути абсолютизований. Це лише перший етап пізнання. Його обов'язково має супроводжувати синтез.

**Синтез** – це метод цілісного вивчення об'єкта на базі вивчених окремих його сторін у процесі аналізу. Синтез не означає простого механічного поєднання розчленованих у процесі аналізу елементів у єдину систему. Він розкриває місце і роль кожного з елементів у цілісній системі, установлює зв'язок між ними та взаємообумовленість. Тобто синтез дозволяє розуміти справжню діалектику єдності досліджуваного об'єкта.

Синтез протилежний аналізу, водночас вони взаємозалежні та взаємообумовлені. Аналіз передуює синтезу, який поєднує в одне загальне ціле розчленований у ході аналізу предмет вивчення, складає певну логічну закономірність явищ досліджуваного предмета, його характеристики. Так, аналізуючи кожну рослину, дослідник на підставі розрахунків середнього арифметичного одержує середні дані для всієї вибірки (повторення). Проводячи аналіз кожного повторення, розраховує середні арифметичні дані в цілому для варіанта досліджу.

У свою чергу, аналіз досліджуваних варіантів дає підставу для формулювання кінцевих висновків і узагальнень та на останньому етапі – конкретних пропозицій виробництву.

Ці два методи успішно використовуються як на емпіричному, так і на теоретичному рівнях пізнавального процесу. Але в будь-якому випадку це не дві відірвані одна від одної розумові операції, а дві сторони єдиного аналітико-системного методу пізнання.

**Індукція** – (від лат. *induction* – наведення, спонукання) – метод пізнання, який ґрунтується на формально-логічному умовиводі, яке приводить до одержання загального висновку на підставі окремих фактів. У загальному вигляді індукція – це шлях нашої думки від окремого до загального. У цьому сенсі індукція – широко застосовуваний метод мислення на будь-якому рівні пізнання.

Конкретний приклад індукції (індуктивного мислення): якщо в одному господарстві зібрали зерно одного і того ж сорту пшениці з різними показниками якості, робимо висновок про незбалансоване живлення, насамперед у другій половині вегетації рослин.

В індукції зв'язок фактів і висновку спирається не на закон логіки, а на конкретні фактичні підстави, що не мають суто формального характеру. У такому умовиводі висновок не впливає логічно і може містити інформацію, відсутню у фактах. Достовірність конкретних фактів не означає достовірності виведеного з них індуктивного ствердження. Індукція дає тільки ймовірні висновки, які потребують подальшої перевірки. І справді: якщо п'ять років поспіль у господарстві одержували низьку врожайність пшениці конкретного сорту, це ще не свідчить про те, що цей сорт має низький потенціал продуктивності. Можливо, рівень агротехніки був низький або погодні умови не забезпечили одержання високого врожаю зерна.

**Дедукція** – (від лат. *deduction* – виведення) – одержання конкретних висновків на основі знань загальних положень. Тобто це шлях нашої думки від загальних положень до конкретних фактів. Дедукцією також називають загальну теорію побудови правильних висновків.

Якщо вихідні загальні положення є встановленою науковою істиною, то завдяки методу дедукції завжди можна отримати правильний висновок. Загальні принципи й закони не дають ученим у процесі дедуктивного дослідження помилитися: вони допомагають правильно зрозуміти конкретні явища дійсності.

Наприклад, відомо, що рослини з геліотропним листям здатні більш повноцінно засвоювати ФАР. Звідси випливає, що, по-перше, вони здатні формувати вищу врожайність, по-друге, їх слід висівати з більшою нормою висіву, адже лише таким чином можна збільшити рівень реалізації ресурсного потенціалу продуктивності. Іншим прикладом дедуктивного мислення може бути те, що інтенсивні сорти досить вибагливі до збалансованого режиму живлення і нестача будь-якого елемента буде причиною різкого зниження врожайності. Перевірка цієї гіпотези на практиці підтвердила її правильність.

**Абдукція** – (від лат. *abduction* – відведення) – спосіб мислення, орієнтований на пошук правдоподібних пояснювальних гіпотез. Усі ідеї науки виникають за допомогою цього методу. Індукція розглядає гіпотези і вимірює ступінь їхньої відповідності фактам, тому вона не може створити певну ідею взагалі. Не більше того може зробити і дедукція. Метод абдукції полягає в дослідженні фактів і в побудові гіпотези, яка їх пояснює. Абдукція, як і дедукція, починається з фактів, але по-різному їх досліджує. Якщо дедукція шукає факти, що підтверджують її укладення, то абдукція спрямована на встановлення певної регулярності між фактами. Ця регулярність виражається у вигляді попередньої гіпотези, яка після багаторазових уточнень змогла б пояснити ці факти. Абдукція орієнтована на дослідження процесу пошуку наукових гіпотез, за допомогою яких можна було б розкрити внутрішній механізм, що лежить в основі спостережуваних явищ, і тим самим знайти їм пояснення.

### 3.2. Загальнонаукові методи емпіричного пізнання

Загальнонаукові методи – це заходи (шляхи) пізнавальної діяльності, які використовуються в усіх галузях науки. При цьому в окремих науках вони можуть мати певну специфіку свого прояву, але в цілому застосовуються в усіх галузях науки.

Емпіричний рівень наукового пізнання будується головним чином на безпосередньому огляді досліджуваних об'єктів, хоча раціональне пізнання присутнє як обов'язковий складник. Безпосередній контакт з об'єктом пізнання необхідний для досягнення емпіричного знання. До основних загальнонаукових методів емпіричного пізнання належать: експеримент, спостереження, опис, вимірювання.

**Експеримент** – (від лат. *experiment* – проба, дослід) – це метод, згідно з яким шляхом зміни умов, спрямування або характеру цього процесу створюються штучні умови вивчення об'єкта у відносно «чистому» вигляді. Він передбачає активний, цілеспрямований і строго контрольований вплив дослідника на досліджуваний об'єкт для вивчення тих чи інших сторін, якостей, зв'язків. При цьому експериментатор може перетворювати досліджуваний об'єкт, створювати штучні умови його вивчення, втручатися в природний перебіг процесів.

Експеримент включає в себе також інші методи наукових досліджень: спостереження, опис і вимірювання, однак не зводиться до них, а має власні особливості, які відрізняють його від інших методів.

По-перше, експеримент дозволяє дослідити об'єкт у «чистому» вигляді, тобто усуваючи будь-які побічні чинники, що ускладнюють процес дослідження.

По-друге, у разі необхідності під час експерименту можна створювати спеціальні умови, як, наприклад, температурний режим, освітленість, вологозабезпеченість тощо. У таких штучних умовах вдається виявити властивості об'єктів, щоб досягнути їхньої сутності.

По-третє, досліджуючи процес, експериментатор може включати в нього все, що вважає за необхідне для одержання істинного знання про досліджуваний об'єкт. Наприклад, у ході експерименту дослідник може змінювати (корегувати) вплив абіотичних чинників: умов освітлення, температурного режиму тощо. Багаторазова відтворюваність експерименту дозволяє отримувати достовірні результати.

Виділяють такі основні види наукових експериментів: кількісні (вимірювальні), якісні, змішані, перевірочні, дослідні.

**Кількісні експерименти** направлені на встановлення точних кількісних залежностей у досліджуваному явищі. Прикладом кількісного експерименту може бути вивчення впливу норми висіву насіння пшениці озимої на динаміку формування біометричних параметрів рослин: їхню вегетативну масу, висоту, площу листків тощо. Прикладом кількісного експерименту може бути визначення впливу різних варіантів системи живлення посівів на формування якісних показників зерна: масу 1000 шт., вміст білка, натурну масу тощо.

У кількісних експериментах визначають кількісні показники об'єкта досліджень і наводять їх у загальноприйнятих одиницях вимірювання: масу зерна – у грамах, урожайність – у тоннах на 1 га,

кількість будь-чого – у штуках, довжину рослин, колоса тощо – у сантиметрах, діаметр стебла – у міліметрах та ін.

**Якісні (пошукові) експерименти** не передбачають установаження кількісних співвідношень, проте вони дозволяють виявити вплив досліджуваних чинників на якісні зміни об'єкта дослідження. Зокрема, в експерименті можна провести сортовивчення на стійкість сортів до вилягання: нестійкі чи стійкі до вилягання сорти. У якісних експериментах можна дати оцінку сортів рослин з погляду їхньої здатності до реалізації ресурсного потенціалу продуктивності: інтенсивні, напівінтенсивні чи пластичні сорти.

Здебільшого проводять **комплексні** (змішані) експерименти, коли визначають кількісні показники та здійснюють якісні обліки. Це дає змогу проводити більш об'єктивну різносторонню оцінку об'єкта дослідження.

**Перевірочні експерименти** служать для перевірки, підтвердження чи спростування тих або інших теорій. Так, теорію високої ефективності хелатних форм мікроелементів повністю було доведено шляхом проведення експериментів. **Дослідний експеримент** дозволяє встановити нові, раніше не відомі якості об'єкта експерименту.

**Спостереження** – чуттєве відображення предметів і явищ зовнішнього світу. Це вихідний метод емпіричного пізнання, який дає змогу одержати повну інформацію про об'єкт навколишньої діяльності. Наукове спостереження характеризується рядом особливостей: цілеспрямованістю (зосередження уваги дослідника на поставленому завданні), планомірністю (послідовність дотримання певного плану), активністю (залучення накопичених знань, технічних засобів).

**Опосередковані спостереження** – дослідження об'єктів із залученням тих чи інших технічних засобів. Виникнення та розвиток таких засобів багато в чому виявили те величезне розширення можливостей методу, яке відбулося впродовж останнього періоду.

Будь-яке спостереження, хоч і спирається на дані почуттів, вимагає участі теоретичного мислення, за допомогою якого оформлюється у вигляді певних наукових термінів, графіків, таблиць, рисунків. Крім того, воно ґрунтується і на певних теоретичних положеннях. Наочно це особливо помітно в непрямих спостереженнях, оскільки встановити зв'язок між неспостережуваним і спостережуваним явищем дозволяє лише теорія. У зв'язку із цим А. Ейнштейн зазначав: «Чи можна

спостерігати це явище, чи ні, залежить від вашої теорії. Саме теорія повинна встановити, що можна спостерігати, а що не можна».

Спостереження нерідко відіграють важливу евристичну роль у науковому пізнанні. У процесі спостереження можуть бути відкриті абсолютно нові явища або дані, що дозволяють обґрунтувати ту чи іншу гіпотезу. Усі наукові спостереження супроводжуються описом.

**Опис** – завершальний етап спостереження. За допомогою опису чуттєва інформація перекладається на мову понять, знаків, схем, рисунків, графіків, набуваючи в такий спосіб форми, зручної для подальшої раціональної обробки (систематизації, класифікації, узагальнення).

Розрізняють описи двох типів (видів): якісні та кількісні (ті, що формуються в результаті вимірюваних процедур). Описи результатів досліджень формують емпіричний базис науки, спираючись на який, дослідники створюють емпіричні узагальнення, порівнюють досліджувані об'єкти за певними параметрами, установлюють послідовність етапів їхнього розвитку, проводять класифікацію тощо.

Цей метод має відповідати ряду вимог: бути по можливості більш повним, точним, об'єктивним, надавати достовірну та адекватну оцінку самого об'єкта.

**Вимірювання** (обліки) – це метод, який полягає у визначенні кількісних значень тих чи інших якостей сторін досліджуваного об'єкта, явища за допомогою спеціальних технічних пристроїв. Вимірювання проводять за спеціально апробованими методиками відповідно до державних стандартів.

Усі прилади, які використовуються для обліків, обов'язково необхідно кожного року перевіряти Державною інспекцією за стандартами. Результати перевірки засвідчують відповідними документами.

### 3.3. Загальнологічні методи

Найбільш поширеним загальнонауковим теоретичним методом пізнання є гіпотеза. До цієї групи методів також належать екстраполяційний, аксіоматичний методи, метод ідеалізації тощо.

**Гіпотеза** – певне припущення, яке ґрунтується на інтуїції та досвіді дослідника і спрямоване на раціональне пояснення законо-

мірностей прояву певних характеристик досліджуваного об'єкта. Їй властива певна невизначеність. Доведення чи, навпаки, спростування гіпотези перевіряється шляхом експерименту.

Цей метод наукового дослідження стоїть на першому рівні пізнання, він дає поштовх для пошуку доказової бази явищ, які відбуваються в об'єкті дослідження шляхом залучення цілого комплексу як загальнонаукових, так і загальнологічних та спеціальних методів.

Формулюючи гіпотезу, слід дотримуватися таких правил:

- правильною є та гіпотеза, яка пояснює більшу кількість фактів, що викликають зміни об'єкта дослідження;
- висувуючи гіпотезу, дослідник має усвідомлювати й обґрунтовувати ймовірність (результати) експерименту, який проводиться для підтвердження чи спростування гіпотези;
- гіпотеза має відповідати фактам, яких вона стосується;
- гіпотези, які суперечать одна одній, не можуть бути однаково істинними.

Будь-яке наукове дослідження починається з формулювання робочих гіпотез. Наприклад, досліджуючи вплив системи живлення посівів на врожайність чи на якість зерна пшениці озимої, дослідник робить припущення (формулює гіпотезу, яка базується на власному досвіді з вивчення цього питання) щодо сили впливу дослідженого чинника на мінливість урожайності чи якісних показників зерна або робить науково обґрунтоване припущення, прогнозує, який з досліджених варіантів забезпечить формування оптимальних параметрів дослідженої ознаки. Після проведення експериментів дослідник підтверджує чи спростовує висунуту гіпотезу.

Іншим прикладом гіпотези може бути наукове припущення щодо можливості управління продуктивністю посівів цукрових буряків за рахунок зміни площі живлення рослин. Досліджуючи вплив різних норм висіву та способів сівби буряків цукрових, дослідник установлює оптимальні параметри досліджуваних чинників і цим перевіряє висунуту гіпотезу щодо сили впливу чинників, що визначають щільність посівів, на продуктивність рослин.



### 3.4. Загальнонаукові методи, що застосовуються на емпіричному і теоретичному рівнях наукового пізнання

Існує ряд методів, які з успіхом застосовують на будь-якому рівні наукового пізнання. Це методи аналогії, моделювання, узагальнення, абстрагування тощо.

**Аналогія** – це метод, який заснований на подібності, схожості певних властивостей, ознак або відносин у різних об'єктів. Установлення схожості (або відмінності) між об'єктами здійснюється в результаті їхнього порівняння. Таким чином, в основі методу аналогії лежить порівняння. Цей метод не може дати конкретної точної відповіді щодо якостей предмета досліджень, закономірностей його існування тощо. Проте, застосовуючи цей та інтуїтивний методи, можна робити певні припущення щодо характеристики досліджуваного предмета або явища.

Простим прикладом методу аналогії може бути припущення щодо реакції рослин певного сорту на застосування технології вирощування. Так, якщо перед дослідником поставлено завдання дослідити новий сорт сої, однак відомо, що цей сорт аналогічний до сорту, з яким уже було проведено досліди, то з високим рівнем імовірності можна зробити припущення щодо реакції нового сорту сої на застосування тих чи інших технологічних елементів, взявши за основу характеристики (якості) вже відомого сорту сої.

Так само, знаючи, що будь-яке нове полімерне добриво, аналогічне вже вивченому раніше (за співвідношенням поживних елементів, характером комплексоутворювальної речовини тощо), можна спрогнозувати вплив нового полімерного добрива на ріст і розвиток посівів конкретної культури.

Ступінь імовірності отримання правильного умовиводу за аналогією буде тим вищий, чим більше виявлено спільних властивостей у порівнюваних об'єктів, чим істотніші ці властивості та чим глибший пізнаний взаємний закономірний зв'язок між ними.

Висновок за аналогією в узагальненому вигляді можна визначити як перенесення інформації з одного об'єкта на другий. При цьому перший об'єкт, який, власне, досліджується, називається моделлю, а другий, на який переноситься інформація, одержана в результаті вивчення першого об'єкта (моделі), – оригіналом (прототипом, зраз-

ком). Аналогія та подібність полягають в основі методу, який зветься моделюванням.

**Моделювання** – метод дослідження об'єктів на їхніх моделях. Цей метод передбачає побудову та вивчення моделей реальних предметів і явищ. Моделювання дає змогу замінювати об'єкти, які важко вивчати, на штучно створені їхні моделі. Залежно від характеру використаних у науковому дослідженні моделей розрізняють декілька видів моделювання: фізичне, ідеальне (розумове), символічне (знакове), математичне, предметно-математичне та чисельне. Найбільше поширення в науковій агрономії отримали фізичне та символічне (знакове) моделювання.

Прикладом фізичного моделювання може бути створення моделі ґрунту, рослинних клітин тощо. Цей метод моделювання характеризується фізичною схожістю між моделлю та оригіналом і має на меті відтворення в моделі процесів, властивих оригіналу. За результатами дослідження тих чи інших фізичних властивостей моделі судять про явища, які відбуваються у природних умовах.

**Знакове моделювання** пов'язане з умовно-знаковими зображеннями певних властивостей, відносин об'єкта оригіналу. До знакових моделей належать різноманітні топологічні та графічні зображення (графіки, схеми, номограми тощо) досліджених об'єктів. Прикладом знакового моделювання в дослідній справі є розробка детального схематичного плану досліду. У певному масштабі відображають увесь дослід, приводять повну його деталізацію: указують межі досліду та кожного повторення, кінцеві та захисні смуги досліду, повторень, варіантів тощо.

**Математичне моделювання** є різновидністю знакового. Мова математики дозволяє виражати якості, сторони, відношення об'єктів і явищ різного походження. Взаємозв'язки між різними величинами, які описують функціонування такого об'єкта або явища, можуть бути представлені відповідними рівняннями. Система рівнянь разом із відомими даними, необхідними для її розв'язання, називається математичною моделлю конкретного явища. У науковій агрономії досить часто метод моделювання застосовують з іншими методами, зокрема з експериментом, і тоді він називається модельним експериментом.

**Узагальнення** – метод мислення, у результаті якого встановлюються загальні властивості та ознаки об'єктів. Процес узагальнення

здійснюється як перехід від локальних, конкретних питань і суджень до більш загальних. Цей процес може проходити у декілька етапів. Наприклад, у дослідях ми спочатку вивчаємо об'єкт або явище в межах конкретного повторення, узагальнюємо одержані результати в цілому за повтореннями, далі – по всьому досліді. Якщо досліди масштабні, географічні, то спочатку робимо узагальнення даних за конкретним дослідом, після цього узагальнюємо дані аналогічних дослідів, проведених в усьому районі, потім в області і под.

Узагальнення як метод дослідження широко використовується в науці не тільки в емпіричному дослідженні та на перших етапах побудови теоретичних знань, але і є потужним знаряддям побудови самих фундаментальних теорій. У цьому сенсі узагальнення може розглядатися як перехід від менш загального поняття до більш загального.

### 3.5. Агрономічні (спеціальні) методи досліджень

Ця група включає специфічні методи, які застосовуються суто в науковій агрономії, тому їх ще називають конкретно-науковими. За сучасною класифікацією виділяють такі спеціальні методи: лабораторний, вегетаційний, лізиметричний, вегетаційно-польовий, польовий та експедиційний. Зазвичай ці методи застосовують не окремо, а в комплексі один з одним, у тому числі із загальнонауковими та загальнологічними методами.

**Лабораторний метод** проводиться в лабораторних умовах. Його застосовують для аналізу рослин, вивчення взаємодії рослин з довкіллям, дослідження фізичних, біологічних, хімічних якостей ґрунтів, визначення якісних показників урожаю, характеру метаболізму рослинного організму тощо.

Найпростішим прикладом лабораторного методу є визначення лабораторної схожості насіння для оцінки посівного матеріалу та встановлення поправки на норму висіву насіння. Лабораторні методи використовуються паралельно з іншими спеціальними методами на різних етапах дослідження. Будь-які польові дослідження починаються та закінчуються певними аналізами в лабораторних умовах. Як уже наголошувалося, ще до початку польового досліді проводять лабораторні аналізи посівного матеріалу, а вже після завершен-

ня дослідження визначають якісні показники одержаної продукції, насінневого матеріалу тощо.

За допомогою гравіметричного методу визначають вологість наважок ґрунту. У лабораторних умовах за допомогою хімічних аналізів визначають забезпеченість ґрунтів поживними елементами, вміст пігментів фотосинтезу в листках рослин тощо. Лабораторний метод широко використовується для визначення виживаності озимих зернових, для чого відбирають моноліти, які далі вивчають у лабораторії.

**Вегетаційний метод** – дослідження рослин, що вирощуються в спеціальних будиночках під склом. Це дозволяє контролювати окремі життєво важливі чинники. Субстрат, його вологість, поживне середовище та освітленість можуть також складати досліджувані чинники або варіанти досліді. За вегетаційного методу експериментальними одиницями служать посудини, які заповнюються ґрунтом, піском, перлітом або сумішшю цих субстратів.

Тривалість вегетаційних дослідів залежить від поставленої мети. Вона може становити від декількох днів до кількох місяців. З багаторічними культурами вегетаційні досліді можуть тривати кілька років. Головною метою вегетаційного методу є вивчення процесів, що відбуваються в рослинах і ґрунті, визначення ролі окремих чинників у житті рослин.

Основною перевагою вегетаційного методу є те, що він дозволяє виділити з цілого комплексу окремі чинники та детально дослідити їхній вплив на рослину за повного контролю решти чинників. Оскільки у вегетаційних дослідях умови вирощування чітко регулюються, це дає змогу скоротити кількість повторень у часі до мінімуму. Стосовно цього професор Д. М. Прянишников, порівнюючи вегетаційний і польовий методи, зазначив, що перший з них більш точний, але менш придатний для впровадження його результатів у виробництво; другий (польовий), навпаки, менш точний, але більш практичний і об'єктивний.

Застосування вегетаційного методу дало змогу вивчити значну кількість важливих питань: з'ясувати роль елементів живлення в житті рослин, механізм їхнього засвоєння рослинами, комплексної взаємодії, тощо. За допомогою цього методу вивчають явище фотоперіодизму, порівнюють родючість різних ґрунтів, реакцію рослин на вологість і температуру повітря, зміну температурного режиму субстрату, умов освітленості і под.

Поряд з перевагами цей метод має ряд недоліків. Основним недоліком є штучність умов вирощування, які відрізняються від реальних польових умов. У вегетаційних посудинах відсутні всі шари ґрунту, немає підґрунтя і тих особливостей водного режиму, які є в реальних умовах. Крім того, часто рослини вирощуються на штучних субстратах: піску, торфі, гравії, перліті, воді тощо. Саме тому вегетаційний метод не дає відповіді на питання про те, як будуть реагувати рослини на досліджений чинник у польових умовах. До недоліків вегетаційного методу слід також віднести значну вартість його проведення: спорудження вегетаційних будинків, комплектування та обслуговування.

**Лізиметричний метод** застосовують для дослідження рослин і якостей ґрунтів у польових умовах, для вивчення балансу вологи та елементів живлення. Цей метод дозволяє за допомогою спеціальних споруджень вивчати процес міграції вологи та розчинених у ній поживних й інших речовин через певний шар ґрунту. Крім того, за допомогою лізиметрів можна глибоко вивчати природну родючість різних типів ґрунтів, транспіраційні коефіцієнти рослин, зміну родючості ґрунтів у результаті застосування добрив тощо.

Уперше лізиметричний метод дослідження застосував англійський хімік Джон Дальтон (1766–1844 рр.) під час вивчення розподілу атмосферних опадів і їхнього впливу на ґрунтові води. Лізиметр у перекладі з грецької (*lysos*) означає «розчинення». Саму споруду, за допомогою якої визначають кількість мігруючої вологи і розчинених у ній поживних речовин, називають лізиметром.

Зараз існує значна кількість різних модифікацій лізиметричних споруд: відкриті та закриті, з насипним ґрунтом і з ґрунтом непорушеного складу. Вони можуть бути різного розміру та об'єму (найчастіше висотою 1,0–1,5 м і діаметром від 15 до 50 см). Корпус лізиметра виготовляють з металу, бетону, цегли або синтетичних матеріалів, які повинні бути герметичними та мати добру теплопровідність.

Спорудження цегляних, бетонних лізиметрів для багаторічних лізиметричних експериментів є трудомістким і витратним заходом, який потребує ретельного інженерного опрацювання.

Плівкові лізиметри недовговічні, вони легко пошкоджуються корінням рослин, ґрунтовою фауною, деформуються під час температурних перепадів і не можуть використовуватися для тривалих стаціонарних досліджень, проте низька вартість, незначні витрати

праці дозволяють застосовувати їх для різних короткотривалих експериментів.

Лізиметричний метод отримує дедалі ширше застосування не тільки в агрохімічних дослідженнях, але і в гідрології, ґрунтознавстві, землеробстві, меліорації та фізіології рослин. Підвищений інтерес до лізиметрів пояснюється можливістю залучати до експерименту контрольовані параметри, використовувати лізиметричні установки як у польових, так і в лабораторних умовах. У міру посилення антропогенного і техногенного навантаження на екосистеми коло питань, що можуть бути вирішені за допомогою цього методу, значно зростає і включає завдання дослідження екологічного стану, вивчення можливості проникнення різних забруднювальних речовин у підземні та ґрунтові води, проведення моніторингових спостережень і вирішення прогностичних завдань.

Лізиметричний метод дає змогу вивчати як один, так і цілий набір чинників, їхній взаємовплив один на одного. Він дозволяє в умовах, наближених до польових, дослідити численні ґрунтові процеси, широко експериментуючи із введенням або виключенням окремих чинників, дозволяє проводити всебічний кількісний та якісний облік змін, які відбуваються в процесі експерименту.

До недоліків лізиметричного методу слід віднести те, що в об'ємі ґрунту лізиметра, обмеженого каркасом, порушується температурний режим, виключається можливість горизонтального вологотранспортування в зоні аерації. Однак наукові дослідження показали, що у верхніх шарах ґрунтового профілю (до 50 см) значного порушення теплового режиму не спостерігається, а в нижніх його шарах відхилення від природного фону незначні (1–3°C). Хоча ці порушення і приводять до зміни вертикальних градієнтів температурного поля, однак перерозподіл вологи за рахунок цього залишається зазвичай у межах точності її визначення.

Для усунення недоліків, притаманних лізиметричному методу, застосовують *вегетаційно-польовий метод*, який займає проміжне місце між вегетаційним і польовим.

У класичному вегетаційному досліді, проведеному в теплиці або вегетаційному будиночку, температурний режим зазвичай відрізняється від того, який є в польових умовах, а вологозабезпеченість регулюється дослідником. Результати такого досліду не містять ніякої інформації про те, як досліджувані параметри будуть змінюватися

в польових умовах. Саме тому застосовують вегетаційно-польовий дослід, який має відтворювати екологічні умови району, у тому числі мінливість погодних умов і використання рослиною підґрунтової вологи.

Вегетаційно-польовий дослід проводиться в посудинах без дна глибиною 50–60 см, вкопаних у рівень з поверхнею поля і заповнених досліджуваним ґрунтом. У деяких випадках формують траншею, стінки якої вистилають поліетиленовою плівкою. Поперечними перегородками траншею ділять на окремі ділянки, які імітують посудини. За необхідності можна проводити полив, але, як правило, втручання у водний режим обмежується передпосівним зволожувальним поливом, а решта води надходить до рослини за рахунок дощів та з підґрунтових горизонтів.

Згідно з цим методом ґрунт знизу перебуває в постійному контакті з ґрунтом природного зволоження та аерації. У середину циліндра висаджують рослини. Відповідно до схеми дослідів, на потрібну глибину вносять різні дози добрив, змінюючи умови середовища. У контрольних циліндрах підтримують умови, притаманні ґрунтам району проведення досліджень. У такий спосіб дослідження проводять в умовах, наближених до природних. Для вивчення родючості різних генетичних горизонтів у циліндри насипають ґрунт із певних горизонтів, ущільнюючи й удобрюючи його, як передбачає схема дослідів.

Цей метод є незамінним у вивченні ґрунтової симбіотичної та патогенної мікрофлори, деяких комах шкідників. Масштабне враження полів кореневою гниллю соняшнику не дозволяє провести звичайний польовий дослід для визначення шкодочинності цих хвороб. Причина – це відсутність стерильного контролю. Вегетаційний метод для цього також малоприматний, оскільки в природних умовах шкодочинність патогена різко підсилюється дією несприятливих екологічних умов.

Застосовуючи вегетаційно-польовий метод, легко визначити вплив на рослину родючості конкретної різновидності ґрунту залежно від ефекту клімату того району, де цей ґрунт був сформований. Вегетаційно-польові посудини можуть бути наповнені ґрунтом, привезеним з інших регіонів. Фактично необмежений об'єм посудин дозволяє проводити дослідження з урахуванням однієї з найважливіших для рослин якостей ґрунту – його високої буферності. Через це вони зручні для дослідження фізіологічної адаптації до посухи

й інших екологічних комплексів. Основним недоліком вегетаційно-польового методу є його залежність від погодних умов поточного року. Але комбінування методу з плівковим покриттям для підвищення температури або з матеріалами, що використовуються для затінення, відкриває для дослідника ширші можливості, певною мірою допомагає подолати цей недолік.

У деяких агрохімічних дослідженнях у вегетаційно-польовому досліді варто використовувати не насипний ґрунт, а моноліти, вирізані в ґрунтах різних ландшафтів і вкопані на одному полігоні. Природна строкатість ґрунтового покриву в цьому випадку повинна компенсуватися збільшенням кількості повторень. Крім того, моноліти слід вирізати на вирівняній площі, по можливості ближче один до одного. Глибина моноліту визначається за потребою і може досягати 3 м. Моноліти, коротші за 60 см, зазвичай не мають переваги перед насипними посудинами. Поперечний розтин моноліту має бути якомога більшим, але він обмежується вантажопідйомністю транспортних засобів, які є в розпорядженні дослідника.

Закладка дослідів у монолітах дуже трудомістка, тому їх використання має сенс тільки під час проведення багаторічних комплексних спостережень над системою: рослина–ґрунт–клімат. Будівництво полігона монолітів під силу лише крупним інститутам, здатним обладнати його пристроями для реєстрації температури, вологості, кислотності ґрунтів; провести аналіз лізіметричної води та виносу окремих елементів живлення рослинами.

**Польовий метод** – проведення досліджень (експериментів) у польових умовах на спеціально виділеній земельній площі. Головним завданням польового дослідів є визначення різниці між варіантами дослідів, кількісна оцінка дії екзогенних чинників, елементів технології вирощування на врожайність рослин та її якість. Майже всі найважливіші питання агрономії вирішуються за допомогою польового методу досліджень. Зокрема, вплив норми висіву, способу сівби, строків сівби, способів обробітку ґрунту вивчають безпосередньо в польових дослідів. У цих дослідів розглядають як окремі елементи технології вирощування, так і технології вирощування в цілому. Але якими б цінними не були результати вегетаційних і лізіметричних дослідів, перш ніж робити остаточні підсумки та сформулювати рекомендації виробництву, їх (результати) необхідно перевірити в умовах порівняльного польового дослідів. Це робить

польовий дослід основним, найважливішим методом дослідження в рослинництві, луківництві, овочівництві та плодівництві.

Польовий дослід пов'язує теоретичні дослідження в агрономії із сільськогосподарською практикою. Результати польових дослідів і узагальнення практичних спостережень можуть бути достатньо переконливою умовою для впровадження у виробництво нових сортів і гібридів, оптимізованих елементів технології вирощування тощо.

Польовий дослід є основним у науковій агрономії, разом з тим він не може протиставлятися та бути альтернативою іншим спеціальним і загальнонауковим методам. Значимість польового методу істотно зростає із застосуванням інших методів, вибір яких визначається програмою досліджень.

**Експедиційний (виїзний) метод** – вивчення та узагальнення агрономічних питань у виробництві шляхом обстеження посівів. Основні питання, які розглядаються при експедиційному методі: встановлення причин загибелі або незадовільної перезимівлі озимих зернових та багаторічних трав; визначення причин одержання низької врожайності та якості продукції; візуальне обстеження посівів на різних етапах розвитку; з'ясування причин вилягання посівів; визначення вмісту в рослинах нітратів, радіонуклідів, важких металів, пестицидів, облік ураженості посівів хворобами та шкідниками; виявлення причин поширення різних видів ерозії тощо. За допомогою експедиційних методів також вирішуються питання оптимізації структури посівних площ, визначаються кращі та перспективні сорти для конкретних господарств, районів, ґрунтово-кліматичних зон.

Експедиційний метод також застосовують для обстеження ґрунтів. Для цього роблять ґрунтові розрізи, проводять їх аналіз, відбирають зразки ґрунту для фізичного та хімічного аналізу. За допомогою спеціальних бурів визначають рівень ґрунтових вод, що має велике значення для з'ясування гідрологічних умов на окремих полях і в сівозмінах у цілому.

Оскільки в експедиційному досліді вивчається велика кількість питань, пов'язаних із ґрунтовою родючістю, режимом живлення посівів, характером їх пошкодження шкідниками та хворобами, поширенням видового складу бур'янів тощо, у складі виїзної групи доцільно мати спеціалістів різних профілів: з рослинництва, агрохімії, землеробства, ґрунтознавства, фітопатології, ентомології, гербології. Зібрані дані аналізують та узагальнюють.

## 4. Вимоги до планування та проведення дослідів

Цінність польового дослідів та достовірність отриманих у ньому результатів значною мірою залежить від дотримання певних методичних вимог, основними з яких є:

- 1) типовість дослідів;
- 2) дотримання правила єдиної логічної різниці;
- 3) принцип доцільності й оптимальності;
- 4) придатність для вирішення поставлених завдань;
- 5) використання в досліді перспективних сортів (гібридів) та технології вирощування;
- 6) можливість відтворення дослідів;
- 7) можливість уведення додаткових варіантів або контролів;
- 8) обов'язковий облік супутніх показників;
- 9) статистичний аналіз результатів.

**Типовість дослідів.** Відповідно до цієї вимоги площа, на якій проводять дослід, має відповідати тим ґрунтово-кліматичним, виробничим і агротехнічним умовам, у яких передбачається використовувати результати експерименту. Розрізняють такі види типовості: 1) ґрунтово-кліматичну; 2) агротехнічну; 3) господарську.

Серед різних типів ґрунтів використовують ті, які більш сприятливі для вирощування конкретних культур і найбільш поширені в цьому ґрунтово-кліматичному регіоні, районі або господарстві. Тип і властивості площі, виділеної під дослід, а також її рельєф повинні відповідати ґрунту та рельєфу, поширеним у регіоні. Ґрунтовий покрив ділянки має бути однорідним, що необхідно для забезпечення достатньої достовірності дослідів: на ньому не допускається наявність місць з нерівномірним унесенням органічних, мінеральних добрив або вапна, засолених плям.

Рельєф місцевості має бути рівним, допускається лише незначний (до 1 м падіння на 100 м) рівномірний схил на одну сторону. Не можна відводити під дослід ділянку зі схилами в різних напрямках. Якщо дослід планується проводити неподалік від захисних лісосмуг, огорож тощо, його слід розміщувати таким чином, щоб усі варіанти в повтореннях потрапили в однакові умови. Облікові ділянки слід

розміщувати на відстані не менше 25–30 м від окремих дерев і не менше 40–50 м від лісу. Кінцевими захисними смугами завширшки 5–10 м ізолюють ділянку від проїжджих доріг. Різні випадкові чинники ґрунтової неоднорідності на ділянках неприпустимі, оскільки вони мають тривалий вплив на родючість ґрунту.

**Принцип єдиної логічної різниці.** Під час проведення дослідів необхідно дотримуватися незмінності всіх умов, крім досліджуваної. Ця дуже важлива та обов'язкова вимога методики називається принципом єдиної логічної різниці. Це означає, що в досліді можна змінювати лише той чинник, який вивчається, при постійності інших чинників і умов. Так, під час вивчення впливу способів сівби пшениці можна змінювати тільки досліджуваний чинник. Усі інші елементи агротехніки повинні бути однаковими на всіх ділянках досліді.

Якщо заплановано вивчити дію тільки доз мінеральних добрив, а відповідно до правил агротехніки, потрібно внести ще й гній, то дози останнього на всіх варіантах досліді мають бути однаковими. Без дотримання цього правила неможливо визначити ефективність досліджуваного заходу чи виявити оптимальний агрозахід (у наведених прикладах – кращий спосіб сівби та оптимальну дозу добрива).

Водночас слід зауважити, що в ряді випадків дотримуватися цього правила в «чистому» вигляді неможливо, оскільки зміна одного чинника або заходу, як правило, викликає зміну інших. Наприклад, за зміни густоти рослин змінюються умови освітлення, температурний режим ґрунту та повітря в приземному шарі, вологість ґрунту. Частково виправити це можна лише в багатофакторних досліді.

Досліджувані агрозаходи не ізолювані один від одного, а здебільшого складають агрокомплекс, у якому вони нерозривно пов'язані один з одним. Ігнорування взаємозв'язку між досліджуваними заходами й іншими умовами проведення досліді може призвести до отримання необ'єктивних, «викривлених» результатів досліді.

У випадку, якщо розбіжність супутніх агрозаходів зумовлена необхідністю, це повинно бути передбачено програмою досліді та зафіксовано у відповідних документах польового досліді. Будь-яке непередбачуване відхилення від принципу єдиної логічної різниці неприпустиме – це найбільше порушення методики польового досліді.

Якщо виникає потреба у детальнішому вивченні впливу заходів агрокомплексу, можлива закладка особливих аналітичних дослідів,

насамперед багатофакторних, у яких варіантами є окремі заходи, що входять у комплекс.

Практика постановки тривалих дослідів свідчить про значні труднощі щодо дотримання принципу єдиної логічної різниці в часі. Суворе дотримання цього принципу зазвичай призводить до значного спотворення уявлень про досліджувані заходи за тривалого їх накладання в досліді та неминуче веде не до підвищення, а до поступового зниження врожаїв.

Правильне вирішення питань впливу агрозаходів у тривалому польовому досліді потрібно розглядати у двох напрямках. По-перше, після закінчення певного періоду (але не менше однієї ротації сівозміни) слід допускати перегляд і зміну супутньої агротехніки в досліді (введення нових сортів (гібридів), удосконалення сівозміни, збільшення дози добрив тощо). По-друге, під час постановки будь-якого досліді на тривалий період необхідно передбачати введення паралельних повторних ділянок (дублікатів) найважливіших варіантів, щоб у разі необхідності в наступні ротації застосувати на них нові, більш досконалі супутні агрозаходи.

**Принцип доцільності й оптимальності.** Під час проведення досліджень дуже важливо дотримуватися цього правила. Відомо, що рослини різних сортів і гібридів зернових колосових мають різні оптимуми густоти посіву (норми висіву), тож якщо в досліді площа живлення для сортів з різними вимогами до густоти буде однаковою, то це суперечитиме поняттю оптимальної площі живлення, тобто порушуватиметься правило доцільності й оптимальності.

Цей принцип також буде порушуватися, якщо сорти ранніх строків сівби висівати в один строк із сортами пізніх строків сівби, сорти, які дозрівають рано, збирати одночасно з пізніми сортами. Порівняння сортів різних груп стиглості потрібно проводити не за однакових, а за оптимальних умов, дотримуючись правила доцільності й оптимальності і творчо застосовуючи принцип єдиної логічної різниці.

**Придатність умов для вирішення поставлених завдань** – це відповідність земельної площі, насінневого матеріалу й агротехніки головній меті та завданням досліді. Наприклад, якщо метою досліді є вивчення ефективності різних доз добрив, то для нього придатні лише ті ділянки, де їхні дози в попередньому році не перевищували запланованих у досліді. Адже на високому агрофоні може не про-

явитися ефективність досліджених у досліді доз, а висновки можуть дезорієнтувати дослідника та знецінити сам дослід.

Наведемо інший приклад. Потрібно підібрати ділянку для постановки досліду, у якому передбачено встановити вплив глибини основного обробітку ґрунту в діапазоні від 18 до 24 см на ріст і розвиток певної культури. Однак відомо, що площа, виділена під дослід, попередньо була зорана на глибину 30–32 см. Логічно, що на фоні такого основного обробітку ґрунту об'єктивно визначити ефективність різних варіантів глибини в діапазоні від 18 до 24 см буде неможливо. Отже, виділена площа для цього досліду є непридатною.

**Використання в досліді перспективних сортів (гібридів).** За цим правилом, досліді потрібно проводити з районованими та перспективними сортами (гібридами), придатним посівним матеріалом. На виробництві постійно відбувається сортозміна, упровадження нових, більш урожайних і комплексно стійких до хвороб, шкідників та несприятливих умов довкілля сортів і гібридів. У зв'язку із цим слід бути завбачливим, щоб не вивчати в досліді сорт (гібрид), який у найближчі два–три роки знімуть з виробництва. Для постановки досліду використовують посівний матеріал з однаковою схожістю та чистотою насіння.

**Можливість відтворення досліду.** Відповідно до цієї вимоги, під час повторного проведення досліду за тією ж самою методикою дослідник має отримати результати, аналогічні попередньому досліді. Ця вимога є обов'язковою і дозволяє перевірити достовірність попередньо отриманих «сумнівних» результатів.

Виконання цієї вимоги вимагає від дослідника детального опису всіх необхідних умов проведення досліду. До таких умов належать: місце проведення досліду (район, область); ґрунтові умови (тип ґрунту, гранулометричний склад, хімічні та фізичні властивості, рівень залягання ґрунтових вод, експозиція та крутизна схилу); попередники та передпопередники; характеристика сорту (гібрида); опис агротехніки, машин і знарядь механізації тощо. Крім того, важливо мати детальний схематичний план досліду, де представлено розмір дослідної ділянки, ширину бічних та кінцевих захисних смуг окремих ділянок і всього досліду, повторність, метод розміщення варіантів у досліді. До схематичного плану має додаватися методика обліків і спостережень, строки виконання передбачених програмою аналізів тощо.

Можливість відтворення досліду передбачає ретельне ведення документації досліду. Всю наукову документацію можна поділити на первинну та вторинну (додаткову). До *первинної* документації відносять: щоденник науковця, звіт про науково-дослідну роботу, головну книгу досліду. Вторинною документацією є: лабораторний журнал, робочий зошит, допоміжні таблиці, графіки, рисунки тощо.

**Можливість уведення додаткових варіантів або контролів.** Це правило більшою мірою стосується стаціонарних дослідів. Відповідно до нього, у стаціонарних дослідіх має обов'язково бути резервний варіант, на якому піддослідна культура вирощується на фоні рекомендованої агротехніки. У ході досліджень може виникати необхідність «розширення» досліду, тобто введення в нього додаткового варіанта (це може бути новий перспективний сорт, пестицид, вид добрива, нове знаряддя тощо). Саме для цього існує «резервний» варіант, який дозволяє без порушення методики ввести в дослід потрібний варіант, що зацікавив дослідника. Наприклад, якщо до раніше розробленого схематичного плану досліду з вивчення впливу різних способів сівби потрібно ввести новий спосіб (надійшла нова перспективна сівалка), то дослідник може використати вільний варіант і на ньому провести сівбу новою сівалкою.

Більшість досліджень передбачає порівняння певних досліджуваних варіантів з контролем. Залежно від поставленої мети, у досліді може бути стандартний або абсолютний контроль. Стандартний контроль – варіант певного елемента або технології у цілому, прийнятий для цього району вирощування. Абсолютний (чистий) контроль притаманний для дослідів з вивчення впливу добрив і засобів захисту рослин – це варіант, у якому зовсім не застосовують добрива (засоби захисту рослин). Абсолютний контроль потрібний для визначення ефекту певного добрива або пестициду в чистому вигляді.

Необхідність уведення в схему досліду абсолютного контролю визначається метою запланованого досліду. Так, якщо завдання полягає у встановленні оптимальної дози або оптимального співвідношення добрив, то за контроль доцільно взяти варіант, який до цього часу забезпечував кращий результат. Абсолютний контроль у схему досліду вводити нелогічно, адже цей варіант буде найменш ефективний і об'єктивно оцінювати ефективність досліджених варіантів порівняно з ним неможливо. Водночас якщо потрібно визначити

коефіцієнти використання добрив або дослідити фізіологічні процеси, то введення абсолютного контролю обов'язкове.

Застосування абсолютних контролів також необхідне в дослідках, направлених на визначення ефективності засобів захисту рослин. Це аргументується потребою обґрунтування доцільності застосування тих чи інших засобів захисту проти певних бур'янів, шкідників або хвороб, що виявляється лише в абсолютних контролях.

**Обов'язковий облік супутніх показників.** Облік урожайності та якості продукції дозволяє виявити кращі варіанти проведеного дослідку. При цьому, виникає важливе питання щодо встановлення механізму дії варіантів, який забезпечує таке підвищення або зниження врожайності та якості продукції, визначити який без проведення супутніх спостережень, обліків і аналізів неможливо. Саме тому програма будь-якого дослідження має передбачати проведення супутніх спостережень і обліків. Без обліку супутніх показників дослідження не є повноцінними, адже без них не можна встановити механізм дії тих чи інших елементів технології вирощування.

У дослідках з вивчення впливу попередників обов'язково слід визначати забур'яненість посівів, вологість різних шарів, твердість і щільність ґрунту, його забезпеченість поживними речовинами, ураженість рослин шкідниками та хворобами тощо.

Під час вивчення впливу доз добрив, співвідношення поживних елементів, строків і способів їхнього внесення обов'язково потрібно визначати вміст поживних елементів у ґрунті, їхні форми та доступність для піддослідної культури, вміст у вегетативній і генеративній біомасі рослин.

Досліджуючи вплив норм висіву, способів сівби (чинників, які визначають ценотичну напруженість у посівах), обов'язково, крім обліку врожайності, потрібно визначати динаміку формування біометричних показників (площі листя, висоти рослин, вегетативної біомаси), проводити облік структурних показників урожайності (маси зерна з колоса, його озерненості, довжини колоса, кількості продуктивних колосків у колосі, кількості рослин і продуктивних стебел на одиниці площі тощо), розраховувати забур'яненість посівів, проводити супутні спостереження і под.

Порівнюючи різні сорти чи гібриди, слід здійснювати фенологічні спостереження, визначати стійкість проти вилягання, осипання, ураженість хворобами, посухостійкість, морозо- та зимостійкість,

проводити облік структурних показників урожаю, біометричних показників (висоти рослин, індексу листової поверхні, вегетативної маси) у динаміці розвитку тощо.

**Статистичний аналіз результатів.** Це правило передбачає статистичну обробку отриманих результатів, тобто визначення їхньої достовірності. У досліді потрібно максимально використовувати обчислювальну техніку, вільно володіти нею.

Достовірність дослідку визначають шляхом порівняння фактичного критерію  $F$  (Фішера) з табличним (теоретичним). Якщо фактичний критерій  $F$  більший за теоретичний, це свідчить, що між середніми показниками окремих варіантів дослідку є істотна різниця. Щоб визначити ці варіанти, знаходять найменшу істотну різницю ( $HIP$ ). Якщо різниця між середніми показниками окремих варіантів більша за  $HIP$  певного рівня ймовірності, то це свідчить, що між цими варіантами є істотна різниця.

## 5. Польові дослід та їхня класифікація

**Польовий дослід** – це певне дослідження, яке проводиться в польових умовах на спеціально підготовленій площі не менше трьох років, з обов'язковим обліком урожаю. Польовий дослід є біологічним методом дослідження, оскільки в його основу покладено реакцію біологічного об'єкта (рослини) на досліджувані чинники.

Польовий дослід – це основний метод дослідження різних питань агрономії: сівозмін, прийомів обробітку ґрунту, застосування добрив, сівби рослин та догляду за ними, а також випробування нових сортів, добрив, засобів захисту рослин та інших препаратів. Він пов'язує теоретичні дослідження із сільськогосподарським виробництвом і служить базою для широкого впровадження у виробництво агрозаходів, які забезпечують розширене відтворення родючості ґрунту, підвищення врожайності культурних рослин, а також зниження біоенергетичних витрат. Саме тому він справедливо розглядається як кінцева ланка в системі агрономічних досліджень.

Залежно від мети та місця проведення, тривалості дослідку, а також числа досліджуваних чинників та інших критеріїв польові дослідку



поділяються на декілька видів. *За метою проведення* виділяються агротехнічні та сортовипробувальні досліді.

**Агротехнічні** досліді спрямовані на вивчення прийомів агротехніки та технології вирощування сільськогосподарських культур. Основна мета агротехнічних дослідів полягає в порівняльній оцінці дії різних агротехнологічних та абіотичних чинників їхніх можливих комбінацій на формування врожаю сільськогосподарських культур і його якості. До цієї групи належать польові досліді з вивчення впливу попередників, системи застосування добрив, норм висіву, способів сівби, глибини загортання насіння, способів боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами, строків сівби тощо.

**Сортовипробувальні** досліді служать для об'єктивного оцінювання нових сортів і гібридів для впровадження їх у сільськогосподарське виробництво.

Між указаними групами польових дослідів немає чіткої межі. Для розробки сортової агротехніки досліді із сортовипробування часто проводять на різних агрофонах, а у схеми агротехнічних дослідів з добривами, обробкою ґрунту та сівозмiнами включають декілька перспективних сортів.

### 5.1. Агротехнічні досліді

Згідно із сучасною класифікацією *за тривалістю проведення* польові агротехнічні досліді поділяють на:

- **розвідувальні** (від 1 до 2 років);
- **короткочасні** (3–5 років);
- **багаторічні** (від 5 до 20 років, не менше двох ротаций сівозміни);
- **тривалі стаціонарні досліді** (від 20 до 50 років);
- **над тривалі** (від 50 до 100 років);
- **супернадтривалі** (понад 100 років).

**Розвідувальні** (тимчасові) досліді проводяться впродовж 1–2 років для виявлення агрозаходів або сортів рослин, які потрібно взяти для подальшого вивчення, тому їх і називають розвідувальні.

**Короткочасні** досліді розраховані на визначення впливу певного чинника або чинників упродовж 3–5 вегетаційних періодів. У короткочасних дослідіах з добривами досліджують тільки пря-

му дію добрив, унесених під конкретну культуру на конкретному полі.

Короткочасні досліді проводять, якщо дія добрив не тривала. Наприклад, для вивчення ефективності підживлення озимих зернових, рядкового внесення добрив, передпосівної обробки насіння, позако-реневого підживлення рослин тощо. Для врахування погодних умов і отримання достовірних середніх показників урожайності досліді за однією схемою та з тією самою культурою проводять мінімум три роки. До цієї категорії дослідів відносять також рекогносцирувальні посіви (досліді).

**Багаторічні досліді**, як правило, проводяться на базі певної сівозміни впродовж 5–20 років. В агротехнічних дослідіах багаторічні досліді з добривами проводять з метою визначення впливу систематичного застосування добрив у сівозміні на врожайність і якість продукції, ґрунтову родючість. Дослід, який проводиться понад п'ять років на одному місці зі щорічним чергуванням культур, вважається багаторічним.

**Тривалі стаціонарні досліді** проводяться протягом 20 і більше років на постійних площах землекористування науково-дослідних установ і навчальних закладів. Мета таких дослідів полягає у вивченні впливу добрив, обробітку ґрунту та інших агроприйомів на врожайність і якість продукції сільськогосподарських культур, а також на збереження родючості ґрунту. Прикладом *тривалого стаціонарного дослідіа* є дослідіаження в стаціонарній дев'ятипільній парозернопросапній сівозміні лабораторії рослинництва та сортовивчення Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, яка була закладена професором В. М. Костромітіним у 1972 р., з вивчення різних варіантів технології вирощування польових культур, які включають попередники, способи основного обробітку ґрунту, строки сівби, норми висіву, системи удобрення та захисту посівів залежно від біологічних особливостей сортів (гібридів). У дослідіах вивчаються також показники родючості ґрунту та можливість формування основних складових продуктивності, урожайності та якості зерна залежно від адаптивності нових сортів до умов вирощування.

**Надтривалі (класичні) стаціонарні досліді** проводяться впродовж 50–100 років на постійних площах землекористування науково-дослідних установ і навчальних закладів.

Прикладом *надтривалого стаціонарного дослідю* є польовий дослід («Московский стационар» за міжнародним каталогом тривалих дослідів), закладений А. Г. Дояренком у МСХА у 1917 р., який і досі продовжується. У цьому досліді на фоні повної факторіальної схеми з добривами досліджується вплив сівозміни, монокультури, «вічного пару» та періодичного вапнування на врожайність сільськогосподарських культур і родючість ґрунту.

Стаціонарні досліді тривалістю понад 100 років вважаються *супернадтривалими*. Прикладом можуть бути досліді з добривами монокультури пшениці, ячменю та багаторічних трав, які проводяться в Ротамстеді (Великобританія), закладені ще в 1843–1856 рр. Широко відомий дослід з монокультурою озимого жита, розпочатий ще в 1878 р. в Галле (Німеччина), дослід Дегерена у двопільній сівозміні: озима пшениця-цукрові буряки в Гриньоні (Франція). Супернадтривалі досліді є в США (1876 р.), Данії (1894 р.), Канаді (1911 р.). В Росії проводиться супернадтривалий польовий дослід ТСХА, який закладено у 1912 р.

**Залежно від ступеня науковості** (точності) стаціонарні досліді поділяють на основні та попередні (орієнтовані).

**Основні досліді** проводять наукові установи протягом тривалого часу за детально розробленою схемою. Щодо методики постановки та проведення до них висувують суворі вимоги: попереднє вивчення площі, яка виділяється під дослід, її однорідність за родючістю, дотримання сівозміни та елементів методики дослідю.

**Попередні (рекогносцирувальні) досліді** мають допоміжний характер. Їх ставлять на невеликий строк, поза сівозміною, і вони служать базою для розробки схем та програм основних дослідів. У них не планують проведення масштабних супутніх досліджень, а обмежуються лише обліком урожайності.

**За місцем проведення** досліді поділяють на ті, що проводяться в *наукових установах або навчальних закладах* та у *виробництві*. Досліді, які проводяться в наукових установах (навчальних закладах), поділяють на дрібноділянкові, лабораторно-польові та крупноділянкові. Досліді в умовах виробництва, у свою чергу поділяють на досліді проби, точні порівняльні досліді, досліді з оцінки ефективності нових агрозаходів, демонстраційні та виробничі.

**Дрібноділянкові досліді** проводяться на маленьких ділянках розміром до 10 м<sup>2</sup>. Їх здійснюють на першому етапі досліджень для

перевірки нових агрозаходів, які можуть негативно вплинути на посів, саме тому площа під них має бути мінімальною. Оскільки їхній розмір обмежений (до 10 м<sup>2</sup>), то захисні смуги на них не виділяються. Для отримання точних результатів повторність цієї категорії дослідів може бути збільшена до 6–8-разової. До того ж через маленьку площу облікової ділянки збільшення числа повторень у досліді не приводитиме до значного збільшення площі всього дослідю.

**Лабораторно-польові досліді** проводяться на ділянках площею від 10 до 50 м<sup>2</sup>. Визначивши кращі варіанти певного технологічного елемента на першому етапі досліджень у дрібноділянкових дослідях, експериментатор перевіряє їх далі у лабораторно-польових дослідях. Головна мета цих дослідів полягає у виявленні впливу навколишнього середовища на розвиток рослин. Тож для цих досліджень, крім численних супутніх обліків та аналізів, характерним є проведення лабораторних досліджень – аналізів рослин і ґрунту, оскільки вони дають змогу більш повно визначити зв'язки між дослідними рослинами та умовами їхнього вирощування.

**Крупноділянкові досліді** ставляться на ділянках розміром понад 50 м<sup>2</sup>. Основна мета цих дослідів полягає у встановленні впливу абіотичних, едафічних та агротехнічних чинників на ріст і розвиток рослин, формування їхньої продуктивності. Крупноділянкові досліді проводяться в умовах, наближених до виробничих, з максимально можливою механізацією технологічних процесів. Саме тому площі дослідних ділянок, їхні захисні смуги слід обирати, враховуючи технологічну базу (сільськогосподарські машини та знаряддя).

На вибір площі облікової ділянки також впливає піддослідна культура. Зокрема, для культур, які висіваються з нормою висіву насіння понад 500 тис. шт./га, площа посівної ділянки має становити 50–100 м<sup>2</sup>, для більшості просапних культур площа зростає до 200 м<sup>2</sup> і більше. Крупноділянкові досліді зазвичай ставлять у 3–5-разовому повторенні.

**Досліді-проби** проводяться в умовах виробництва. Їхня мета полягає в удосконаленні технології вирощування сільськогосподарських культур. Наведемо конкретний приклад, що свідчить про необхідність проведення цього типу дослідю. Обстежуючи посіви пшениці, фахівець відмітив неприродний жовтуватий колір рослин. Робочою гіпотезою може бути припущення про те, що посіви відчувають дефіцит азоту. Для підтвердження або спростування цього припущення

смугами, кратними ширині робочих агрегатів, проводять підживлення посівів азотними добривами. Якщо рослини набули здорового зеленого кольору, значить, припущення підтверджується і наступного року усі посіви підживлюють. Кращі варіанти дослідів можна вивчати більш досконало у точних порівняльних дослідях.

**Точні порівняльні дослід** організовують відповідно до методики проведення польового дослід. Для забезпечення максимальної механізації усіх технологічних процесів площу дослідної ділянки в таких дослідях можна встановлювати на рівні 500–2000 м<sup>2</sup>. Ширина посівної ділянки визначається з урахуванням ширини захвату сівалки та має бути кратна їй. Ці досліді направлені на випробування нових технологій, рекомендованих науковими установами або навчальними закладами, на розробку диференційованої агротехніки. Пріоритет у цих дослідях ставиться на встановленні впливу досліджуваного комплексу на врожайність основної продукції та її якість. Супутні спостереження та обліки зводяться до мінімуму. Як правило, кількість варіантів у таких дослідях обмежується трьома-п'ятьма. Повторність обирають мінімальну – 3–4-разову.

**Досліді для оцінки господарської ефективності нових агрозаходів або технологій** проводять методом смуг. Для обліку ефективності нового агрозаходу або технології у цілому виділяють 3–4 контрольні смуги, на яких новий агрозахід не застосовують. Ширина контрольних смуг для культур суцільного способу сівби має становити 10–20 м, просапних – 5–10 м. Контрольні смуги слід розміщувати так, щоб вони охоплювали все різноманіття земельного масиву. Межі контрольних смуг на кінцях поля фіксують кілками та віхами.

Під час збирання врожай обліковують окремо на контрольних смугах і на паралельно розміщених поряд з ними смугах із застосуванням нового агрозаходу. Контрольні та досліджувані смуги мають бути однакового розміру та форми, щоб можна було об'єктивно порівняти врожай і витрати на його вирощування. Зіставляючи середні врожаї контрольних і досліджуваних смуг, роблять висновок щодо ефективності нового агрозаходу або технології. Економічну ефективність визначають зіставленням додаткових витрат праці та засобів виробництва на проведення нового агрозаходу з вартістю додаткового врожаю.

**Демонстраційні досліді** проводять з метою пропаганди нових досягнень та наукових розробок. Саме тому ці досліді ще називають показовими. Їх закладають у передових господарствах для того, щоб

під час проведення днів поля, конференцій тощо показати переваги нових технологій або сортів у конкретних умовах регіону.

**Виробничі досліді** – це комплексні дослідження, направлені на вивчення не окремих агрозаходів, а цілих технологічних комплексів або організаційно-господарських заходів. Такі досліді проводять на площах цілого господарства або навіть групи господарств.

**За кількістю досліджуваних чинників** польові досліді поділяють на однофакторні та багатофакторні. При цьому фактором вважається те, що в цьому досліді нормується або дозується, та ефективність якого може бути облікована.

Дослід зветься **однофакторним**, якщо в ньому досліджують один кількісний фактор у кількох градаціях (норми висіву, способи сівби, глибина загорання, дози добрив тощо) або порівнюється вплив ряду якісних чинників (різні культури, сорти, гібриди, попередники, способи обробітку та ін.).

У **багатофакторному** досліді одночасно досліджується та встановлюється характер взаємодії двох і більше факторів, наприклад, вивчення доз мінеральних добрив і норм висіву на врожайність пшениці або вплив способів сівби та глибини загорання насіння на врожайність буряків цукрових. Важлива принципова особливість багатофакторного досліді – можливість установити вплив досліджуваних чинників, а також тісноту їхньої взаємодії за сумісного застосування. Залежно від числа досліджуваних чинників багатофакторні досліді можуть бути повнофакторними (ПФЕ), коли досліджуються всі можливі комбінації чинників, і неповнофакторними (НПФЕ), якщо частина комбінацій чинників виключена.

**За охопленням території** розрізняють поодинокі та масові досліді, а також географічну мережу дослідів.

**Поодинокі досліді** закладають в окремих пунктах незалежно один від одного, за різними схемами та самостійною програмою досліджень і лабораторних аналізів. До них належить більшість стаціонарних дослідів, які проводяться в наукових установах і навчальних закладах.

**Масові досліді** здійснюють одночасно в декількох населених пунктах за однаковою схемою та методикою, що дозволяє узагальнити їх результати.

**Географічна мережа дослідів** проводиться за загальною тематикою, за однаковими схемами та методиками одночасно в різних

грунтово-кліматичних районах. Основна мета цих дослідів полягає у вивченні впливу природно-кліматичних умов на ефективність досліджуваного заходу. Польові досліді з добривами на різних типах ґрунтів, у різних кліматичних умовах дозволяють більш раціонально розподілити добрива за областями та регіонами держави.

У 1925–1931 рр. була створена Географічна мережа дослідів Науково-дослідницького інституту добрив і інсектофунгіцидів, яка включала 317 дослідних установ. В організації Географічної мережі безпосередню участь узяв Д. М. Прянишников. Дослідження, проведені в ці роки, показали високу ефективність мінеральних добрив на всій території колишнього Радянського Союзу.

### 5.2. Досліді із сортовипробування

Сортовипробування – це вивчення та оцінка сортів і гібридів сільськогосподарських культур порівняно зі стандартним сортом. Розрізняють станційне та державне сортовипробування.

Мета **станційного сортовипробування** полягає у вивченні та відборі кращих сортів і гібридів для передачі їх у подальше державне сортовипробування. Його проводять у селекційно-дослідних установах, оцінюючи власні сорти і гібриди або виведені в навчальних закладах цього регіону.

**Державне сортовипробування** проводять на державних сортовипробувальних станціях та сортодільницях. Мета державного випробування полягає у виявленні кращих сортів і гібридів, пристосованих до місцевих умов і придатних для сортового районування. Якість продукції оцінюють у наукових лабораторіях, обладнаних спеціальними приладами.

Державне сортовипробування здійснюють за двома типами: конкурсне та з експертизою на ВОС (відмінність, однорідність, стабільність).

**Конкурсне сортовипробування** проводять на сортовипробувальних станціях і сортодільницях для порівняльної оцінки на господарську придатність упродовж двох-трьох років. Мета такого сортовипробування полягає в ретельному порівнянні сортів і гібридів за врожайністю, якістю зерна, посухостійкістю, тривалістю вегетаційного періоду, стійкістю до шкідників і хвороб, зимостійкістю та

іншими важливими показниками. На підставі конкурсного сортовипробування рекомендуються кращі сорти та гібриди для виробництва в конкретних районах.

Державне сортовипробування проводиться за єдиною методикою, затвердженою Державною службою з охорони прав на сорти. Державні сортовипробувальні станції можуть бути комплексними та спеціалізованими. Останні досліджують певні групи культур – зернові, технічні, прядивні, кормові. Вони обслуговують не одну, а кілька ґрунтово-кліматичних зон.

## 6. Особливості умов проведення польового досліді

### 6.1. Умови проведення польового досліді

Сильна варіабельність погодних умов, неоднорідність ґрунтової родючості земельних ділянок, відведених для проведення досліді, сезонність і тривалість вегетаційного періоду та пов'язана з цим повільність в одержанні наукової інформації створює значні труднощі в отриманні надійних результатів.

Залежно від умов вегетаційного періоду, на одній і тій самій земельній площі за однакової технології вирощування врожаї одного й того самого сорту (гібрида), а також ефекти досліджуваних чинників можуть дуже коливатися за роками.

Значна залежність урожаїв і ефектів варіантів від погодних умов потребує від експериментатора максимальної обережності та об'єктивності в оцінюванні однорічних даних польового досліді та їхньої інтерпретації. У більшості випадків недоцільно робити певні висновки за результатами одного року.

Сильна варіабельність абіотичних чинників свідчить про необхідність обов'язкового повторення досліді в часі у різних погодно-кліматичних умовах. Для отримання надійних і точних результатів, особливо для доказовості незначних ефектів досліджуваного варіанта, необхідно мати мінімум трирічні дані обліку врожаю в досліді.

У польових умовах дослідник не має змоги обрати для закладання дослідів однорідний земельний масив. Зазвичай проявляється сильна неоднорідність ґрунтової родючості. Тож потрібно добре знати основні тенденції територіальної (просторової) варіабельності родючості ґрунту, оскільки саме вони лежать в основі сучасних методів розміщення польових дослідів на земельній ділянці і є головною причиною варіювання врожайності по ділянках.

Результати досліджень свідчать, що під час проведення статистичної обробки дані за окремі роки не можна використовувати як повторності, бо це приведе до значного збільшення помилки дослідів та зниження істотності різниць між варіантами.

На підготовленому земельному масиві одночасно проявляються закономірне та випадкове варіювання ґрунтової родючості, які в сумі складають загальне варіювання. У разі, якщо переважає закономірне варіювання, його обов'язково слід урахувати під час планування схематичного плану дослідів. Помилки, пов'язані з випадковим варіюванням, зменшуються обернено пропорційно до квадратного кореня з кількості повторень ( $\sqrt{n}$ ). Таким чином, точність дослідів можна підвищити, збільшуючи кількість повторень, водночас за будь-якої повторності польового дослідів його точність буде нижчою порівняно з лабораторними дослідями через значне варіювання родючості ґрунту.

Серед основних причин варіювання родючості ґрунту виділяють такі: різна забур'яненість посівів і засміченість ґрунту насінням бур'янів; неоднакова вологість різних частин схилу; неоднорідність фізичних властивостей ґрунту внаслідок його ущільнення важкими машинами та знаряддями; нерівномірність унесення органічних і мінеральних добрив.

Під **помилкою дослідів** зазвичай розуміють розбіжність між результатами спостережень і реальним значенням досліджуваного показника. Помилку дослідів встановлюють статистичними методами. Для підвищення точності дослідів помилки потрібно мінімізувати.

У дослідях трапляються три основних види помилок: грубі, систематичні та випадкові.

**Грубі помилки** – це прорахунки в роботі, порушення методики дослідів, недогляду або неохайного проведення робіт (наприклад, помилково записали масу врожаю, не на ту глибину провели обробіток ґрунту, помилково внесли добрива на ділянку, сівбу проводили не

за один день і т. ін.). Такі помилки не можна виправити, тому доводиться лише забракувати зіпсовані ділянки, повторність або дослідів у цілому.

**Систематичні помилки** проявляються в результаті впливу цілком визначеної сталої причини, вони перебільшують або, навпаки, зменшують результати експерименту. У польовому досліді такою причиною зазвичай є закономірне варіювання певних чинників. Це може бути мінливість родючості ґрунту, перевищений схил ділянки, несправність посівної або збиральної техніки тощо. У зв'язку з тим, що систематичні помилки є односпрямовані, тобто або завищують, або занижують результати дослідів, вони не можуть компенсуватися одна одною, тож вони входять як до показників спостережень за окремими рослинами, так і до середніх показників. Таким чином, систематичні помилки впливають і на точність спостережень за окремими рослинами, і на точність середніх арифметичних за окремими ділянками та варіантами. Нівелювати або зменшити їх можна шляхом правильного планування дослідів, застосування правильної методики постановки та проведення дослідів, зокрема правильним розміщенням дослідних ділянок з урахуванням родючості та рельєфу місцевості.

**Випадкові помилки** викликані непередбачуваними чинниками і є настільки незначними, що їх не можна виділити і врахувати окремо. Випадкові помилки неминучі, вони трапляються в будь-якому досліді. Ці помилки можуть підвищувати або знижувати результати дослідів, тобто вони різноспрямовані. Важливою особливістю випадкових помилок є те, що вони взаємокомпенсуються, унаслідок чого зі збільшенням кількості спостережень таких помилок меншає. Методи математичної статистики дозволяють визначити показники випадкових помилок і вичленити їх із загального варіювання експериментальних даних у тому випадку, якщо ці дані не містять грубих і односторонніх систематичних помилок.

Результати дослідів, які містять односторонні систематичні та особливо грубі помилки, бракують і висновки за ними не роблять.

Необхідно відмітити, що помилки дослідів не є помилками розрахунків, вони визначають відхилення фактичної величини від істинної. Для підвищення точності дослідів рекомендується збільшувати повторність, ретельно підбирати варіанти, правильно відбирати експериментальний матеріал, планувати експериментальні одиниці та правильно їх групувати.

### 6.2. Вибір і підготовка земельної ділянки для дослідів

Площа, виділена для проведення дослідів, має відповідати двом основним вимогам: типовості умов для певної місцевості (району, зони), де в майбутньому планується використовувати результати дослідів, та однорідності ґрунтового покриву для забезпечення достатньої точності дослідів.

Під типовістю ділянки розуміється відповідність властивостей її ґрунтів і рельєфу властивостям ґрунтів, найбільш поширених у цьому районі, що дозволяє результати досліджень, проведених на цій площі, застосовувати для аналогічних ґрунтів району або навіть інших районів, схожих за природними умовами.

Типовість площі не завжди характеризується тільки природними умовами (рельєф, ґрунтові особливості); вона може включати також і ступінь окультуреності ґрунтів, що створювалося попередньою діяльністю людини (запас доступних поживних елементів, реакція ґрунту, глибина орного шару і под.). Саме тому, незалежно від того, наскільки витримано типовість ґрунтових умов дослідної ділянки, необхідно абсолютно точно знати ступінь окультуреності ґрунту. Результати дослідів, проведеного на невивченому ґрунті і без з'ясування рівня його окультуреності, втрачають цінність, тому що не можна визначити, для яких умов їх можуть застосовувати, а також тому що розуміння отриманих результатів досить часто неможливе без чіткого уявлення про ґрунтові та агротехнічні умови, у яких був поставлений дослід.

Загальна особливість територіальної мінливості ґрунтової родючості полягає в тому, що фактично завжди за будь-якого дробного обліку є місця, де поряд з випадковим спостерігається більш-менш виражене систематичне варіювання врожайності на ділянках. Об'єктивні критерії, які поділяють загальне варіювання на випадкове та систематичне (закономірне), дає математична статистика.

Для з'ясування сутності випадкового та закономірного варіювання замість розглядання всієї площі ділянки дробного обліку врожайності чи будь-якої іншої результативної ознаки можна вивчити зміну цього показника вздовж ряду ділянок, розташованих у лінії (рис. 1).

Сутність випадкового варіювання полягає в тому, що врожайність з ділянок однорідного дробного обліку коливаються навколо

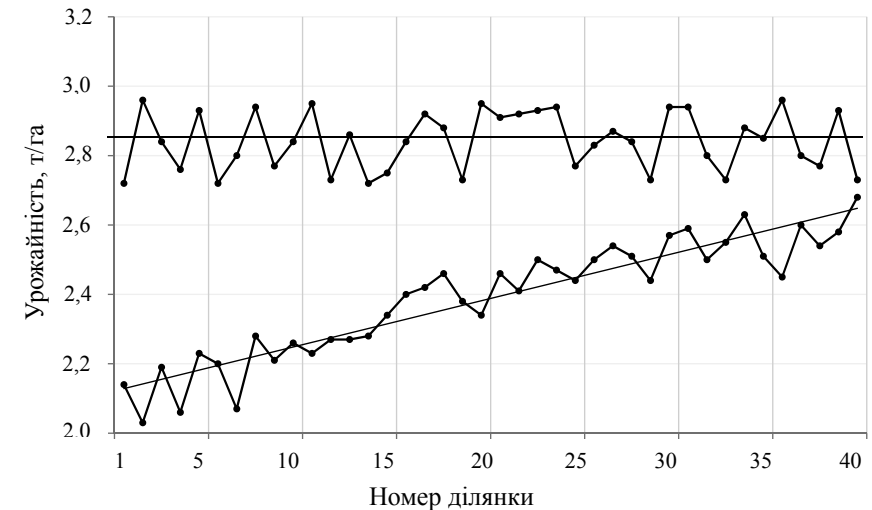


Рис. 1. Випадкове (верхня лінія) та випадково-закономірне (нижня лінія) варіювання врожайності ячменю ярого за ділянками дробного обліку

певного середнього показника, до того ж ці коливання істотно не змінюються при переході від однієї ділянки до іншої (вирівняна гомоскедастичність), і різниці між вибірковими середніми показниками, які характеризують окремі ділянки дробного обліку, статистично неістотні. Ця закономірність представлена на рис. 1 (верхня крива).

Суть закономірного варіювання зводиться до того, що різниці між деякими вибірковими середніми окремих ділянок дробного обліку статистично істотні. Якщо має місце системне варіювання, то незалежно від випадкового варіювання врожайності від однієї ділянки до другої окремі земельні ділянки можуть характеризуватися більш високим (наприклад, ділянки 30–40) або навпаки, більш низьким (як наприклад, ділянки 1–10) рівнем родючості (рис. 1, нижня крива).

До проведення дослідів обов'язково потрібно встановити ґрунтову характеристику обраної під дослід площі і її господарську історію не менш ніж за три останніх роки.

Земельна площа, виділена під проведення дослідів, має бути однорідною. Одним з основних чинників однорідності або неоднорідності цієї площі є рельєф. Для закладки дослідів придатна рівна або трохи похила поверхня. На площі зі значним схилом ділянки, розміщені

в різних частинах схилу, потрапляють у неоднакові умови забезпеченості поживними речовинами, зволоження та освітленості.

За значного ухилу можливе вимивання ґрунту та внесених мінеральних добрив з верхніх ділянок на нижні. Особливо недопустиме проведення багаторічних дослідів на схилах, які піддаються дії весняних вод.

Ідеально вирівняна поверхня трапляється дуже рідко, тож у переважній більшості регіонів нашої держави наявність тієї чи іншої міри схилу є типовим для значної частини орних площ. Тому не тільки через складність вибору площі без ухилу, але й через вимоги до типовості допускається наявність на площі дослідів помірного схилу (2,0–2,5 м падіння на 100 м погонних). Проте цей схил має бути однорідним і вирівняним. Неприпустима наявність у межах дослідної площі схилів у різні боки, різких змін крутизни схилу та особливо наявність замкнених знижень (блюдець і под.).

На схилах ділянки дослідів слід розміщувати довгими сторонами впоперек щоб кожна ділянка по можливості повно та однаково з іншими охоплювала різноманіття умов різних частин схилу. Ці вимоги до рельєфу не належить до тих випадків, коли вплив рельєфу є предметом дослідження.

*Ґрунтова характеристика* дослідного поля складається на основі ґрунтового обстеження, основними завданнями якого є: по-перше – надання ґрунтової характеристики площі дослідів в цілому, щоб можна було перенести результати досліджень на подібні ґрунти; по-друге – допомога якнайкраще розташувати дослід, розмістити його в межах однієї ґрунтової різниці або в межах комплексу найближчих різниць. Для виконання цього завдання потрібне детальне ґрунтове обстеження, з точним нанесенням меж ґрунтових різниць у межах площі дослідів.

Чим менша площа елементарних (посівних) ділянок, тим детальнішим має бути ґрунтове обстеження. Детальне ґрунтове обстеження зазвичай проводиться тільки в стаціонарних дослідів. При цьому межі ґрунтових різниць наносять з точністю, яка відповідає найменшому вимірюванню, тобто ширині ділянки.

Ідеальним вважається розташування всіх ділянок дослідів чітко в межах однієї ґрунтової різниці. Це можливо за наявності відносно великих масивів, зайнятих однією ґрунтовою різницею або за невеликої загальної площі дослідів. Інакше доводиться обмежуватися

лише вимогою, щоб у межах дослідів не було різкої відмінності ґрунтових різниць. Так, на підзолистих ґрунтах можна прийняти наявність у межах дослідів середньо- та слабоопідзолених різниць.

Якщо дослідів необхідно закладати на комплексі хоча б близьких ґрунтів, ділянки (видовженої форми) слід розміщувати таким чином, щоб кожна охоплювала весь комплекс ґрунтових відмінностей, представлених у межах дослідів.

Дуже важливо підібрати під дослід площу з добре відомою господарською історією. На місцях де вона невідома, проводити дослідів не допускається. Необхідно переконатися, що впродовж останніх трьох-чотирьох років на цьому місці щорічно висівали одну культуру, застосовували єдину систему удобрення та обробітку ґрунту тощо, при цьому за роками обробіток ґрунту, дози добрив та попередники можуть бути різними. Однаковими на всій площі мають бути агрозаходи, які різко та на тривалий період змінюють родючість ґрунту, наприклад, систематичне внесення мінеральних (особливо фосфорних) добрив, періодичне внесення органічних добрив або одноразове внесення у ґрунт великої дози органічних добрив, вапнування, сівба бобових культур, глибокий обробіток ґрунту та ін.

Отже, перш за все під час вибору площі під дослід потрібно точно визначити її історію мінімум за три-чотири останні роки. За відсутності такої площі можна використовувати під постановку дослідів поле, окремі частини якого оброблялися по-різному. У цих випадках необхідно, щоб усі варіанти одного або кількох повторень дослідів обов'язково розташовувалися в межах земельних ділянок з однорідною історією.

Разом з тим навіть за наявності відомостей про історію певної земельної площі повну характеристику строкатості ґрунту можна отримати тільки в результаті спостереження за розвитком рослин на цьому ґрунті. Для вирівнювання родючості ґрунту ділянки, відведені під проведення дослідів, впродовж двох-трьох років потрібно проводити вирівнювальні посіви, останній з яких є рекогносцирувальним, і дробно враховувати їхні результати. Основне завдання цих посівів полягає в усуненні строкатості та проведенні ретельної боротьби з бур'янами. Останнє дуже важливо, саме тому земельну площу, що готується для проведення дослідів, іноді доцільно зайняти паром або просапною культурою, а потім, залежно від зони, де планується провести дослід, будь-якою зерновою культурою.

Крім вирівнювання строкатості та боротьби з бур'янами, такі посіви виконують ще одне важливе завдання – створення належного фону для майбутнього досліджу (попередник, основний обробіток ґрунту, добрива тощо).

Тривалість вирівнювальних посівів залежить від того, які елементи технології вирощування досліджувалися на полях раніше. Наприклад, на полі, де вивчали мінеральні або мікродобрива, новий дослід може бути закладений не раніше ніж через два-три роки, після дослідів з органічними добривами – через чотири-п'ять років. Якщо випробовували або застосовували різні норми висіву, площі живлення рослин, способи та строки сівби, сорти (гібриди) та інші заходи, які істотно не впливають на родючість ґрунту, достатньо вирівнювати родючість поля протягом одного року.

Вирівнювальний посів відрізняється від звичайного господарського лише тим, що обробку ґрунту, внесення добрива та вирощування культури на площі майбутнього досліджу проводять на більш високому агротехнічному рівні, ретельно та одноманітно.

За рахунок вирівнювальних посівів, особливо якщо їх проводять впродовж кількох років, можна усунути строкатість земельної площі, яка виникла внаслідок післядії агрозаходів на різних місцях поля. Найбільший ефект вирівнювання забезпечується в тому випадку, якщо з року в рік вирівнювальні посіви проводять за високого рівня агротехніки. За низького рівня агротехніки вирівнювання родючості ґрунту під впливом вирівнювальних посівів якщо і відбувається, то вкрай повільно.

Спеціальна підготовка площі для закладки дослідів, як правило, проводиться лише на стаціонарних дослідних полях. Обов'язковий мінімум вивчення площі під проведення досліджу включає: 1) нівелювання з перетином горизонталей через 20 см; 2) ґрунтове обстеження в масштабі не менше 1:5000; 3) однорічний рекогносцирувальний посів з обліком, принаймні в масштабі майбутніх ділянок досліджу.

Крім ґрунтових різниць, важливо знати ряд агрохімічних показників – кислотність ґрунту, вміст гумусу та основних елементів живлення. Також, бажано провести гербологічне обстеження площі, запланованої під проведення досліджу для вивчення складу бур'янів. Забур'яненість можна визначити як окомірно, так і кількісно, з нанесенням на план розповсюдження найбільш злісних бур'янів.

Останній за рахунком вирівнювальний посів є рекогносцирувальним. Він супроводжується дробним обліком урожаю. При цьому поле також засівається однією культурою, насінням одного сорту, однакової репродукції і за однакової агротехніки. Більш придатні для розвідувального посіву культури суцільної сівби. Як правило, для цього використовують ярі зернові, оскільки врожайність озимих може змінюватися не лише від родючості ґрунту, але і від несприятливих умов перезимівлі: вимерзання, випрівання, випирання і навіть від пошкодження посівів гризунами. З ярих колосових культур використовують овес, ячмінь, пшеницю, тритикале, вико-вівсяну суміш, тобто культури суцільної сівби. Урожайність просапних культур, наприклад, кукурудзи, може значно змінюватися залежно не лише від впливу родючості ґрунту, а й від міжрядного обробітку, поливу та ін.

Значно краще дробний облік проводити після одного-чотирьох років вирівнювального посіву. У цьому випадку тимчасові різниці, зумовлені попереднім використанням земельної ділянки, будуть нівельовані і результати дробного обліку відобразять найбільш стійкі, а отже, і, відповідно, важливі для розміщення досліджу елементи строкатості ґрунтової родючості.

Розмір елементарних ділянок дробного обліку залежить від культури, метода обліку та матеріально-технічної бази дослідної установи (ручне або механізоване збирання). Чим менше ділянки, тим повніше вони охоплюють строкатість усього поля і тим більш гнучко та різноманітно їх можна комбінувати за формою, розміщенням і т. ін. За невеликих площ, що підлягають обліку, і значній строкатості поля рекомендується розмір елементарної облікової ділянки в 10 м<sup>2</sup>. На великих і вирівняних полях, де планується ставити дослід на великих ділянках (200 м<sup>2</sup> і більше) можна допускати і більші ділянки для дробного обліку.

Техніка дробного обліку зводиться до наступного. Відведену площу засівають весною як можна рівномірніше, не допускаючи просівів і огривів для зернових хлібів і домагаючись правильного розміщення рослин для просапних культур. Облікові ділянки розділяють кілками, обмежують натягнутим між ними дротом або шпагатом. Урожай з кожної ділянки збирають і одразу зважують.

Дробний облік необхідно проводити в суху погоду без роси. Якщо врожай планується збирати механізовано, то ширина елементарної ділянки має дорівнювати ширині захвату жатки комбайна за



довжини гону 15–20 м. Результати дробного обліку врожаю наносять на план. Для цього весь цифровий матеріал розбивають на групи з інтервалами 0,5–1,0 кг і для кожної групи підбирають певний колір (як правило, ділянки з вищими врожаєм виділяють темнішими відтінками), яким забарвлюють на схематичному плані кожен ділянку, що відповідає елементарній ділянці. Такий план дає змогу доволі добре орієнтуватися в характері строкатості поля та виділити в його межах більш однорідні площі і, навпаки, виключити нетипові для цієї площі ділянки. Далі елементарні ділянки комбінують по дві, три тощо, їхні врожаї складають з тим, щоб підібрати розмір і форму ділянки, за яких у найбільшій мірі буде нівелюватися строкатість елементарних ділянок.

Іноді найважливішим і вирішальним критерієм для визначення придатності земельної площі під дослід є окомірна оцінка вирівняності рослин вирівнювального посіву. За певного навичку вона дає можливість виділити ділянки, більш однорідні за родючістю та забракувати зовсім не придатні, наприклад, ділянки з сильною та незрозумілою строкатістю стеблостою і т. п.

Щоб визначити придатність певного поля для постановки польового дослід, в деяких випадках цілком достатньо провести ґрунтове обстеження та нівелювання, вивчити історію поля та дати візуальну оцінку мінливості родючості на вирівнювальному або господарському посіві.

Крім перерахованих загальних напрямів підготовки поля під дослід, іноді потрібні деякі спеціальні заходи підготовки, пов'язані із задачами дослід або з особливостями самого поля. Зокрема, у дослідках зі зрошувальними культурами необхідним заходом підготовки є планування ділянки, для можливості рівномірного зрошення ділянок і ретельного регулювання та обліку розподілу води між ділянками. Додатковою вимогою під час вибору площі під дослід, на якому передбачається проводити зрошення, є достатньо вирівняний рельєф, який дозволить обмежитись мінімальним плануванням (зняття частини орного шару в одних місцях і його додавання в інших).

У районах надмірного зволоження необхідним заходом підготовки деяких площ під дослід є їх висушування за допомогою відкритих канав або закритого дренажу.

Влаштування осушувальної мережі має бути тісно пов'язане із запланованою формою, напрямом і розміром ділянок. З цією метою

ділянки бажано витягувати впоперек дрен. Якщо ділянки розташовуються уздовж дрен, то під кожною з них повинна проходити однакова їх кількість або вони повинні проходити по межах ділянок. При осушуванні відкриті канали повинні проходити між ярусами ділянок, які прилягають до канав своїми вузькими сторонами.

## 7. Основні елементи методики польового дослід

Під методикою польового дослід розуміють сукупність таких її елементів: кількість варіантів; площа ділянок і всього дослід; форма та спрямування ділянок; повторність; система територіального розміщення повторень, ділянок і варіантів дослід; організація дослід в часі, метод обліку врожаю, статистична обробка отриманих результатів, перелік і порядок ведення первинної наукової документації, супутні дослідження (спостереження).

### 7.1. Кількість варіантів у досліді

**Варіант** – певна градація досліджуваного чинника або комплексу чинників, який шляхом постановки та проведення дослід проходить перевірку порівняно з іншими градаціями досліджуваного чинника (комплексу чинників). Кожний варіант характеризується видозміною того чинника, який вивчається в конкретному досліді. Чинниками можуть бути сорти (гібриди) рослин; добрива, їхні види, дози та співвідношення; норми висіву; способи сівби; строки сівби тощо. Чинники можуть бути *прості*, якщо досліджують певний технологічний елемент, та *комплексні* – якщо вивчають комплекс елементів або цілі технології. Поняття фактора чітко сформулював В. Н. Перегудов: «Фактором слід вважати те, що в конкретному досліді нормується або дозується й ефективність чого може бути виміряна», тобто варіант – це складова частина моделі дослід, яка позначається тим чинником, який вивчають у досліді.

Залежно від характеру досліджуваних різниць варіанти поділяють на дві групи: 1) кількісні; 2) якісні. Прикладами кількісних варіантів можуть бути: норма висіву, глибина загортання насіння, дози внесення добрив або засобів захисту рослин, глибина основного обробітку ґрунту, строки сівби тощо. Прикладами якісних варіантів можуть бути сорти (гібриди) рослин, види добрив і пестицидів, попередники, способи сівби, різні моделі догляду за посівами тощо.

Розрізняють дослідні, контрольні і стандартні варіанти.

*Дослідним* називають варіант, вплив якого вивчають у досліді.

*Контрольний варіант* – це варіант, з яким порівнюються всі інші варіанти досліді. Зазвичай за контрольний приймають так званий чистий (нульовий) варіант. *Чистий* (нульовий) варіант може бути абсолютним контролем або просто контролем. Зокрема, під час вивчення ефективності дії інсектицидів варіант, оброблений певним препаратом, з яким порівнюють нові досліджувані інсектициди, називають звичайним контролем, а варіант, на якому взагалі захист посівів не проводять, – абсолютним контролем.

*Стандартним варіантом* називають загальноприйнятий для району проведення досліджень агроприйм. Це, наприклад, рекомендований та поширений спосіб сівби, попередник, адаптована норма висіву, глибина загортання насіння тощо. Стандартним також вважається традиційний, районований для цього району сорт (гібрид), з яким порівнюються нові перспективні сорти (гібриди). Так, у досліді з вивчення впливу різних способів сівби ярих колосових стандартом служить традиційний рядковий спосіб сівби, а в ролі досліджуваних варіантів можуть бути вузькорядний, суцільний, смуговий та інші нові для цього району способи сівби.

**Кількість контролів.** У досліді може бути кілька контрольних варіантів. Наприклад, під час вивчення впливу підживлень за контроль беруть дозу добрива, яка є поширеною в цьому господарстві (господарствах); другий контроль – варіант, на якому підживлення не проводять (абсолютний контроль).

У досліді з вивчення ефективності мінеральних добрив на фоні органічних добрив доцільно мати три контролі: 1) типові дози мінеральних добрив, які застосовують у господарствах зони (виробничий контроль); 2) без унесення мінеральних та органічних добрив (абсолютний контроль); 3) органічні добрива без мінеральних (агрофон).

**Частота контролів.** У кожне повторення схеми досліді можна включати одну або декілька контрольних ділянок. Введення в досліді підвищеного порівняно з досліджуваними варіантами числа контролів необхідне для повнішого охоплення строкатості площі повторення та для створення надійної бази для порівняння досліджуваних варіантів із контролями.

**Кількість варіантів** у схемі будь-якого досліді – як правило, заздалегідь заданий показник, який цілком визначається його змістом і задачами. Загальна вимога до підбору варіантів полягає в тому, що вони повинні охоплювати весь фактично спостережуваний діапазон. Для з'ясування напряму зміни результату (підвищення або зменшення), установлення залежності між результатом і кількісними показниками досліджуваного чинника мінімальна кількість варіантів – три: на початку, у середині та в кінці діапазону. Якщо є впевненість, що залежність між результатом і градаціями досліджуваного чинника лінійна, достатньо мати два результати – на початку та в кінці діапазону.

Для виведення рівняння залежності між результатом і рівнями досліджуваного чинника потрібні як мінімум п'ять варіантів: по одному на початку та в кінці діапазону мінливості і три між ними через однакові інтервали. Для отримання більш точного результату число варіантів збільшують до шести-восьми.

Якщо математична модель відома заздалегідь, то варіанти розташовують таким чином: по одному на початку та в кінці діапазону, по три в місцях перегинання кривої (максимальні або мінімальні показники досліджуваної ознаки), по два на плавних відрізках кривої.

Аналіз результатів численних досліджень показав, що зі збільшенням кількості варіантів досліді збільшується його відносна помилка. Зі збільшенням числа варіантів зростає площа під досліді, строкатість ґрунтової родючості та відстань між досліджуваними варіантами, оскільки в цьому випадку важче розмістити досліді або його певні повторення в межах однорідної за ґрунтовою родючістю площі. Як наслідок, це призводить до збільшення помилки досліді.

У зв'язку з цим під час розроблення схеми досліді потрібно обережно збільшувати кількість варіантів і намагатися, щоб у досліді було 12–16 варіантів, а кількість ділянок не перевищувала 60–64. Якщо є необхідність мати більшу кількість варіантів, потрібно скласти дві схеми і розглядати їх як окремі схеми з власними контролями або збільшити кількість контрольних варіантів.

Якщо варіантів небагато (два-три), то для зменшення помилки досліді потрібна більша кількість повторень у досліді. Під час планування методики експерименту слід мати на увазі, що при більших ділянках збільшення кількості варіантів значною мірою збільшує помилку досліді порівняно ділянками меншого розміру, оскільки при цьому зростають труднощі виконання запланованих спостережень, обліків, догляду за посівами, які необхідно проводити в стислі строки. У зв'язку із цим недоцільно збільшувати площу дослідних ділянок без достатнього обґрунтування.

**Схема польового досліді** – сукупність усіх досліджуваних і контрольованих варіантів, які входять у дослід і порівнюються між собою. Правильно складена схема досліді дозволяє порівнювати кожний варіант досліді з рештою варіантів у разі наявності між ними єдиної різниці та при тотожності інших умов. Розробка схеми польового досліді є найбільш складним і відповідальним етапом планування. Під час складання схеми досліді необхідно дотримуватися таких правил:

- розроблена схема досліді повинна давати чітку відповідь на поставлене запитання;
- у схемі досліді обов'язково має дотримуватися принцип єдиної логічної відмінності;
- схема досліді повинна включати один або декілька контрольованих варіантів.

**Дослідна ділянка** – це елементарна складова частина досліді, представлена земельною ділянкою певного розміру та форми, на якій досліджують певний агрозахід (варіант досліді), поставлений на вивчення відповідно до прийнятої схеми досліді.

За розміром розрізняють дрібноділянкові та нормальні досліді. Критерієм цього поділу є не площа ділянок, а можливість застосування механізованої агротехніки.

## 7.2. Повторність досліді в просторі та в часі

Кожний варіант досліді розміщується (повторюється) на кількох ділянках, утворюючи повторність на території. Точність польового досліді та надійність середніх показників за варіантами значною мірою визначаються повторенням досліді на території та в часі. Застосування повторень у досліді дозволяє врахувати помилки, пов'язані

зі строкатістю ґрунту, індивідуальними відмінностями між рослинами, випадковими пошкодженнями та помилками технічного характеру, а також пов'язані з метеоумовами вегетаційного періоду.

**Повторністю досліді на території** називають число однакових ділянок кожного варіанта, а **повторністю досліді у часі** – кількість років досліджень нових агрозаходів, технологій, сортів. Територіальна повторність дає змогу більш повно охоплювати кожним варіантом строкатість земельної ділянки, отримати більш стійкі і точні середні показники, а повторність у часі дозволяє визначити дію, взаємодію та післядію досліджуваних чинників у різних погодних умовах. Кожне повторення являє собою частину площі досліді, яка містить повний набір досліджуваних варіантів. Окремо взяте повторення є скороченим за обсягом дослідом, у якому можна робити всі можливі порівняння між варіантами.

У статистичному розумінні повторність – це обсяг вибірки одного варіанта. Вона дозволяє оцінити вплив випадкового чинника на результати дослідження, а отже, і визначити його помилку (точність).

Вибір повторності досліді залежить від строкатості ґрунтової родючості на дослідному полі, запланованої точності досліді, кількості варіантів, матеріальних і трудових витрат на проведення досліді.

Збільшення кількості повторень є одним з найефективніших способів підвищення точності досліді. Повторні ділянки можна розглядати як частини однієї великої ділянки, але розміщені в різних місцях дослідного поля. Таке розміщення дає змогу більш повно охопити кожним варіантом просторову строкатість поля. Зниження помилки досліді помітно зменшується зі збільшенням кількості повторень досліді до чотирьох-шести. Подальше збільшення кількості повторень супроводжується значно меншим зменшенням помилки досліді. У зв'язку із цим більшість польових дослідів проводять з чотирьох-шестиразовою повторністю; більшу кількість повторень (7–12) застосовують під час постановки дрібноділянкових дослідів, а також для доведення незначних ефектів варіантів (звичайні мікродобрива, полімерні добрива, біопрепарати, стимулятори росту тощо).

Слід мати на увазі, що збільшення кількості повторень дужче зменшує помилку досліді, ніж зростання розміру ділянок за однакової повторності, оскільки в останньому випадку розмір площі досліді може вийти за межі однорідної площі. Тож при неоднорідності земельної площі краще збільшити число повторень, ніж площу ділянок.

Повторність однакових ділянок необхідна для будь-якого польового дослідження, незалежно від умов його проведення крім попередніх, демонстраційних і рекогносцирувальних дослідів.

Ефективність повторень особливо чітко проявляється, якщо цілі повторення, тобто весь набір досліджуваних варіантів експерименту, розташовувати в межах навіть дуже неоднорідних між собою, проте достатньо однорідних всередині себе частин земельної ділянки, відведеної під дослід. Більшість однофакторних і невеликих багатфакторних польових дослідів, як правило, закладаються у чотириразовій повторності, а для дрібних ділянок, на неоднорідній площі – у шести-восьмиразовій повторності. Повторність вище за восьмиразову застосовують рідко, наприклад, для виявлення незначних ефектів варіантів (мікродобрива, біопрепарати, стимулятори росту тощо).

Дво-трикратна повторність допускається в багатфакторних дослідях і у географічній мережі дослідів. Окремі багатфакторні та особливо тривалі польові дослідження можуть не мати територіальної, або так званої «нормальної», повторності згідно з вимогами статистичної обробки. Її відсутність певною мірою компенсує внутрішня повторність (градації одного з чинників) і взаємодія вищого (другого, третього) порядку (жертвування факторністю на користь точності) або роки проведення досліджень. Для визначення помилки беруть частину варіації, зумовлену взаємодією досліджуваних чинників (досліджуваного чинника) та погодних умов. Вплив погодних умов потребує власної оцінки на основі частки варіації та критерію  $F$ . Загальна варіація в досліді буде складатися з дії варіантів і погодних умов (роки), а також їхньої взаємодії. Таким чином, територіальна повторність варіантів дослідів слід відрізняти від повторності в часі (кількість років проведення дослідів).

Повторення поряд з повторністю дозволяє враховувати варіацію супутнього фону та обмежувати його вплив на помилку експерименту. Ділянки всередині повторень нарізають компактно та орієнтують довшою стороною вздовж градієнта родючості ґрунту. Самі повторення можуть бути розміщені в один або два-три ряди (яруси), а також розкидані по території поля відповідно до строкатості ґрунтової родючості. Необхідно прагнути до компактного їх розміщення – це можливо, якщо форма ділянки наближена до квадрата.

Повторність, як кількість експериментальних одиниць для одного варіанта і повторення як група експериментальних одиниць для

різних варіантів (їх комплект) становлять різні компоненти одного дослідження.

Таким чином, варіанти, повторність, повторення, блоки та кількість варіантів у них складають елементи структури або методики дослідження та служать його різними параметрами. Сутність усіх способів підвищення точності дослідження полягає у зниженні неконтрольованої варіабельності експериментальних одиниць або у підвищенні ефективної повторності.

### 7.3. Розміщення повторень

Польові дослідження зазвичай розташовують на площі земельної ділянки методом організованих повторень. При цьому ділянки з повним набором варіантів схеми дослідження об'єднують територіально в компакту групу, складаючи певним чином організоване повторення, яке займає частину земельної площі дослідження. Таким чином, організоване повторення – це частина площі дослідного поля, яка містить повний набір варіантів дослідження. Вибір цього методу обумовлюється тим, що в умовах польового дослідження відмінності в родючості ґрунту всередині організованого повторення, як правило, значно менші, ніж між повтореннями. До того ж виділити під дослід земельну площу, навіть після її спеціальної підготовки, де не було б відмінностей між її частинами, фактично неможливо.

Організовані повторення можна розміщувати двома способами: суцільним (усі повторення об'єднані територіально) і розкидним (повторення розміщені в різних місцях поля і дослід не має однієї спільної межі) (рис. 2).

Дослід може розташовуватися на земельній площі і без об'єднання варіантів у компактні групи – повторення, тобто випадково. Таке розташування називають методом неорганізованих повторень, або повною рендомізацією. Воно допускається тільки в невеликих дослідях на добре вирівняних за ґрунтовою родючістю площах.

Розкидний спосіб застосовують у разі відсутності достатньої земельної площі, на якій би можна було компактно розмістити всі повторення, наприклад, у районах з невірвняним рельєфом і под. Іноді повторення розкидають навмисно, якщо необхідно охопити

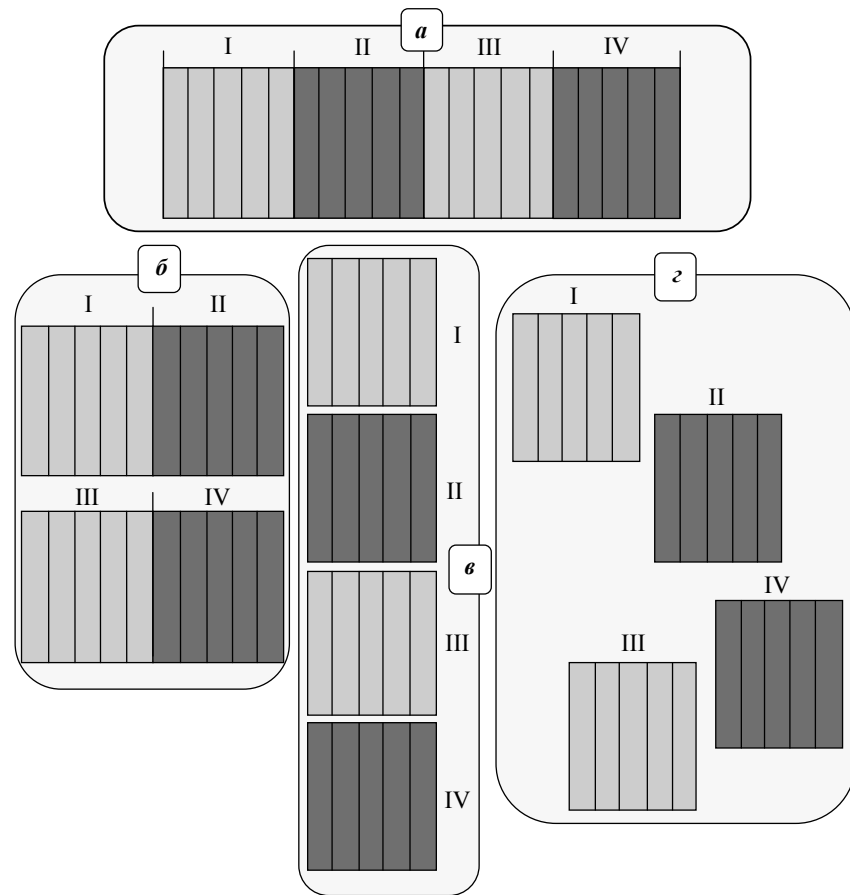


Рис. 2. Способи розміщення чотирьох повторень з п'ятьма ділянками:  
*a* – суцільне в один ярус (горизонтальне); *b* – суцільне у два яруси;  
*v* – суцільне в чотири яруси (вертикальне); *z* – розкидне;  
 I, II, III і IV – повторення

все різноманіття умов, наприклад, у дослідях з оцінки нових заходів або сортів у різних ґрунтових і агротехнічних умовах. У цих умовах декілька однакових дослідів-повторень розташовують на ділянках з різними за механічним складом ґрунтами, у різних сівозмінах і за різного рівня агротехніки. Кількість дослідних ділянок відповідає кількості повторностей дослідів.

Зазвичай намагаються всі повторення польового дослідів розмістити на одному полі, більш компактно, в один, два та більше ярусів.

Організація польового дослідів, при якій у кожному його повторенні представлені всі варіанти схеми дослідів, а кожний варіант розміщується в усіх повтореннях, називається взаємоортогональною.

Організовані повторення, крім уточнення середніх показників за варіантами, контролюють значну частину територіальної мінливості площі дослідів, дозволяють нівелювати вплив на результати дослідів строкатості родючості ґрунту земельної площі та забезпечують можливість зменшення помилки дослідів під час проведення дисперсійного аналізу результатів дослідів, розмежувавши варіабельність урожайності за варіантами від випадкового варіювання.

#### 7.4. Розмір, спрямування та форма посівної ділянки

**Розмір посівної ділянки** – надзвичайно важливий елемент методичної бази дослідів, від якого залежить об'єктивність результатів проведеного дослідів.

Універсального розміру ділянок не може бути, оскільки на його вибір впливає значна кількість чинників, найважливішими серед яких є: досліджувана культура, вибір досліджуваних елементів технології вирощування, матеріально-технічна база установи (господарства), строкатість родючості ґрунту відведеного під дослідів поля, факторність дослідів (одно- чи багатофакторний) та пов'язана із цим кількість варіантів і повторень.

До вибору розміру посівної ділянки слід підходити творчо, враховуючи всі компоненти дослідів. У 30–40 рр. минулого століття було популярним проводити дослідів із застосуванням великих ділянок до 1 га і більше, що приводило до нераціонального використання земельної площі, зростання економічних і біоенергетичних витрат на проведення дослідів, а найголовніше – до знецінення результатів експерименту через значну строкатість ґрунту, оскільки дослідів виходив за межі більш-менш однорідної родючості ґрунту.

Численними дослідженнями доведено, що оптимальний розмір посівної ділянки, за якого забезпечується краще порівняння варіантів дослідів, у середньому становить 90–100 м<sup>2</sup>. Подальше збільшення площі цієї ділянки вже не забезпечує збільшення точності дослідів,

а в багатьох випадках навіть знижує її. Ділянка розміром  $100 \text{ м}^2$  – це умовний еталонний показник, на який потрібно спиратися під час вибору площі посівної ділянки.

Як уже наголошувалося, важливе значення у виборі площі має сама досліджувана культура. І справді, чи може площа облікової ділянки бути однаковою, наприклад, для льону-довгунцю, гороху та кукурудзи? Звичайно, ні. Не можна порівнювати ці культури під час визначення площі елементарної ділянки, адже середня норма висіву льону становить біля 15–20 млн нас./га, гороху – близько 1,0 млн нас./га, а кукурудзи на зерно – 50–60 тис. нас./га. Тож за однакової площі посівної ділянки рослин гороху буде приблизно в 20 разів більше, ніж кукурудзи на зерно, а льону олійного – взагалі майже в 400 разів більше.

Логічно припустити, що елементарна посівна ділянка для льону має бути меншою, ніж для гороху, а для гороху – меншою, ніж для кукурудзи. Важливо, щоб на посівній ділянці була достатня кількість рослин для нівелювання індивідуальних відмінностей між ними та забезпечення об'єктивності порівняння середніх показників за варіантами досліджу.

На підставі численних досліджень визначено базову площу посівної ділянки рослин, яка може коригуватися (змінюватися в той чи інший бік) залежно від строкатості ґрунту, матеріально-технічної бази, напрямку досліджень тощо.

Так, для льону-довгунцю цілком достатньо мати площу посівної ділянки  $15\text{--}20 \text{ м}^2$ , для зернових колосових –  $40\text{--}60 \text{ м}^2$ , для бобових –  $60\text{--}80 \text{ м}^2$ , для цукрових буряків, кукурудзи на силос –  $80\text{--}100 \text{ м}^2$ , для картоплі, соняшнику, кукурудзи на зерно та інших культур, норма висіву яких не перевищує  $40\text{--}60$  тис. нас./га, –  $100\text{--}150 \text{ м}^2$ .

За певних обставин, вибираючи розмір ділянки, урахують кількість рослин, достатню для нормального порівняння варіантів. За більшістю літературних джерел, для проведення дослідів досить мати на одній елементарній ділянці  $80\text{--}100$  просапних культур, а деякі науковці вважають, що така кількість рослин є невиправдано великою, тож для кукурудзи, соняшнику вони рекомендують висівати близько  $60$  рослин на ділянці, для картоплі, буряків цукрових –  $40\text{--}50$  шт.

Наведені параметри посівних ділянок стосуються переважно однофакторних польових дослідів. У багатофакторних дослідів площа посівної ділянки може значно зростати. Так, у трифакторному польо-

вому досліді з вивчення впливу попередників, норм висіву та способів сівби на врожайність рослин ячменю ярого площу посівної ділянки першого порядку доцільно збільшити до  $100 \text{ м}^2$  і більше, особливо зі збільшенням числа градацій ділянок другого та третього порядків.

Переважну більшість польових досліджень, у яких не передбачається окремий обробіток, проводять на ділянках розміром від  $30$  до  $200 \text{ м}^2$ . Якщо в досліді заплановано вивчення різних способів обробітку ґрунту або інших агрозаходів, які вимагають окремого застосування агрегатів на кожній ділянці, її розмір іноді доводиться збільшувати до  $300 \text{ м}^2$ , а в окремих випадках – до  $1000 \text{ м}^2$ .

Під час вибору розміру посівної ділянки важливо враховувати строкатість родючості ґрунту. Площу посівної ділянки доцільно зменшити до такого розміру, який забезпечуватиме потрапляння в межі однорідної площі якщо не цілого досліду, то хоча б окремих його повторень. Оскільки зі зменшенням площі посівної ділянки площа досліду також зменшується, то логічним буде збільшення числа повторень для кращого порівняння досліджуваних варіантів.

На перших стадіях селекційної роботи, за дефіциту насіння, застосовують маленькі ділянки розміром  $0,5\text{--}2,0 \text{ м}^2$ , а в малих сортовивченнях –  $5\text{--}10 \text{ м}^2$ , де за умови ретельного обробітку отримують високу точність досліду.

Вибір розміру посівної ділянки залежить також від повторення досліду в часі. Під час закладання багаторічних і тривалих польових дослідів розмір ділянки доцільно дещо збільшити – до  $200\text{--}300 \text{ м}^2$ . Це дозволяє насамперед здійснювати подальше розщеплення посівної ділянки досліду для введення додаткових варіантів досліду або навіть додаткових чинників.

В умовах виробництва розмір посівної ділянки досліду визначають за тими самими критеріями, що й для польового досліду в наукових і навчальних установах. Водночас на розмір значно впливає наявність машино-тракторного парку й асортимент агрегатів у господарстві. Площа ділянки має бути такою, щоб можна було виконувати всі польові роботи, типові для агротехніки та рівня механізації конкретного господарства, тож розмір ділянок дослідів, закладених в умовах виробництва, варіює у значному діапазоні – від  $100$  до  $3000 \text{ м}^2$ .

Таким чином, неможливо розробити якісь певні нормативи стосовно оптимального розміру посівної ділянки. Конкретна площа ділянки визначається досліджуваною культурою, агротехнікою,

строкатістю ґрунтової родючості, видом польового дослідження, числом досліджуваних чинників і под. Тож вибір розміру ділянки – це важливий етап методики дослідження, що вимагає ретельного підходу, врахування комплексу чинників і високого професіоналізму та обізнаності дослідника в агрономічній дослідній справі.

**Форма ділянок.** Точність польового дослідження залежить від форми ділянки, яка зазвичай визначається відношенням її довжини та ширини. Розрізняють три форми ділянок: *квадратні* (відношення довжини до ширини становить 1:1); *прямокутні* (відношення довжини ділянки до її ширини більше від 1, але менше 10); *видовжені* (довжина ділянки більше ніж у 10 раз перевищує її ширину).

Дані дробних обліків розвідувальних посівів показали, що довгі вузькі ділянки забезпечують більшу точність дослідження, оскільки чим довша ділянка, тим повніше вона охоплює строкатість поля. Ефект видовження найпомітніше проявляється при відношенні сторін у межах 1:10–1:15. Водночас чим більше відхилення довжини ділянки до її ширини, тим більший відсоток її площі відходить під захисні смуги для усунення крайових ефектів, що ускладнює дослід і збільшує витрати на його проведення. Видовжену форму слід застосовувати лише під час закладання ділянок площею понад 50 м<sup>2</sup>.

Близькими до квадратної форми мають бути ділянки в дослідженнях, де вивчається захист рослин від хвороб, шкідників і бур'янів із обприскуванням посівів розчинами пестицидів, бо на вузьких ділянках вітер може зносити розчин препарату на сусідні ділянки. Крім того, з центру квадратної ділянки переселення шкідників і збудників хвороб на сусідні ділянки буде меншим, ніж з видовжених ділянок.

Дрібноділянкові дослідження з невеликою кількістю варіантів також бажано розміщувати на квадратних ділянках. При цьому зменшується площа, виділена під дослід, і меншою мірою проявляється вплив досліджуваних варіантів один на одного.

Для полегшення проведення польових робіт (обробка ґрунту, сівба, догляд за посівами, збирання) бажано, щоб ширина посівної ділянки була кратною ширині захвату сільськогосподарських машин, насамперед посівних та збиральних.

Стосовно форми всього дослідження зазначимо, що перевагу слід надавати саме формі, близькій до квадрату. У цьому випадку за будь-якої системи розміщення ділянок відстань між варіантами дослідження буває мінімальною і порівнюваність їх між собою краща.

**Напрямок ділянок.** Якщо земельна площа, відведена під закладання дослідження, неоднорідна за ґрунтовою родючістю, то дуже важливо правильно розмістити ділянки на ній. Основною вимогою при цьому є правильний вибір спрямування ділянок, за якого вони будуть в однакових умовах для порівняння. Ділянки слід завжди довгою стороною розміщувати в напрямі зміни строкатості ґрунту, щоб усі ділянки мали однакові частки різного рівня родючості ґрунтів, що забезпечить об'єктивне й рівноцінне їх порівняння (рис. 3).

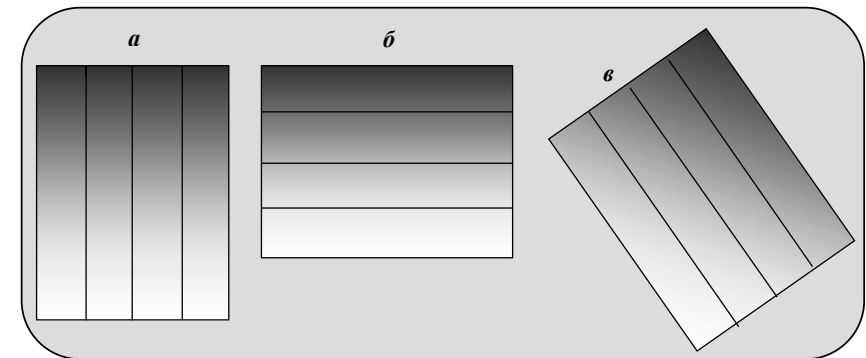


Рис. 3. Правильне (а) і неправильне (б, в) спрямування ділянок у досліді (зміну родючості ґрунту показано різною інтенсивністю забарвлення)

Досить часто в дослідницькій роботі доводиться здійснювати дослідження неподалік від лісосмуг, ґрунтових і асфальтованих доріг, парканів. У таких умовах ділянки можна розміщувати тільки вздовж напрямку закономірної зміни родючості ґрунту, тобто під кутом 90° до доріг, лісосмуг, парканів. У цьому випадку недоцільно застосовувати ярусне розміщення варіантів, адже при цьому значно зростає розбіжність між показниками окремих повторень. Щоб цього уникнути, краще розміщувати дослід в один ярус.

На схилах, де також спостерігається помітна зміна родючості ґрунтів, посівні ділянки обов'язково слід розміщувати довгою стороною вздовж схилу, а за необхідності, повторення можна розміщувати самостійно (розкидний метод).

При визначенні напрямку розміщення посівної ділянки на вирівняній за родючістю посівній площі потрібно враховувати напрям основних (панівних) вітрів. За рівних інших умов, ділянки доцільно

розмістити на довгій стороні вздовж основного напрямку вітрів, що поставить порівнювані варіанти в однакові умови. За будь-якої іншої орієнтації ділянок вони в різній мірі будуть охоплювати мінливість родючості земельної ділянки, що негативно позначиться на точності досліду та ускладнить отримання об'єктивної оцінки його результатів.

### 7.5. Захисні смуги та їхнє значення

Захисні смуги призначені для дистанційного розмежування посівних ділянок між собою, запобігання можливого впливу варіантів один на одного та усунення так званого крайового ефекту з боку лісосмуг, ґрунтових і асфальтованих доріг, парканів тощо.

Залежно від місця розміщення виділяють бічні та кінцеві смуги ділянок, повторень і досліду в цілому. Ширина бічних захисних смуг ділянок визначається технологічними особливостями проведення досліду та досліджуваними чинниками. Ні в якому разі не можна необґрунтовано збільшувати ширину захисних смуг, адже це приводить до збільшення площі досліду, нераціонального використання землі і збільшення загрози «виходу» досліду за межі однорідної площі, а це, в свою чергу, знижує ефективність експерименту і знецінює його результати.

Під час вибору захисних смуг зазвичай користуються правилом: чим значніші відмінності в рості рослин за варіантами, тим ширшими мають бути захисні смуги. У дослідах з вивчення впливу норм висіву, способів сівби, глибини загортання насіння, строків сівби, порівнювання різних сортів (гібридів) культур, суцільного способу сівби для усунення взаємовпливу сусідніх варіантів, достатньо виділити бічну захисну смугу завширшки 40–50 см. Для формування такої смуги встановлюють потрібну відстань між проходами посівного агрегату або просто ставлять заглушки на певні висівальні апарати сівалки. Наприклад, якщо на сівалці, що забезпечує рядковий спосіб сівби, поставити заглушку на один висіваючий апарат, утворюватиметься захисна смуга 30 см завширшки, а якщо перекрити два апарати – 45 см.

У дослідах із сортовивчення іноді впливом сусідніх варіантів не враховують і не виділяють захисні бічні смуги або роблять їх мінімальними 30–50 см завширшки.

Під час вивчення впливу добрив, щоб запобігти можливому їх використанню рослинами сусідніх варіантів через розростання кореневої системи в боки, ширину захисних смуг доцільно збільшити до 1 м. Ще більшою ширину бічних захисних смуг (2–3 м) формують у дослідах із вивчення впливу пестицидів, адже за меншої ширини захисної смуги під час внесення засобів захисту рослин можливе потрапляння частини робочого розчину препарату на сусідні досліджувані варіанти. Бічні захисні смуги повторень, якщо вони не розмежовані, роблять такими самими, як і для окремих ділянок.

Кінцеві (поперечні) захисні смуги окремих ділянок зазвичай мають бути не більшими за бічні, проте це визначається методами розміщення варіантів у досліді і технологічним забезпеченням його проведення.

Певних рецептів ширини кінцевих захисних смуг окремих повторень і всього досліду немає. Ширина цих смуг може бути від кількох метрів до 10–12 м і визначається здебільшого технологічною базою досліду. Зокрема, якщо сівба проводиться невеликою селекційною сівалкою або взагалі вручну, то ширина кінцевих смуг досліду може становити 2–3 м, а якщо сіють важкими посівними комплексами, для розвороту яких потрібно 8–12 м, то в цьому разі ширина кінцевих захисних смуг має бути достатньою для розвороту цих агрегатів. При встановленні ширини поперечних захисних смуг досліду варто також урахувати можливий шкідливий вплив зовні, щоб запобігти його впливу на результати досліду.

Для проведення супутніх спостережень обліків і аналізів у багатьох дослідах передбачають так звані лабораторні смуги (поперечні захисні смуги ділянок досліду). Наявність лабораторних захисних смуг дає можливість запобігти вимушеному «видаленню» рослин і об'єктивно оцінити вплив досліджуваних варіантів на продуктивність рослин досліджуваної культури.

Ширина лабораторної смуги визначається кількістю рослин, які відбираються для проведення аналізів, кількістю строків відбору проб, площею живлення рослин й іншими умовами.



## 8. Взаємодія чинників і ортогональні коефіцієнти

### 8.1. Розрахунок ефектів взаємодії

Зумовлена ефектом чинників взаємодія може бути позитивною, негативною або нульовою, якщо їхній сумісний ефект перевищує або дорівнює сумі окремих ефектів. Ці види взаємодії кваліфікують як: синергізм, антагонізм і адитивізм. Адитивізм (від лат. *addition* – додавати), або нульова взаємодія, – це просте додавання ефектів, які діють незалежно один від одного. Взаємодія може бути виявлена лише за наявності не менше двох градацій кожного з чинників.

*Приклад 1.* У двофакторному польовому досліді з вивчення впливу двох способів сівби і норм висіву, поставленому в трикратній повторності, одержали такі врожаї пшениці озимої у т/га: 1) рядковий спосіб, норма висіву насіння 5,0 млн/га (контроль) – 3,5 т/га; 2) смуговий спосіб, норма висіву 5,0 млн/га – 6,3 т/га; 3) рядковий спосіб, норма висіву 5,5 млн/га – 4,8 т/га; 4) смуговий спосіб, норма висіву 5,5 млн/га – 7,8 т/га. Розрахуємо головні ефекти А (способу сівби) і В (норми висіву) та їхню взаємодію – АВ:

ефект А за норми висіву насіння 5,0 млн/га:  $6,3 - 3,5 = 2,8$ ;

ефект А за норми висіву насіння 5,5 млн/га:  $7,8 - 4,8 = 3,0$ ;

ефект В за рядкового способу сівби:  $4,8 - 3,5 = 1,3$ ;

ефект В за смугового способу сівби:  $7,8 - 6,3 = 1,5$ .

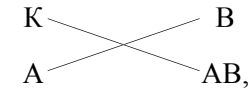
Ефект чинника А у середньому становить:  $(2,8 + 3,0) / 2 = 2,9$ ; чинника В –  $(1,3 + 1,5) / 2 = 1,4$ . Ефект взаємодії чинників у середньому на ділянку становить:  $(3,0 - 2,8) / 2$  або  $(1,5 - 1,3) / 2 = 0,2 / 2 = 0,1$  (отримали позитивну взаємодію, або синергізм). Далі розрахуємо середні ефекти на ділянку з допомогою рівнянь:

– для чинника А  $= (A + AB) / 2 - (K + B) / 2 = (6,3 + 7,8) / 2 - (3,5 + 4,8) / 2 = 7,05 - 4,15 = 2,9$ ;

– для чинника В  $= (B + AB) / 2 - (K + A) / 2 = (4,8 + 7,8) / 2 - (3,5 + 6,3) / 2 = 6,3 - 4,9 = 1,4$ ;

– для взаємодії АВ:  $(AB + 0) / 2 - (A + B) / 2 = (7,8 + 3,5) / 2 - (6,3 + 4,8) / 2 = 5,65 - 5,55 = 0,1$ .

Такий розрахунок ефекту взаємодії аналогічний знаходженню напіврізниць двох сум урожаїв за діагоналями табличної матриці.



де А і В – досліджувані чинники (у нашому випадку способи сівби та норми висіву), К – контроль.

Перша діагональ пов'язує верхнє ліве значення з будь-яким іншим показником табличної матриці, крім першого рядка і стовпця. Друга діагональ, та, що віднімається – симетрична протилежність першій.

*Приклад 2.* У двофакторному польовому досліді, поставленому за повною факторіальною схемою в п'ятиразовій повторності, визначали вплив підживлень (чинник А) у двох градаціях: А<sub>0</sub> – контроль, А<sub>1</sub> – підживлення сечовиною та двох способів сівби (чинник В): рядкового та смугового на врожайність тритикале ярого (табл. 1).

Таблиця 1

Урожайність зерна тритикале ярого залежно від впливу способів сівби та підживлень, т/га

Чинник А (підживлення)	Чинник В (спосіб сівби)	Повторення					Суми V	Середнє $\bar{y}$
		I	II	III	IV	V		
А <sub>0</sub>	В <sub>0</sub>	1,5	2,1	1,7	1,9	1,8	9,0	1,8
	В <sub>1</sub>	2,1	2,4	2,3	2,8	2,4	12,0	2,4
А <sub>1</sub>	В <sub>0</sub>	2,8	2,6	2,4	2,9	2,3	13,0	2,6
	В <sub>1</sub>	3,9	3,5	3,8	4,0	3,8	19,0	3,8
							$\Sigma V = 58,0$	$\bar{y}_0 = 2,65$

Для оцінки головних ефектів підживлення та способів сівби, а також їхньої взаємодії побудуємо таблицю на основі середніх значень за варіантами (табл. 2).

Таблиця 2

Оцінка головних ефектів

Чинник А (підживлення)	Чинник В (спосіб сівби)		Суми А
	В <sub>0</sub>	В <sub>1</sub>	
А <sub>0</sub>	1,8	2,4	4,2
А <sub>1</sub>	2,6	3,8	6,4
Суми В	4,4	6,2	10,6

За смугового способу сівби без підживлень урожайність порівняно з рядковим способом сівби зростала на  $(2,4 - 1,8) = 0,6$  т/га. Після підживлень ефект оптимізації способу сівби був значно вищим:  $(3,8 - 2,6) = 1,2$  т/га. Ефективність підживлень також зростала за оптимізації способу сівби. Так, на рядкових посівах урожайність зерна тритикале ярого після підживлень зростала на 0,8 т/га  $(2,6 - 1,8)$ , тоді як на смугових – на 1,4 т/га  $(3,8 - 2,4)$ . Отже, між досліджуваними чинниками є позитивна взаємодія, показник якої потрібно встановити. Розрахуємо головні ефекти підживлень і способів сівби на основі поетапного способу (*step by step*).

Ефект А за рядкового способу сівби становить:  $A_1B_0 - A_0B_0 = 2,6 - 1,8 = 0,8$ ; за смугового –  $A_1B_1 - A_0B_1 = 3,8 - 2,4 = 1,4$ ; головний ефект А =  $(0,8 + 1,4) / 2 = 1,1$ .

Ефект В на варіантах без підживлень становить:  $A_0B_1 - A_0B_0 = 2,4 - 1,8 = 0,6$ ; на підживлених варіантах –  $A_1B_1 - A_1B_0 = 3,8 - 2,6 = 1,2$ . Головний ефект В =  $(0,6 + 1,2) / 2 = 0,9$ .

Ефект взаємодії АВ: прибавка від чинника А становить  $A_1B_0 - A_0B_0 = 2,6 - 1,8 = 0,8$ ; від чинника В –  $A_0B_1 - A_0B_0 = 2,4 - 1,8 = 0,6$ . Сума прибавок становить  $0,8 + 0,6 = 1,4$ . Прибавка від АВ дорівнює  $A_1B_1 - A_0B_0 = 3,8 - 1,8 = 2,0$ . Взаємодія АВ =  $(2,0 - 1,4) / 2 = 0,3$ .

Аналогічний результат отримуємо діагональним способом:  
 $[(1,8 + 3,8) - (2,6 + 2,4)] / 2 = 0,3$ .

Арифметичну взаємодію розраховують за половиною різниці між показником прибавки врожайності від сумісної дії чинників та сумою ефектів від їхнього роздільного застосування. Таким чином, у двофакторному польовому досліді розраховують і оцінюють два головні ефекти: А = 1,1; В = 0,9 і взаємодію першого порядку – АВ = 0,3.

Зі збільшенням кількості досліджуваних чинників їхня оцінка значно ускладнюється. У трифакторному досліді, поставленому за повною факторіальною схемою, проводять статистичну оцінку головних ефектів чинників А, В і С; три взаємодії першого порядку – АВ, АС і ВС та одну взаємодію другого порядку – АВС. У польових дослідіх взаємодію вище другого порядку точно встановити важко (зазвичай вона неістотна), через що вони поповнюють залишкове варіювання.

Розрахуємо дію та взаємодію чинників у дво- та трифакторних дослідіх за допомогою методу контрастних знаків (табл. 3).

Для трифакторного польового досліді, поставленого за повною факторіальною схемою, сумарні ефекти та взаємодії знаходять

шляхом віднімання від суми значень чотирьох урожаїв окремих комбінацій, позначених знаком «+», суми інших чотирьох комбінацій, позначених знаком «-». Для двофакторного польового досліді використовують перші чотири колонки та чотири рядки в табл. 3. Щоб одержати відповідні головні ефекти та їхні взаємодії, потрібно у двофакторному польовому досліді різницю поділити на 2, у трифакторному – на 4, чотирифакторному – на 8 і т. д.

Таблиця 3

### Розрахунок ефектів дії та взаємодії чинників методом контрастних знаків

Ефект	Комбінації двох і трьох чинників (дві градації 0 і 1)							
	0	А	В	АВ	С	АС	ВС	АВС
Загальний	+	+	+	+	+	+	+	+
А	-	+	-	+	-	+	-	+
В	-	-	+	+	-	-	+	+
АВ (А × В)	+	-	-	+	+	-	-	+
С	-	-	-	-	+	+	+	+
АС (А × С)	+	-	+	-	-	+	-	+
ВС (В × С)	+	+	-	-	-	-	+	+
АСВ (А × В × С)	-	+	+	-	+	-	-	+

Визначимо головні ефекти та взаємодію досліджуваних чинників із прикладу 2, використовуючи дані табл. 3 (табл. 4).

Таблиця 4

### Розрахунок головних ефектів дії та взаємодії чинників у двофакторному польовому досліді

Ефект	Комбінації чинників (варіанти)				Суми	Головні ефекти та взаємодії чинників
	$A_0B_0$	$A_1B_0$	$A_0B_1$	$A_1B_1$		
Загальний	1,8	2,6	2,4	3,8	10,6	$\bar{y}_0 = 10,6 / 4 = 2,65$
А	-1,8	2,6	-2,4	3,8	2,2	$A = 2,2 / 2 = 1,1$
В	-1,8	-2,6	2,4	3,8	1,8	$B = 1,8 / 2 = 0,9$
АВ	1,8	-2,6	-2,4	3,8	0,6	$AB = 0,6 / 2 = 0,3$

Неважно переконалися, що цей метод розрахунків аналогічний методу діагональної матриці.

### 8.2. Поділ ефектів варіації варіантів методом контрастів

Будь-яку суму квадратів відхилень для варіантів ( $C_v$ ) з кількістю ступенів волі, що дорівнює  $(v - 1)$ , можна розкласти на  $(v - 1)$  незалежні суми квадратів з однаковою кількістю ступенів волі, що дорівнює 1. Кожен ступінь волі відповідає одному незалежному порівнянню або контрасту ( $C$ ). Для двофакторного польового дослідження, поставленого за повною факторіальною схемою, маємо три ступені волі ( $C_e = 4 - 1$ ) із ортогональних (незалежних) порівнянь для чотирьох варіантів. Кількість ортогональних коефіцієнтів становитиме 12 (чотири варіанти у трикратній повторності). Вони будуть дорівнювати +1 або -1, оскільки число градацій чинників однакове. Коефіцієнти визначають у такий спосіб:

1. Під час порівняння двох груп з однаковою кількістю варіантів присвоюють коефіцієнти  $k$ , що дорівнюють одиниці: зі знаком «+» – першій і зі знаком «-» – другій групі. Для прикладу 2:  $kA_1 = kN_1 = 1$  і  $kA_2 = kN_2 = -1$ .

2. Під час порівняння двох груп з різною кількістю варіантів, варіанти першої групи отримують коефіцієнти, які дорівнюють чисельності другої групи, а варіанти другої групи – коефіцієнти, що відповідають першій, але зі знаком «-».

3. Кратні числа скорочують до мінімальної величини. Наприклад, для двох груп чисельністю 2 і 4 варіанти першої групи отримують два коефіцієнти, що дорівнюють 2, а другої групи – чотири: -1, -1, -1, -1. Для другого прикладу складають таблицю коефіцієнтів (табл. 5).

Таблиця 5

**Коефіцієнти для розкладання сум квадратів за варіантами в досліді (два сорти × дві норми висіву – три ортогональних порівняння)**

Порівняння (ефекти)	Варіанти			
	$A_0B_0$	$A_0B_1$	$A_1B_0$	$A_1B_1$
Сорти: $A_0$ і $A_1$	+1	+1	-1	-1
Норми висіву: $B_0$ і $B_1$	+1	-1	+1	-1
Взаємодія $A \times B$	+1	-1	-1	+1

Перевірку ортогональності здійснюють двома шляхами: сума коефіцієнтів по кожному ряду, а також їхній добуток за будь-якими

двома рядками мають дорівнювати 0. До таблиці коефіцієнтів вносять суми за варіантами (табл. 6).

Таблиця 6

**Вихідна таблиця для розкладання сум квадратів варіантів на головні ефекти і взаємодію за допомогою ортогональних коефіцієнтів двофакторного дослідження, поставленого за повною факторіальною схемою**

Порівняння (ефекти)	Суми за варіантами			
	$A_0B_0 - 1,8$	$A_0B_1 - 2,4$	$A_1B_0 - 2,6$	$A_1B_1 - 3,8$
Чинник А (підживлення)	+1	+1	-1	-1
Чинник В (спосіб сівби)	+1	-1	+1	-1
Взаємодія $A \times B$	+1	-1	-1	+1

Суми квадратів розраховують за формулою:

$$CK = (k_i \cdot v_i)^2 / n \cdot \sum k_i^2,$$

де  $k_i$  – ортогональний коефіцієнт;  $v_i$  – сума за  $i$ -м варіантом;  $n$  – повторність.

$$C_A = \frac{(1 \cdot 1,8 + 1 \cdot 2,4 - 1 \cdot 2,6 - 1 \cdot 3,8)^2}{2 \cdot [1^2 + 1^2 + (-1)^2 + (-1)^2]} = \frac{(4,2 - 6,4)^2}{4} = (-2,2)^2 / 8 = 0,6;$$

$$C_B = \frac{(1 \cdot 1,8 - 1 \cdot 2,4 + 1 \cdot 2,6 - 1 \cdot 3,8)^2}{2 \cdot [1^2 + (-1)^2 + 1^2 + (-1)^2]} = (-1,8^2 / 8) = 0,4;$$

$$C_{AB} = \frac{(1 \cdot 1,8 - 1 \cdot 2,4 - 1 \cdot 2,6 + 1 \cdot 3,8)^2}{2 \cdot [1^2 + (-1)^2 + (-1)^2 + 1^2]} = 0,6^2 / 8 = 0,05.$$

Для розкладання сум квадратів стандартним методом, який використовують у дисперсійному аналізі, потрібно піднести до квадрата суми за варіантами і суми за чинниками (табл. 7).

Таблиця 7

**Суми показників урожайності зерна тритикале ярого залежно від впливу підживлень (чинник А) і способів сівби (чинник В)**

Чинник А (підживлення)	Спосіб сівби (чинник В)		Суми А
	$B_0$	$B_1$	
$A_0$	1,8	2,4	4,2
$A_1$	2,6	3,8	6,4
Суми В	4,4	6,2	$\sum y = 10,6$

$$C_V = \sum V^2 / n - C = [(A_0B_0)^2 + (A_0B_1)^2 + (A_1B_0)^2 + (A_1B_1)^2] / n - C,$$

де  $C_V$  – загальна сума квадратів за варіантами;  $V$  – вихідні суми врожаїв за варіантами;  $C = (\sum y)^2 / N$  – корегуючий чинник.

$$C_V = (1,8^2 + 2,4^2 + 2,6^2 + 3,8^2) / 2 - 10,6^2 / (4 \times 2) = 1,05;$$

$$C_A = \sum A^2 / (n \cdot b) - C = (4,2^2 + 6,4^2) / (2 \times 2) - 10,6^2 / 8 = 0,6;$$

$$C_B = \sum B^2 / (n \cdot a) - C = (4,4^2 + 6,2^2) / (2 \times 2) - 10,6^2 / 8 = 0,4;$$

де  $\sum A$  і  $\sum B$  – суми врожаїв для головних ефектів (підживлення і способів сівби);  $a$  – кількість градацій підживлень (2),  $b$  – кількість градацій способів сівби (2).

$$C_{AB} = C_V - C_A - C_B = 1,05 - 0,6 - 0,4 = 0,05.$$

## 9. Методи розміщення варіантів у польовому досліді

Метод розміщення варіантів складає основу схематичного плану і визначає його назву. У поняття плану входить також повторність досліді, наявність повторень, форма ділянок і спосіб розміщення територіальних компонентів досліді на земельній площі. Серед існуючих класифікацій методів розміщення варіантів, на нашу думку, найбільш повно відображає розвиток дослідної справи така:

### Методи розміщення варіантів

#### I. Стандартні:

- 1) ямб-метод;
- 2) дактиль-метод;
- 3) парний метод

#### II. Систематичні:

- 1) одноярусне розміщення;
- 2) багатоярусне розміщення;
- 3) метод наскрізних ділянок;
- 4) шаховий метод

### III. Рендомізовані (випадкові):

- 1) метод повної рендомізації (МПР);
- 2) метод організованих (рендомізованих) повторень (МОП, МРП);
- 3) метод латинського квадрата та прямокутника (МЛК, МЛП);
- 4) метод троянського квадрата (МТК);
- 5) метод розщеплених ділянок (МРД);
- 7) метод перехресних ділянок (МПД);
- 8) комбінаційні методи:
  - а) розщеплених ділянок і організованих повторень (МРД + МОП);
  - б) перехресних ділянок і повної рендомізації (МПД + МПР);
  - в) перехресних і розщеплених ділянок (МПД + МРД);
- 9) метод решітки:
  - а) квадратна та прямокутна;
  - б) 2–4-кратна (за числом  $n$ );
  - в) квадрат Юдена.

### 9.1. Стандартні методи розміщення варіантів

*Стандартні методи* передбачають часте розміщення контрольного варіанта – через один-два досліджувані. Розміщення, за якого стандарт розташовується через одну ділянку з дослідним варіантом, називають **ямб-методом**, а якщо через дві ділянки – **дактиль-методом**. Перевага такої схеми полягає в тому, що безпосереднє розміщення досліджуваного сорту поряд зі стандартом полегшує проведення різних порівняльних спостережень, які насамперед мають важливе значення для селекційних досліджень.

Водночас ця система розміщення варіантів має суттєві недоліки. По-перше, не завжди є тісний кореляційний зв'язок між результативними показниками сусідніх ділянок. По-друге, значно ускладнюється порівняння варіантів, розміщених далеко один від одного, що спостерігається за великої кількості досліджуваних варіантів. По-третє, за стандартних методів нераціонально використовується земельна площа, адже значна її частка зайнята контролями. Зокрема, якщо дослід поставлений ямб-методом, то площа стандарту перевищує 50 % усієї площі досліді. За дактильметодом цей показник також високий – біля 40 % (рис. 4).

Відмічені недоліки обмежують значне поширення стандартних методів у дослідній справі. Їх іноді застосовують у селекційній роботі

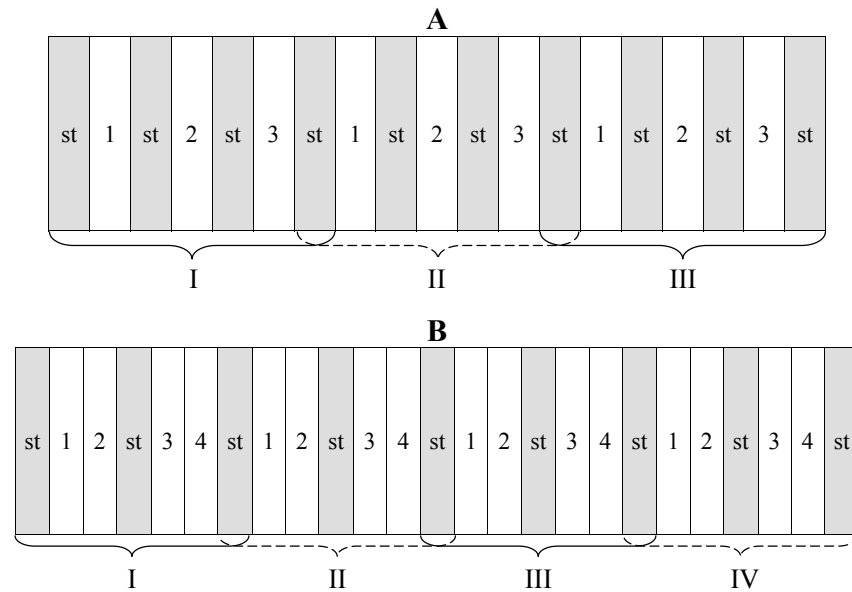


Рис. 4. Приклади розміщення варіантів стандартних методів:  
 А – ямб-метод (три варіанти, три повторності); В – дактиль-метод  
 (чотири варіанти, чотири повторності)

на перших стадіях відбору. Розміщуючи контрольний варіант через один або два досліджуваних, систематично порівнюючи їх зі стандартом, можна досить точно визначити найбільш перспективні лінії.

**Парний метод** – різновид дактиль-методу, за якого контрольний варіант також розміщують через два досліджувані, які порівнюють з найближчим стандартом. Науковець П. М. Константінов удосконалив цей метод, запропонувавши впоперек ділянок дослідку виділяти від 10 до 20 видовжених смуг-парцел площею 10–20 м<sup>2</sup> (рис. 5).

При пошкодженні рослин у ході вегетації на будь-якій парцелі робиться виключка цієї і симетричної їй парцели. Облік урожайності проводять з однакової кількості контрольних і дослідних парцел. Такі досліді можна закладати у дворазовій або взагалі в одній повторності. Математичну обробку результатів дослідку, поставленого цим методом, проводять різницеvim методом, де пари зі стандартом склали дослідні варіанти за кількості повторень, що дорівнює числу облікових парцел. Кожний варіант дослідку оцінюють окремо.

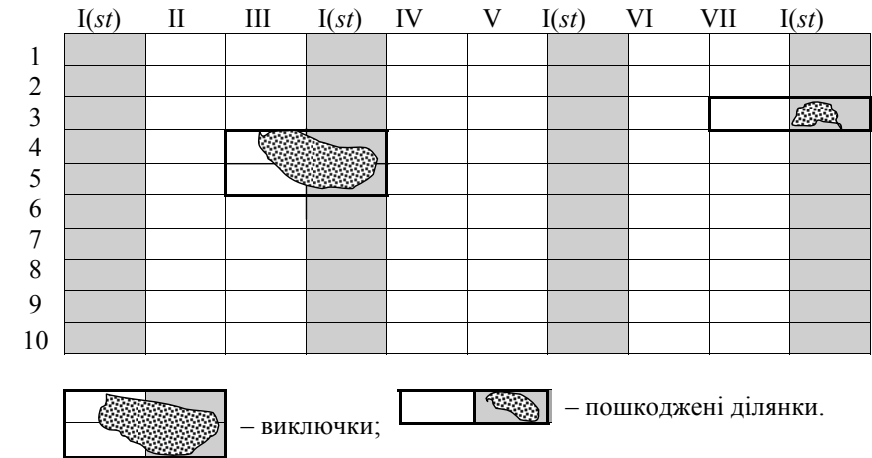


Рис. 5. Парний метод розміщення варіантів у досліді із сортовивчення (за П. М. Константіновим, 1952): I(st) стандарт; II, III, IV, V, VI, VII – досліджувані варіанти; 1–10 – страхові парцели

Інший шлях удосконалення оцінки варіантів – поєднання парного методу та системного блоку (рис. 6).

I	st	1	2	st	3	4	st	5	6	st
II	st	1	2	st	3	4	st	5	6	st
III	st	1	2	st	3	4	st	5	6	st
IV	st	1	2	st	3	4	st	5	6	st

Рис. 6. Схематичний план дослідку, розроблений методом стандартно-системного блоку, з ярусним розміщенням повторень (I, II, III, IV), накладанням стандартного і дослідних варіантів (st, 1, 2, 3, 4, 5, 6) у співвідношенні 2:3 на наскрізні ділянки за парним (дактиль) методом

Цей план являє собою багаторусний блок довгих (наскрізних) ділянок. Результати такого дослідку можна обробляти методом організованих повторень. Помилку розраховують на основі залишкової дисперсії і повторності, яка дорівнює 4 – для дослідних варіантів і 16 – для стандарту. Водночас схема чергування дослідних варіантів

зі стандартом дозволяє робити порівняння зі стандартом усередині кожного повторення дактиль- або парним методом.

Запровадження повторень підвищує громіздкість стандартних планів за низької інформативності дослідів. Повторність стандарту рекомендується збільшувати лише в дослідів зі значною кількістю варіантів до співвідношення один стандарт на чотири досліджувані варіанти.

### 9.2. Систематичні методи розміщення варіантів

**Систематичне** розміщення варіантів на ділянках усередині повторень передбачає їхнє розміщення у певній, заздалегідь установленій послідовності. За систематичного методу ділянки кожного варіанта різних повторень розташовують рівномірно по земельній площі. Залежно від конфігурації площі, відведеної під дослід, розміру і форми ділянок, числа повторень і варіантів, ділянки розташовують послідовно в один ярус або шаховим способом у кілька ярусів (рис. 7, 8).

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

Рис. 7. Схематичний план системного розміщення п'яти варіантів у чотириразовому повторенні в один ярус

Незмінний порядок варіантів у кожному повторенні передбачається, як правило, при послідовному розміщенні повторень дослідів в один ярус. За шахового розташування у два та більше ярусів ділянки однакового варіанта в різних повтореннях потрібно змістити, щоб вони не розміщувалися одна навпроти одної (рис. 8). Завдяки цьому досягається більш повне охоплення кожним варіантом дослідів строкатості родючості ґрунту та дещо зменшується вплив систе-

Перший ярус	I повторення									II повторення								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Другий ярус	III повторення									IV повторення								
	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3
Третій ярус	V повторення									VI повторення								
	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6

Рис. 8. Схематичний план системного розміщення дев'яти варіантів у шестиразовому повторенні в три яруси

матичного варіювання ґрунтової родючості на досліджувані показники. З цього погляду доцільне ступеневе розташування варіантів у повтореннях зі зміщенням.

Число ділянок, на яке потрібно змістити варіанти в повтореннях різних ярусів, можна визначити діленням числа варіантів на кількість повторень дослідів. Наприклад, у досліді, який складається з 12 варіантів у трьох повтореннях, розташованих у трьох ярусах, ділянки в кожному ярусі необхідно змістити на чотири варіанти ( $12 / 3 = 4$ ). Таким чином, розташування досліджуваних варіантів за повтореннями (ярусами) повинно бути таким:

перше повторення (перший ярус) – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12;  
 друге повторення (другий ярус) – 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 1, 2, 3, 4;  
 третє повторення (третій ярус) – 9, 10, 11, 12, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

На перших етапах у науковій агрономії переважали систематичні методи розміщення варіантів. Важлива перевага цих методів – простота, а головний недолік – можливі і часто непередбачувані викривлення ефектів за варіантами, а також ненадійність статистичної оцінки помилки досліду. Можлива помилка зміщення оцінки досліджуваних ефектів може бути знівельована за рахунок ступеневого розташування варіантів у повтореннях досліду.

У наш час більшість польових дослідів закладається з використанням випадкового (рендомізованого) розміщення варіантів досліду. Систематичні методи розташування варіантів застосовують лише в умовах відсутності закономірної зміни родючості ґрунту, а також у попередніх, демонстраційних та інших видах польового досліду, у яких статистична оцінка не є необхідною та важливою.

### 9.3. Рендомізовані методи розміщення варіантів

**Рендомізоване** (від англ. *random* – випадковий, невпорядкований) розміщення варіантів вперше було запропоновано англійським математиком Рональдом Фішером у 50-х рр. минулого століття. Ці методи отримали найбільше поширення, оскільки саме вони забезпечують більш точну оцінку впливу досліджуваних елементів і служать надійною доказовою базою для об'єктивності порівняння варіантів досліду між собою. За допомогою рендомізації помилки, спричинені зміною родючості ґрунту, перетворюються із систематичних у рівноважні для будь-якої ділянки, що дозволяє правильно оцінити помилку досліду та найменшу істотну різницю (*НІР*) між варіантами.

Суть цього методу полягає у випадковому (рендомізованому) розміщенні варіантів досліду на ділянках кожного повторення шляхом жеребкування або за допомогою таблиці випадкових чисел. Згідно з цим методом, кожний досліджуваний варіант має однакову ймовірність потрапити на будь-яку ділянку.

Цей метод базується на тому, що всі методи математичної статистики можуть використовуватися повною мірою лише стосовно до випадкових явищ і статистична обробка результатів досліду може бути застосована тільки за випадкового розташування варіантів по ділянках.

Найпростіший спосіб рендомізації – за допомогою жеребкування. При цьому варіанти нумерують на однакових картках, після чого картки ретельно перемішують і дістають по одній. Отриманий порядок номерів на картках і буде порядком розміщення варіантів у повторенні. Для кожного повторення проводиться своя рендомізація.

Більш надійний і досконалий спосіб рендомізації – за допомогою таблиці випадкових чисел (додаток). Представлені в цій таблиці двозначні цифри, складені з чисел від 0 до 9, розміщені без будь-якої системи, водночас усі ці числа занесені до таблиці пропорційно, тобто кожне з них повторюється з імовірністю 10 %.

Користуватися цією таблицею дуже просто. Для цього з будь-якого місця таблиці в довільному напрямку (униз, угору, уліво, управо або по діагоналі) проводиться умовна лінія. Випадковий набір цифр від початку відліку в напрямку цієї лінії і буде порядком розміщення варіантів певного повторення досліду. Наприклад, планується закласти дослід з п'ятьма варіантами в триразовому повторенні. Для визначення порядку розміщення варіантів у першому повторенні в будь-якому місці таблиці випадкових чисел навмання береться початок відліку і далі в будь-якому напрямку формується повна повторність. Припустимо, що за початок відліку була вибрана цифра 7 у тридцятому рядку третього стовпця (див. додаток). Рухаючись по цьому стовпцю, наприклад, угору, отримуємо такий набір випадково розміщених варіантів для першого повторення: 1, 2, 4, 3, 5. Номер варіанта, який займає останню ділянку (у цьому прикладі 5), проставляють автоматично, цифри, що повторюються та перевищують 5, пропускають. Порядок варіантів для другого та третього повторення визначається за тим самим принципом. Для цього бажано порядок відліку та напрям руху в таблиці випадкових чисел (униз, угору, уліво, вправо) змінювати.

Найпростішим і водночас найбільш недосконалим способом рендомізованого методу є **метод повної рендомізації** або неорганізованих повторень (МПП, МНП). Суть цього методу полягає у повній, необмеженій рендомізації, коли варіанти розподіляються по площі досліду випадково без виділення повторень. Єдиним обмеженням числа ділянок для одного варіанта є повторність.

Наведемо приклад складання схематичного плану досліду, в якому ділянки планується розмістити методом повної рендомізації.

Припустимо, що планується порівняти п'ять сортів соняшнику в чотириразовому повторенні. Оскільки кількість варіантів – п'ять ( $v = 5$ ), а кількість повторень – чотири ( $n = 4$ ), то для досліді буде потрібно 20 ділянок ( $N = v \cdot n = 5 \cdot 4 = 20$ ). Усі варіанти на площі слід розмістити рандомізовано, єдиною умовою при цьому є те, що кожен з них має бути представлений чотири рази. Для порядку розміщення варіантів на площі досліді користуємося таблицею випадкових чисел або спеціальною комп'ютерною програмою (рис. 9).

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

Рис. 9. Схематичний план досліді, поставленого методом повної рандомізації: 1, 2, 3, 4, 5 – варіанти досліді в чотириразовій повторності

Постановку дослідів методом повної рандомізації можна розглядати для планування дослідів: 1) із невеликою кількістю варіантів (не більше п'яти-шести); 2) із різним повторенням варіантів; 3) на земельній площі з відносно рівномірною родючістю ґрунту; 4) на ділянках, де генетична варіабельність рослин перевищує варіабельність родючості ґрунту (з плодовими деревами).

Для усунення можливого випадкового розміщення всіх ділянок одного варіанта в одному місці, як, наприклад, на рис. 9 (варіант 5), площу досліді можна поділити на два блоки, що включатимуть два-три повних набори варіантів. Для прикладу, розділимо схематичний план досліді, представлений на рис. 9, на два блоки (рис. 10).

Перший блок		Другий блок		
2	5	1	2	3
1	2	3	5	1
3	4	4	1	4
4	5	3	5	2

Рис. 10. Схематичний план досліді, поставленого методом повної рандомізації у двох блоках, з чотириразовою повторністю варіантів

У прикладі, на рис. 10, дослід поділений на два однакові за площею блоки, кожен з яких містить 10 ділянок. Кожен з варіантів у першому та другому блоках представлений два рази. Варіанти по ділянках усередині блоків розташовуються випадково.

Застосування методу повної рандомізації підвищує обґрунтованість застосування математичних методів і збільшує точність досліді порівняно з іншими методами розміщення варіантів. Разом з тим зі збільшенням числа ділянок у досліді відстань між порівнюваними варіантами зростає, при цьому також зростає різниця в родючості ґрунту, що знижує ефективність методу неорганізованих повторень. Щоб запобігти цьому, застосовують інші модифікації рандомізованого методу розміщення варіантів, серед яких найбільш поширеним є метод організованих повторень (МОП) або блоків (МБ).

**Метод організованих повторень** передбачає випадкове розміщення всіх варіантів досліді в межах окремих повторень. Порівняно з методом повної рандомізації, цей метод має додатковий елемент – повторення, які включають частину площі досліді з повним набором варіантів. Кількість повторень, як правило, збігається з повторністю досліді. Винятки становлять досліді зі збільшеною повторністю стандарту, яка кратно перевищує повторність досліджуванних варіантів.

Розміщення варіантів методом організованих повторень або блоків найбільш ефективно на земельних площах з вираженим закономірним варіюванням ґрунтової родючості. Якщо різниця в родючості ґрунту між повтореннями відсутня, цей метод малоефективний. Незначне варіювання родючості ґрунту всередині повторень може бути за невеликої кількості варіантів, невеликої площі дослідних ділянок і форми повторень, наближеної до квадратної.

На рис. 11 наведено схематичний план досліді, в якому варіанти розподілені за ділянками методом організованих повторень. Кожне з чотирьох повторень (блоків) містить повний набір із семи варіантів розміщених у два яруси. У кожному повторенні порядок розміщення ділянок випадковий.

Метод рандомізованих повторень є ортогональним, тобто кожне повторення має повний набір варіантів і кожен з них є в повторенні тільки один раз. Це надає використаному методу найбільшій стійкості і гнучкості. Стійкість цього методу проявляється в тому, що він дозволяє виключити з досліді забраковані з різних причин варіанти.



Незважаючи на це, ортогональність зберігається, хоч забраковані варіанти дещо знижують цінність дослід. Гнучкість дослід полягає в можливості вводити нові варіанти в разі необхідності.

Кількість досліджуваних варіантів під час застосування методу рендомізованих повторень залежить від вирівняності родючості земельної площі, розміру та форми ділянок. Здебільшого цей метод себе виправдовує, якщо кількість варіантів дослід не перевищує 15–20.

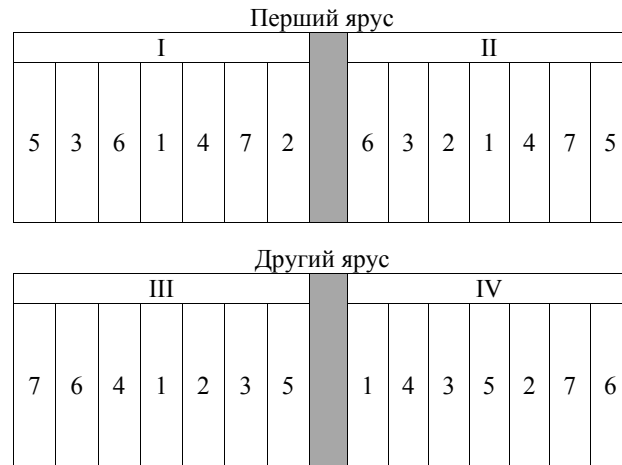


Рис. 11. Схематичний план дослід, поставленого методом організованих (рендомізованих) повторень, для семи досліджуваних варіантів у чотириразовій повторності (I, II, III, IV) у двох ярусах

Для рендомізації варіантів можна застосовувати готові набори цифр. Для прикладу наведемо чотири набори випадкових чисел (для чотирьох повторень) для різної кількості варіантів:

- $v = 5$ : 1) 3, 1, 2, 5, 4; 2) 2, 4, 5, 1, 3; 3) 4, 5, 1, 3, 2; 4) 5, 3, 4, 2, 1;  
 $v = 6$ : 1) 2, 4, 6, 1, 3, 5; 2) 3, 5, 1, 6, 2, 4; 3) 5, 6, 4, 3, 1, 2;  
 4) 6, 3, 5, 2, 4, 1;  
 $v = 7$ : 1) 2, 4, 7, 6, 3, 5, 1; 2) 4, 3, 5, 7, 2, 1, 6; 3) 3, 7, 4, 1, 6, 2, 5;  
 4) 7, 6, 2, 5, 1, 3, 4;  
 $v = 8$ : 1) 6, 4, 7, 8, 3, 1, 5, 2; 2) 8, 6, 2, 5, 7, 4, 3, 1;  
 3) 4, 1, 5, 2, 6, 7, 8, 3; 4) 2, 7, 4, 6, 8, 3, 1, 5;

- $v = 9$ : 1) 3, 4, 9, 6, 2, 7, 8, 5, 1; 2) 7, 5, 3, 1, 9, 6, 8, 2, 4;  
 3) 1, 8, 4, 5, 3, 7, 2, 9, 6; 4) 3, 4, 9, 1, 2, 7, 8, 6, 5.

На рис. 12 запропоновано три можливі моделі дослід для земельної площі з одностороннім градієнтом родючості ґрунту. Якщо родючість ґрунту буде поступово знижуватися зверху донизу, систематичний метод розміщення варіантів не можна обирати для розміщення варіантів, оскільки перший варіант буде в кращих умовах з погляду ґрунтової родючості, а п'ятий – у гірших, що не дасть змоги об'єктивно порівняти їх між собою, як і решту варіантів. При цьому найменша точність порівняння буде між першим і п'ятим варіантами, адже саме на цих ділянках родючість ґрунту відрізнятиметься найбільше. Методи неорганізованих і організованих повторень конкретно для цього випадку будуть рівноцінні.

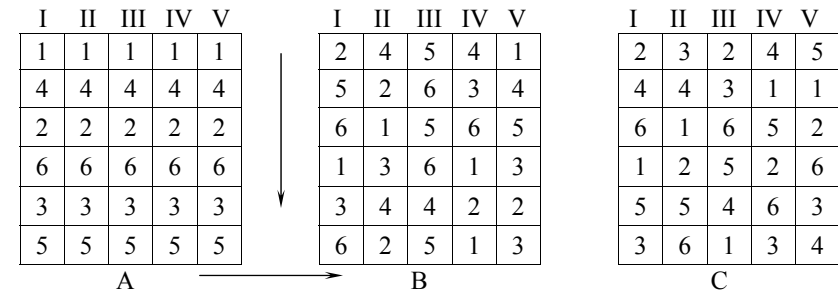


Рис. 12. Методи розміщення шести варіантів польового дослід, поставленого в п'яти повтореннях: А – систематичний; В – неорганізованих повторень; С – організованих повторень. Стрілками показані можливі напрями зміни родючості ґрунту

Якщо показник ґрунтової родючості змінюватиметься зліва направо, системний метод може бути застосований для постановки дослід, оскільки він забезпечує для кожного варіанта рівноцінні ґрунтові умови для порівняння. Метод повної рендомізації при зміні градієнта родючості ґрунту зліва направо застосовувати не бажано, оскільки досліджувані варіанти можуть опинитися в нерівноцінних умовах для порівняння.

В обох випадках у разі зміни градієнта родючості ґрунту варіанти краще розмістити методом організованих повторень, оскільки

він має перевагу над системним розміщенням варіантів і методом повної рендомізації внаслідок рендомізації варіантів усередині повторень, розміщених уперек закономірної зміни родючості ґрунту.

Таким чином, якщо в досліді можна виділити умови, які можуть викривити результати досліді, слід виділити повторення та в межах кожного з них розмістити варіанти випадково. Повторення потрібно розмістити за територіальною ознакою так, щоб у межах кожного з них варіабельність родючості ґрунту була мінімальною.

Під час закладання досліді методом організованих повторень варіанти краще розмішувати компактно в один або більше ярусів. За умови недостатньої вирівняності ґрунтової родючості земельної площі повторення можна розмістити на відстані один від одного таким чином, щоб вони накрили максимально однорідні за ґрунтовою родючістю ділянки.

Якщо в досліді заплановано порівняти більше 10 варіантів, доцільно в кожному повторенні мати не менше двох ділянок контролю, що дозволить підвищити точність порівняння досліджуваних варіантів зі стандартом (рис. 13).

За великої кількості варіантів (понад 12) їх доцільно об'єднати всередині повторення в однорідні групи за певними ознаками (біологічними, морфологічними особливостями тощо). Послідовність розміщення груп всередині повторення, як і варіантів усередині кожної групи, визначається рендомізовано (рис. 14).

**Метод латинського квадрата (МЛК)** дає змогу значною мірою усунути вплив на результати досліді систематичної зміни родючості ґрунту в двох взаємно перпендикулярних напрямках. Його застосовують за двостороннього градієнта (варіювання) ґрунтової родючості, наприклад лісосмуга з південної сторони та дорога зі східної. Гетерогенність ґрунту контролюють перпендикулярним розміщенням подвійного набору повторень. Для цього земельну площу квадратної або прямокутної форми розбивають у горизонтальному та вертикальному напрямку на стільки рядів і стовпців, скільки варіантів у досліді, таким чином, щоб у кожному стовпчику та ряду були наявні всі варіанти відповідно до схеми досліді та жоден з них не повторювався. Варіанти в середині стовпців і рядів розміщують рендомізовано.

Однакова кількість повторень і варіантів, поряд із позначенням варіантів латинськими буквами, зумовила її назву. Символом плану однофакторного польового досліді служить  $n^2$ . Наприклад, схема-

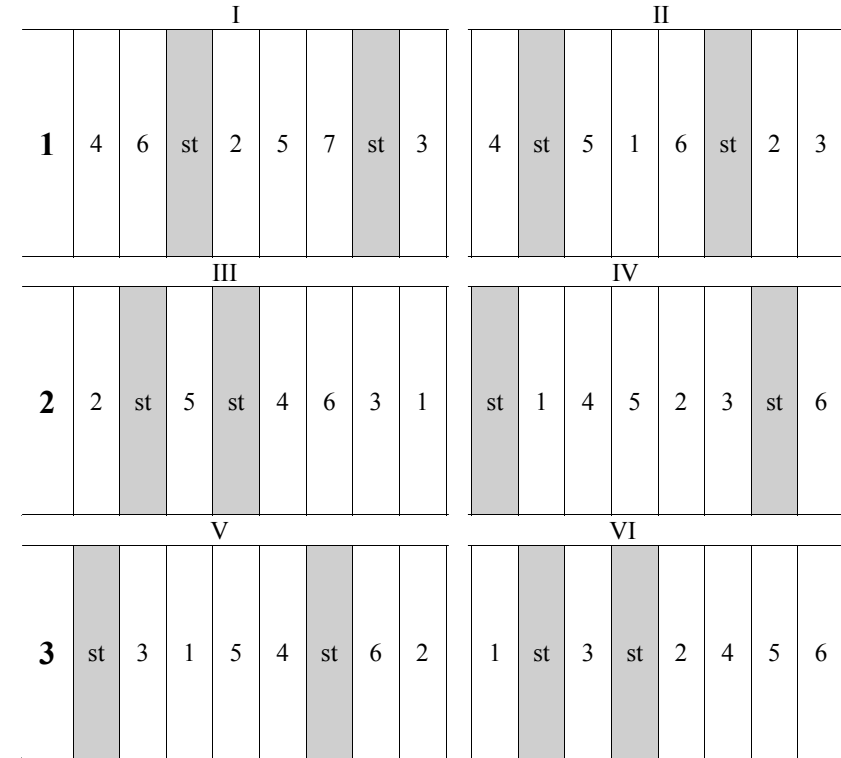


Рис. 13. Схематичний план досліді, поставленого методом організованих повторень у три яруси в шестиразовій повторності.

Кожне повторення містить два стандарти

тичний план вивчення шести варіантів  $6^2$ , або  $6 \times 6$  зображено на рис. 15.

Стрілками показані два напрямки зміни родючості ґрунту, римськими цифрами – ряди та стовпці, що виконують роль повторень, а арабськими – рендомізовано розподілені варіанти.

Цю схему доцільно застосовувати у випадках, коли чітко встановлений двосторонній градієнт родючості ґрунту. Число варіантів за цього методу має становити від 3 до 8 (оптимум 5...7). Якщо  $v = 2$ , то помилку досліді визначити неможливо. За кількості варіантів понад 8 надмірно збільшується кількість повторень, а підвищення інформативності досліді неспівмірно з обсягом додаткових витрат,

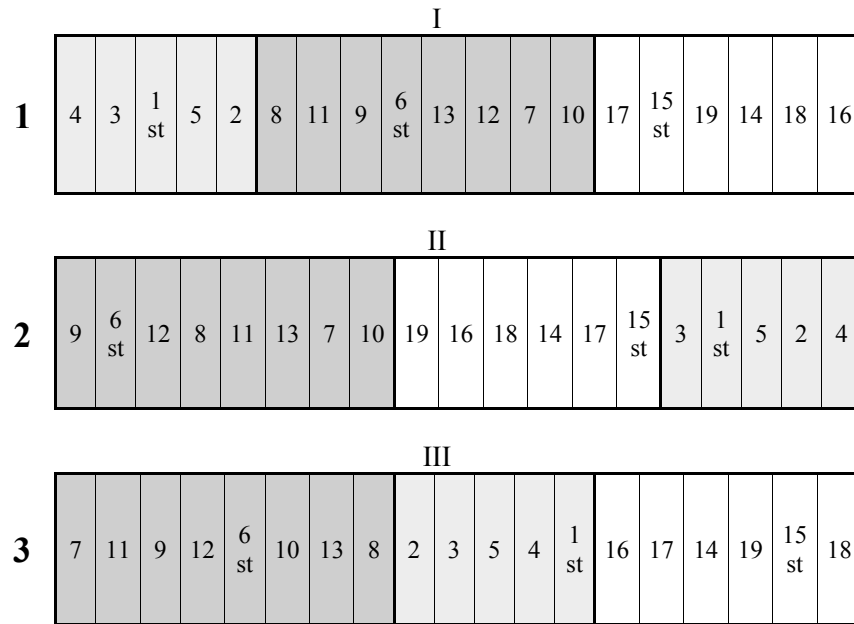


Рис. 14. Окремий випадок розміщення варіантів досліді методом організованих повторень. Кожне повторення поділено на три блоки. Кожен блок має власний контроль. Блоки показані на рисунку різними відтінками.

	I	II	III	IV	V	IV
I	6	1	3	5	2	4
II	1	5	2	4	3	6
III	4	3	6	2	5	1
IV	5	2	1	6	4	3
V	3	4	5	1	6	2
IV	2	6	4	3	1	5

Рис. 15. Схематичний план досліді, поставленого методом латинського квадрата (шість варіантів)

адже точність польового досліді, як правило, зростає лише зі збільшенням повторності до 4...6. Подальше її збільшення приводить до нерационального використання земельної площі, що невиправдано з економічної точки зору і за певних обставин (значна невіривність родючості ґрунту), може навіть знижувати точність досліді.

**Метод латинського прямокутника (МЛП).** Цей метод дозволяє застосовувати принцип методу латинського квадрата для дослідів із великою кількістю варіантів. Він зберігає всі переваги методу латинського квадрата і при цьому дає змогу вивчити значно більше варіантів ( $v = 8...20$ ) для повторності, кратної числу варіантів. Це значно підвищує інформативність досліді та його ефективність у цілому (зменшуються витрати на проведення досліді за рахунок оптимізації кількості повторень).

Цей метод ефективний за умови, якщо родючість ґрунту змінюється не лише в двох взаємно перпендикулярних напрямках, але й по діагоналі. Причому за зміни родючості ґрунту у трьох напрямках можна найкраще її контролювати.

За чотириразової повторності можна провести дослідження з 8, 12, 16 і 20-ма варіантами шляхом поділу кожного стовпця квадрата  $4^2$  на 2, 3, 4 і 5 смуг відповідно. За п'яти повторень можна вивчити 10, 15 і 20 варіантів, поділивши кожен стовбець латинського квадрата  $5^2$  на 2, 3 і 4 смуги відповідно. Наприклад, для вивчення 15 варіантів, схематичний план досліді із розміщенням варіантів методом латинського прямокутника може виглядати так, як показано на рис. 16.

	I			II			III			IV			V		
I	13	7	15	3	11	5	4	9	14	1	12	6	2	10	8
II	5	2	8	13	4	7	15	1	10	14	9	11	12	3	6
III	6	10	14	2	15	12	7	3	11	8	13	4	9	1	5
IV	9	1	4	8	14	6	5	12	2	15	10	3	11	7	13
V	11	12	3	9	1	10	6	13	8	7	2	5	14	4	15

Рис. 16. Схематичний план досліді, поставленого методом латинського прямокутника. Кількість варіантів – 15, повторність – п'ятиразова

Пунктирними лініями показано розщеплення кожної ділянки вихідного латинського квадрата  $5^2$  ( $5 \times 5$ ) за стовпцями. У квадраті та прямокутнику кількість рядів дорівнює кількості стовпців, оскільки вони відіграють роль повторень. Перші дві цифри схеми досліді – це кількість рядів і стовпців або навпаки – стовпців і рядів. Остання цифра показує, на скільки смуг слід розділити кожний стовбець або ряд (у наведеному прикладі стовбець). Наприклад, схема:  $5 \times 5 \times 3$

означає, що дослід складається з п'яти стовпців і рядів, тобто його повторність п'ятиразова, при цьому кожен стовбець поділяється на три смуги. У математичному сенсі перша цифра – повторність досліді, а добуток другої і третьої – число варіантів. Римськими цифрами позначають ряди та стовпці, арабськими – варіанти досліді.

Кратність варіантів стосовно до повторень має бути цілим числом, водночас можна обирати кратність з точністю до 0,5, що дозволяє знизити площу досліді за рахунок зменшення числа повторень. Наприклад, для досліді з 10-ма варіантами можна замінити звичайний латинський прямокутник  $5 \times 5 \times 2$  на  $4 \times 4 \times 2,5$ . В обох випадках кількість варіантів однакова ( $5 \times 2 = 4 \times 2,5 = 10$ ), однак кількість повторень у другому випадку зменшена до чотирьох, тож загальна кількість ділянок для другого варіанта буде зменшена на 10 шт. (50 – 40), що дасть змогу раціональніше використовувати земельну площу для проведення досліді без зниження його точності. Ця різновидність методу латинського прямокутника розроблена на кафедрі методики дослідної справи МСГА ім. К.А. Тимірязєва. Число ділянок для схеми  $4 \times 4 \times 2,5$  отримують на основі квадрата  $4 \times 4$ . Кожен стовбець ділять на 2,5 таким чином, щоб половинки були на стиках сусідніх стовпців і давали цілу ділянку. Таким чином, кожний стовбець буде мати одну ламану лінію (рис. 17).

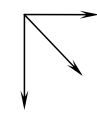
	I		II		III		IV			
I	6	3	10	7	1	9	4	8	5	2
II	7	2	8	5	3	6	1	10	9	4
III	4	8	9	2	10	5	7	3	1	6
IV	1	9	5	6	4	8	2	7	10	3

Рис. 17. Схематичний план досліді поставленого методом латинського прямокутника за схемою:  $4 \times 4 \times 2,5$  (десять варіантів, чотири повторення)

**Метод троянського квадрата** (МТК) застосовують у разі необхідності контролювати градієнт у трьох напрямках. Якщо принципи латинського квадрата за контролем інших побічних чинників поширити в трьох напрямках (стратах), то отримаємо *латинський куб* ( $n^3$ ), а при контролі більше трьох страт – *латинський гіперкуб* ( $n^k$ ). При цьому стовбці, ряди та інші елементи контролю будуть включати

лише один набір варіантів досліді за всіма стратами за повторності досліді, рівній числу варіантів (рядів або стовпців).

Практичне значення може мати модифікація латинського квадрата – троянський квадрат, який контролює три напрями градієнта. Троянський квадрат отримують шляхом накладання одного латинського квадрата на другий. Досліджувані варіанти (градації) першого позначають латинськими буквами (A, B, C і т. ін.), другого – грецькими ( $\alpha, \beta, \gamma$  і т. ін.). Оскільки число градацій чинників однакове і дорівнює повторності досліді, то короткий запис такого плану –  $n^2$  є аналогічним короткому запису схеми латинського квадрата. За цією схемою можна досліджувати від 4-х до 12-ти варіантів, за винятком набору з 6-ти і 10-ти. Найменша допустима кількість варіантів – 4. Верхньою границею є прийнятна повторність ( $n = 8$ ). Для прикладу представимо план досліді, поставленого методом троянського квадрата за схемою  $8^2$  (8 варіантів  $\times$  8 повторень) (рис. 18).



	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I	C $\alpha$	B $\beta$	D $\eta$	A $\delta$	H $\epsilon$	E $\theta$	G $\zeta$	F $\gamma$
II	D $\zeta$	A $\delta$	C $\epsilon$	B $\beta$	F $\gamma$	G $\alpha$	H $\eta$	E $\theta$
III	A $\delta$	D $\eta$	B $\theta$	C $\alpha$	E $\beta$	H $\gamma$	F $\epsilon$	G $\zeta$
IV	B $\epsilon$	C $\alpha$	A $\gamma$	D $\eta$	G $\theta$	F $\zeta$	E $\delta$	H $\beta$
V	G $\gamma$	H $\epsilon$	E $\delta$	F $\theta$	B $\zeta$	C $\beta$	D $\alpha$	A $\eta$
VI	H $\theta$	F $\zeta$	G $\alpha$	E $\gamma$	D $\eta$	A $\epsilon$	B $\beta$	C $\delta$
VII	F $\beta$	E $\gamma$	H $\zeta$	G $\epsilon$	A $\delta$	B $\eta$	C $\theta$	D $\alpha$
VIII	E $\eta$	G $\theta$	F $\beta$	H $\zeta$	C $\alpha$	D $\delta$	A $\gamma$	B $\epsilon$

Рис. 18. Схематичний план двофакторного польового досліді, поставленого методом троянського квадрата.

Кожний чинник має вісім варіантів (варіанти першого чинника позначені латинськими літерами, другого – грецькими:  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta$  і  $\theta$ ). Рядки та стовбці позначені римськими цифрами: I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII

Стрілками показані напрями контрольованої варіації за рядами, стовпцями та діагоналями, римськими цифрами – ряди та стовпці, які включають повний набір варіантів обох чинників. Варіанти комбінації двох чинників рендомізовані за рядами, стовпцями та

діагоналями. Кожний варіант представлений у кожному ряду та стовпцю лише раз, що не дозволяє виявити ефект окремих комбінацій градацій досліджуваних чинників і їх взаємодії. Мале число ступенів волі для помилки посилює недоліки цього плану розміщення варіантів.

**Метод розщеплених ділянок (МРД).** Значна кількість дослідів передбачає визначення ефективності двох і більше чинників. Завдяки ускладненню дослідів, через введення додаткових чинників значно зростає кількість варіантів у ньому, що призводить до збільшення його площі і, як наслідок, до зниження ефективності контролю гетерогенності ґрунтів. Так, у двофакторному польовому досліді з вивчення впливу п'яти градацій одного чинника та чотирьох градацій другого, загальна кількість ділянок одного повторення становитиме 20 шт., а при введенні у цей дослід двох варіантів (градацій) третього чинника, зростає до 40. При цьому ефективність порівнянь окремих комбінацій варіантів буде значно зменшуватися. У той же час далеко не всі можливі взаємодії досліджуваних варіантів чинників представляють науково-практичний інтерес. Тож для збільшення достовірності оцінки одних чинників жертвують точністю інших або частиною їх взаємодій шляхом розщеплення повторень на ділянки першого, другого та інших порядків.

Для прикладу візьмемо двофакторний польовий дослід, у якому планується вивчити дію трьох варіантів доз добрив (чинник *A*) і трьох варіантів норм висіву (чинник *B*). Кількість варіантів в одному повторенні становитиме 9 ( $3 \times 3$ ):  $A_1B_1, A_1B_2, A_1B_3, A_2B_1, A_2B_2, A_2B_3, A_3B_1, A_3B_2$  і  $A_3B_3$  (усі можливі комбінації за повною факторіальною схемою). Для їх розміщення на ділянках, поряд із бездоганними у відношенні статистики факторними планами повної рандомізації та організованих повторень, можна застосовувати метод розщеплених ділянок. Для цього кожне повторення дослідів ділимо на три ділянки першого порядку (три дози добрив), які в свою чергу розділяємо на три ділянки другого порядку (три норми висіву) (рис. 19).

Оскільки цей спосіб відносять до рандомізованого, то варіанти на ділянках першого та наступних порядків розміщують випадково. Особливість їх розміщення полягає в тому, що варіанти ділянок першого порядку рандомізують самостійно по кожному повторенню, а варіанти другого та наступних порядків рандомізують кожен раз наново на кожній ділянці вищого порядку в усіх повтореннях.

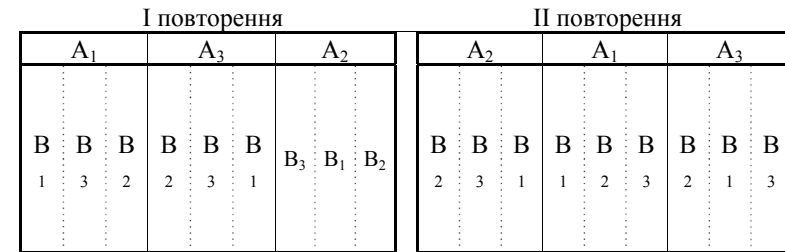


Рис. 19. Схематичний план двофакторного польового дослідів, поставленого методом розщеплених ділянок (два повторення)

На рис. 20 представлена одна повторність можливих варіантів постановки дослідів рандомізованими методами.

Розщеплення ділянок для зручності проведення сівби, догляду за посівами та збирання може проводитись у різних напрямках. Так, ділянки третього порядку можуть розщепляти ділянки другого порядку вздовж (рис. 20, I) або впоперек їх напрямку (рис. 20, II). На представленому рисунку, для наглядності, ділянки першого, другого і третього порядків виділені різним забарвленням.

**Метод перехресних ділянок (МПД) або розщеплених блоків (МРБ).** Ця модифікація методу розщеплених ділянок передбачає накладання ділянок другого порядку смугами впоперек цілого повторення ділянок вищого порядку. Це дозволяє полегшити проведення технологічних операцій на ділянках другого порядку (чинник *B*), але знижує точність порівняння головних ефектів варіантів, розміщених на ділянках другого порядку. Ця модель забезпечує високу точність порівняння взаємодії досліджуваних чинників, особливо часткових порівнянь чинника *B* для заданого рівня чинника *A*.

Ця схема ефективна для проведення попередніх досліджень з метою встановлення первісного ефекту варіантів. На рис. 21 представлена модель розміщення варіантів двофакторного польового дослідів, поставленого методом розщеплених блоків (перехресних ділянок).

Цей метод дозволяє оцінити досліджувані варіанти. За різних підходів кожен з двох чинників можна представити на ділянках першого порядку. Так, на представленій схемі можна вважати ділянками першого порядку варіанти чинника *A*, якщо їх виділяти впоперек чинника *B* (рис. 21, перший ярус), так само ділянками першого порядку можна обрати варіанти чинника *B*, якщо їх об'єднати впоперек

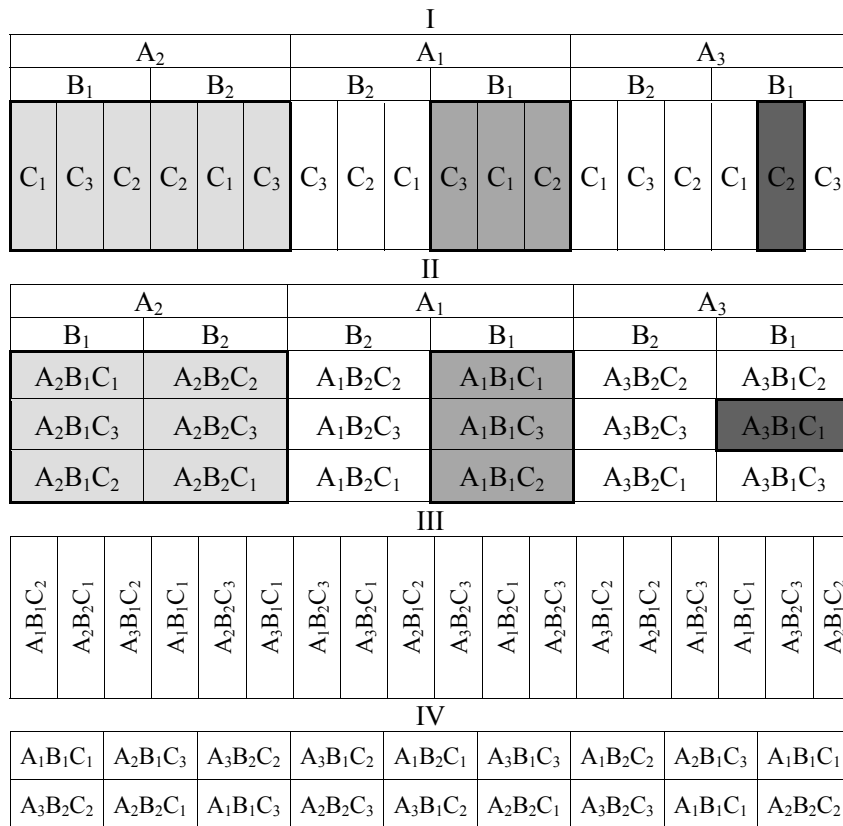


Рис. 20. Схематичний план одного повторення трифакторного польового дослідження (чинник *A* – три варіанти; чинник *B* – два; чинник *C* – три) поставленого різними методами: I – метод розщеплених ділянок (напряв закладки ділянок один); II – метод розщеплених ділянок (напряв закладки ділянок різний – елементарні посівні ділянки другого порядку розташовуються впоперек до напряму ділянок головного та першого порядку); III – метод організованих повторень (ділянки одного повторення розташовані в один ярус); IV – метод рендомізованих повторень (ярусне розташування ділянок у повторенні)

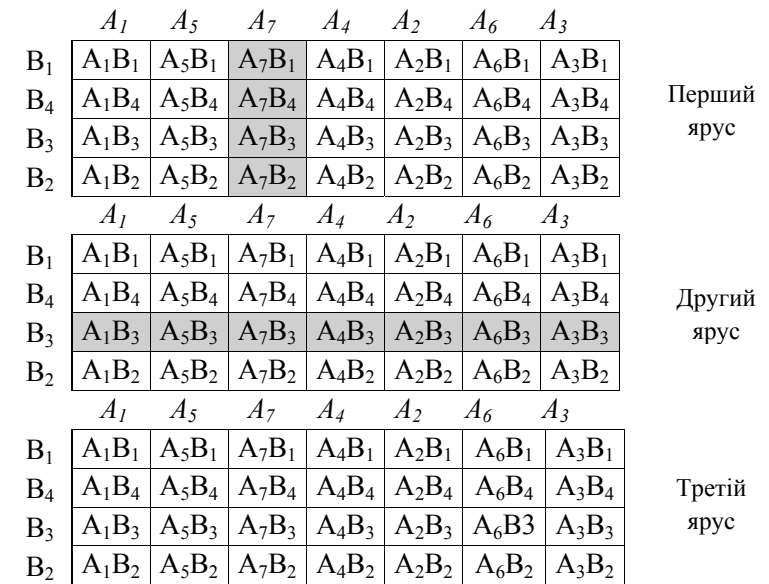


Рис. 21. Схема двофакторного польового дослідження, поставленого методом розщепленого блоку (перехресних ділянок) у триразовому повторенні

ділянок чинника *A* (рис. 21, другий ярус). Для варіантів обох чинників проводять незалежну рендомізацію в кожному повторенні. Оскільки метод розщеплених блоків розрахований тільки на двофакторні дослідження, то у випадку вивчення більшої кількості чинників його поєднують з іншими методами.

**Комбінаційні методи** передбачають сумісне застосування кількох рендомізованих методів при закладанні багатфакторних дослідів. Серед них можна виділити такі:

- а) розщеплених ділянок і організованих повторень (МРД + МОП);
- б) перехресних ділянок і повної рендомізації (МПД + МПР);
- в) перехресних і розщеплених ділянок (МПД + МРД).

*Приклад 1.* Ділянки першого порядку (чинник *A*) кожного повторення розщеплюються на ділянки другого порядку, на яких рендомізовано розміщують варіанти чинників *B* і *C* (рис. 22). У цьому прикладі одночасно застосували метод розщеплених ділянок і організованих повторень: МРД + МОП ( $A + B \times C = 2 \times 3 \times 4$ ).

I повторність				II повторність			
A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>		A <sub>2</sub>		A <sub>1</sub>	
B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>4</sub>	B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>4</sub>
B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>4</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	B <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>
B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>4</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>4</sub>
B <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>4</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	B <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>
B <sub>1</sub> C <sub>4</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>4</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>
B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	B <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>

Рис. 22. Схематичний план двофакторного польового дослідження, поставленого комбінацією методів розщеплених ділянок і організованих повторень: МРД + МОП ( $A + B \times C = 2 \times 3 \times 4$ ).

*Приклад 2.* Ділянки чинника *A* перпендикулярні ділянкам чинників *B* і *C*, поєднання градацій яких повністю рендомізовані (рис. 23). У цьому прикладі застосовували комбінацію методів перехресних ділянок і повної рендомізації, МПД + МПР ( $A + B \times C = 2 \times 2 \times 3$ ).

	B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>
A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>
A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>

Рис. 23. Одна повторність схеми трифакторного польового дослідження поставленого комбінацією методів – перехресних ділянок і повної рендомізації ( $A + B \times C = 2 \times 2 \times 3$ ).

*Приклад 3* (одне повторення). Ділянки першого порядку (чинник *A*) кожного повторення розщеплюються на ділянки другого порядку (чинник *B*), які в свою чергу розщеплюються на ділянки третього повторення. На ділянках третього порядку смугами, уперек ділянок першого та другого порядку розміщуються варіанти чинника *C*, тобто тут має місце комбінація методів розщеплених ділянок і розщепленого блоку (МПР + МРБ) (рис. 24, II). Для прикладу у верхній частині рисунку представлено схематичний план одного повторення дослідження, поставленого методом розщеплених ділянок.

I								
A <sub>2</sub>			A <sub>1</sub>			A <sub>3</sub>		
B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>4</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>5</sub>

II									
	A <sub>2</sub>			A <sub>1</sub>			A <sub>3</sub>		
	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>
C <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>
C <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>4</sub>
C <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>5</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>5</sub>
C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>
C <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>

Рис. 24. Одна повторність схеми трифакторного польового дослідження, поставленого методом розщеплених ділянок ( $A \times B \times C$ ) (I) та комбінацією методів – розщеплених ділянок і розщепленого блоку ( $A \times B + C$ ) (II).

**Плани решіток** мають дві особливості: блоки всередині повторень і контроль перпендикулярно діючих побічних чинників. Кожне повторення містить однаковий набір варіантів за рядами й стовбцями. Неповні набори варіантів чергуються послідовно за рядами, стовбцями і діагоналлю. Блоки в додаток до повторень «зв'язують» варіацію ґрунтової родючості та підвищують точність порівняння варіантів.

Залежно від співвідношення числа варіантів усередині повторення ( $v$ ) і блока ( $k$ ) розрізняють квадратну –  $v = k^2$ , кубічну –  $v = k^3$  і прямокутну –  $v = k(k + 1)$  решітки. Серед останніх найбільше практичне значення мають 2- і 3-кратні за кількістю повторень, які позначають латинськими літерами  $X, Y$  ( $n = 2$ ) і  $X, Y, Z$  ( $n = 3$ ). Для збалансованих решіток  $n = k + 1$ , а для незбалансованих  $n < k + 1$ . Для всіх реші-

ток справедливе рівняння:  $nv = bk$ , де  $b$  – кількість блоків у досліді. П'ятим параметром решітки є показник  $\lambda$ , який показує, скільки раз кожна пара варіантів трапляється всередині повторення. Її розраховують за формулою:  $\lambda = n(k-1)/v-1$ . Так, для решітки з параметрами:  $v = 4$ ,  $n = 3$  і  $k = 3$ ,  $\lambda = 3 \times 2 / 3 = 2$ . Число блоків визначають за рівнянням:  $b = n \times v / k = 4$ . Подібну схему досліді будують шляхом послідовного виключення одного варіанта в кожному блоці: блок (1):  $A-B-C$ , блок (2):  $A-B-D$ , блок (3):  $A-C-D$ , блок (4):  $B-C-D$ .

Показник  $\lambda$  визначають за допомогою таблиці, де вказують число можливих порівнянь (пар варіантів) у кожному блоці одного повторення:

Блок	Порівняння (пари варіантів)					
	AB	AC	AD	BC	BD	CD
(1)	×	×		×		
(2)	×		×		×	
(3)		×	×			×
(4)				×	×	×

Кожна пара варіантів трапляється двічі, звідки  $\lambda = 2$ . Якщо у кожному блоці розмістити лише пару варіантів із чотирьох, тоді  $b = 6$ , а  $\lambda = 1$ : блок (1):  $A-B$ , блок (2):  $A-C$ , блок (3):  $A-D$ , блок (4):  $B-C$ , блок (5):  $B-D$ , блок (6):  $C-D$ .

При розміщенні варіантів поряд із рендомізацією застосовують послідовні набори цифр, які займають, наприклад, рядки в одному повторенні, стовпці в другому та діагоналі в третьому.

*Приклад 4.* Збалансована квадратна решітка  $3 \times 3$  з дев'ятьма варіантами у чотирикратній повторності ( $v = 9$ ,  $n = 4$ ,  $b = 12$ ,  $k = 3$ ,  $\lambda = 1$ ):

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

*Приклад 5.* Незбалансована прямокутна трикратна решітка  $5 \times 6$  ( $v = 30$ ,  $n = 3$ ,  $b = 18$ ,  $k = 5$ ):

Блок	Повторення X	Блок	Повторення Y	Блок	Повторення Z
(1)	1, 2, 3, 4, 5	(7)	6, 11, 16, 21, 26	(13)	7, 13, 19, 25, 27
(2)	6, 7, 8, 9, 10	(8)	1, 12, 17, 22, 27	(14)	5, 14, 16, 23, 29
(3)	11, 12, 13, 14, 15	(9)	2, 7, 18, 23, 28	(15)	1, 8, 20, 21, 30
(4)	16, 17, 18, 19, 20	(10)	3, 8, 13, 24, 29	(16)	2, 9, 15, 22, 26
(5)	21, 22, 23, 24, 25	(11)	4, 9, 14, 19, 30	(17)	3, 10, 11, 17, 28
(6)	26, 27, 28, 29, 30	(12)	5, 10, 15, 20, 25	(18)	4, 6, 12, 18, 24

*Приклад 6.* Два плани збалансованої решітки з блоками в одному напрямку та повтореннями в іншому (квадрат Юдена):

$$A: v = 13, n = 4, b = 13, k = 4, \lambda = 1;$$

$$B: v = 7, n = 4, b = 7, k = 4, \lambda = 2;$$

A

Повторення	Блоки												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
II	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
III	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2
IV	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8

B

Повторення	Блоки						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
I	3	4	5	6	7	1	2
II	5	6	7	1	2	3	4
III	6	7	1	2	3	4	5
IV	7	1	2	3	4	5	6

У досліді, поставлених методом незбалансованих решіток, не всі варіанти можна оцінити з однаковою точністю. Для найбільш важливих порівнянь можна підібрати відповідне розміщення. Наприклад, у досліді із сортовивчення (36 варіантів) порівнюють 21 сорт ( $v_1: 1...21$ ) і 15 перспективних ліній ( $v_2: 22...36$ ). Оскільки відносно сортів є попередня інформація, потребується більш точна оцінка ліній відносно стандарту (перший варіант). Цю проблему вирішують за допомогою плану тримісної решітки, коли 15 ліній розміщують



у першому рядку та стовпчику, а також по головній діагоналі повторення зі стандартом на чолі:

1	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	<u>25</u>	<u>26</u>
<u>27</u>	<u>32</u>	2	3	4	5
<u>28</u>	6	<u>33</u>	7	8	9
<u>29</u>	10	11	<u>34</u>	12	13
<u>30</u>	14	15	16	<u>35</u>	17
<u>31</u>	18	19	20	21	<u>36</u>

Таким чином, в агрономічних дослідженнях переважають схематичні плани, які базуються на таких основних методах розміщення варіантів у досліді: організованих повторень, розщеплених ділянок, латинського квадрату (прямокутника), повної рендомізації, розщеплених блоків, а також на їх поєднанні у багатофакторних комплексах. При розміщенні варіантів за цими методами дослідник керується принципом рендомізації. Разом із тим, це не заперечує можливість систематичного (послідовного) розміщення варіантів із використанням потрібної моделі для оцінки отриманих результатів.

## 10. Основні етапи планування польового досліді

Наукові дослідження, які здійснюються методом польового досліді, включають три основних етапи: 1) планування; 2) постановка й проведення польових досліді, спостережень і обліків; 3) обробка та узагальнення отриманих результатів.

Планування польових досліді – один з найвідповідальніших етапів дослідницької роботи. Важливою умовою правильного проведення досліді є точне формулювання задачі досліді. Численні невдачі в дослідній справі спричиняються не стільки помилками, допущеними під час постановки експерименту, скільки в невмінні точно сформулювати задачі досліді та побудувати правильну його схему.

Підготовчий етап планування включає: 1) вибір тематики, визначення задачі та об'єкта досліді; 2) визначення стану вивченості

питання; 3) висування робочої гіпотези або ряду конкуруючих гіпотез; 4) розробку схеми та методичної бази експерименту.

Як правило, тему досліді неможливо вирішити в рамках одного досліді. У конкретному досліді необхідно уточнити, на яке саме питання потрібно отримати відповідь. Успіх польового досліді базується на ретельному виборі варіантів, оцінка ефективності яких дає відповідь на поставлені задачі досліді.

*Мета досліді* повинна бути сформульована одним реченням, незалежно від обсягу й складності досліді.

*Завдання досліді* мають відображати супутні спостереження, які забезпечують досягнення мети досліді.

Наступний етап планування полягає у вивченні літератури за обраною тематикою і висуванні робочої гіпотези (ряду конкуруючих гіпотез). На основі робочої гіпотези складаються схеми досліді і програма досліді. У програмі вказують схеми досліді, основні елементи методики та механізми постановки експерименту, встановлюють перелік супутніх спостережень і обліків.

Планування експериментів має відповідати трьом основним принципам:

- 1) планування експерименту повинно бути *цілеспрямованим*, тобто мати чітко сформульоване агрономічне завдання. Математична модель експерименту повинна чітко йому відповідати;
- 2) планування повинно бути *ефективним*, тобто забезпечувати максимальну інформативність та надійність висновків з отриманого матеріалу, володіти ймовірністю (відомою) мірою надійності;
- 3) досліді має бути *економним*. Це означає, що воно повинно бути правильно організовано і проведено з мінімальними затратами праці та засобів виробництва.

Найбільш відповідальним етапом планування експерименту є розробка схеми та методики досліді, вибір комплексу спостережень, аналізів і обліків для оцінки та пояснення механізму дії досліді чинників. Надійність результатів досліді та відповідність їх поставленій задачі залежать від правильної розробки схеми польового досліді. Під час планування польового експерименту важливо правильно вибрати методи статистичної обробки отриманих результатів (урожайності, якості продукції тощо). Уперше математичне планування польових досліді було запропоновано ще в кінці

20-х рр. минулого століття розробником дисперсійного аналізу англійським математиком Рональдом Фішером. На сьогодні планування польового дослідження базується на використанні широкого спектра методів математичної статистики та комп'ютерних програм.

### 10.1. Планування схем однофакторних дослідів

До однофакторних належать дослідження, в яких вивчається вплив одного чинника на постійному агрофоні за строгого дотримання принципу єдиної логічної різниці. При плануванні схем однофакторних дослідів, які кожен рік ставляться на новій земельній площі, слід урахувати характер різниць досліджуваних варіантів, які можуть бути якісними або кількісними.

Якісні – це рослини, сорт, попередник, заходи вирощування – спосіб сівби, обробітку ґрунту, поливу, підготовки насіння (дражировання, калібрування тощо), машини та знаряддя, які застосовуються для догляду за посівами та збиранням урожаю. Кількісні – це рівні якісних варіантів: дози добрив, норми висіву насіння, глибина загорання насіння і т. п. Варіантами кількісного дослідження служать рівні досліджуваного чинника, які виражаються числами.

Під час розробки схем однофакторних дослідів з якісним характером різниці варіантів необхідно дотримуватися принципу єдиної логічної різниці, правильно підбирати контрольний варіант і визначати супутні (не досліджувані в експерименті) оптимальні агротехнічні рівні експерименту (агрофон).

Варіант, із яким порівнюють усі інші, називають контролем або стандартом. За контроль, як правило, приймають ті норми та дози досліджуваного чинника, які до цього застосовували в даному господарстві (районі, типах ґрунтів і т. ін.) раніше і які вважались кращими, загальноприйнятими для цього району. Абсолютним, але не основним може бути контроль, наприклад, у дослідях із добривами – варіант без добрив, у дослідях із пестицидами – варіант без обробки. Необхідність введення додаткового контролю визначається індивідуально для кожного дослідження. Якісні варіанти повинні мати істотні відмінності зі стандартом і контрастно відрізнятися один від одного, а кількісні – мати істотний вплив на очікуваний варіант дослідження.

Для схем однофакторних дослідів з кількісними градаціями чинників, крім перерахованих вище вимог, необхідно правильно визначити одиницю варіювання для норм (доз) досліджуваного чинника та число градацій (варіантів).

Дуже важливо скласти схему таким чином, щоб на основі експериментальних точок – ефектів варіантів, можна було побудувати криву відгуку, яка буде характеризувати залежність результативної ознаки від зміни градацій досліджуваного чинника. Наприклад, якщо при вивченні п'яти норм висіву пшениці ярої ( $x$ ) – 5,0; 5,5; 6,0; 6,5 і 7,0 млн нас./га вони вибрані правильно, то врожайність ( $y$ ) має вигляд кривої – крива відгуку (рис. 25).

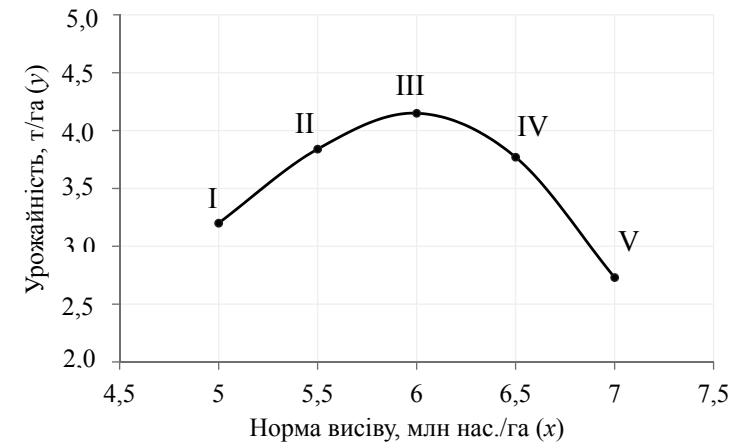


Рис. 25. Крива відгуку однофакторного дослідження з п'ятьма градаціями досліджуваного чинника

Окремі відрізки кривої відгуку мають певні назви та значення: I–II – лімітуюча область; II–IV – стаціонарна; IV–V – деструктивна. У лімітуючій області спостерігається прогресуючий ефект досліджуваного агрозаходу (норми висіву), у стаціонарній зоні він стає найвищим, а в деструктивній знижується. Досліджувані варіанти називають *градаціями чинника*. Різницю між наступною та попередньою градацією досліджуваного чинника називають *кроком експерименту (градації)*.

Градації чинників підбирають таким чином, щоб викликане ними варіювання врожайності перевищувало найменшу істотну різницю.

Важливо враховувати принципову різницю між однофакторними дослідями з якісними (дискретними) і кількісними (неперервними) показниками при плануванні повторності дослідів. У першому випадку потрібно як можна точніше визначити прибавку досліджуваного показника порівняно з контролем, тобто ефект варіанта, тож для цього, як правило, потрібна чотирьох-шестиразова повторність. У другому випадку важливо визначити форму кривої відгуку, для цього потрібно мати достатню кількість градацій (доз) чинника в широкому діапазоні, не збільшуючи повторність вище три-чотирикратної.

### 10.2. Планування схем багатфакторних дослідів

У формуванні остаточних рекомендацій виробництву щодо набору технологічних операцій для будь-якої культури важливе значення мають багатфакторні дослідів, оскільки саме вони дають комплексу оцінку технологічних елементів. На практиці досить часто рекомендований на підставі однофакторного дослідів варіант певного агрозаходу не забезпечує очікуваного результату, адже набір технологічних елементів у досліді та на виробництві різняться.

На підставі цього виділяють різні ефекти від взаємодії певних чинників: позитивний, негативний та нульовий. Позитивний ефект (*явище синергізму*) відмічається, коли сумісне застосування двох чинників забезпечує їх вищу ефективність порівняно з роздільним застосуванням. Негативний ефект (*явище антогонізму*) проявляється, коли приріст досліджуваного показника за сумісного застосування двох чинників менший від суми приросту за окремого застосування цих чинників. Нульовий ефект (*явище адитивізму*) спостерігається, коли досліджуваний показник за комплексного застосування чинників забезпечує приріст результативної ознаки, який у сумі дорівнює приросту від роздільного застосування цих чинників. Наприклад, у досліді з вивчення впливу способів сівби смугова сівба забезпечила збільшення врожайності пшениці на 0,5 т/га, а в другому досліді з оптимізації режиму живлення найвищий приріст урожайності зерна пшениці – 0,7 т/га – був у варіанті передпосівного внесення  $N_{45}P_{45}K_{15}$ . Позитивний ефект буде спостерігатися, якщо приріст урожайності за комплексного застосування цих варіантів чинників буде більшим на 1,2 т/га порівняно з контролем. Якщо приріст буде

менший ніж 1,2 т/га – це свідчить про пригнічення факторів одне одним (явище антогонізму) і якщо приріст рівноцінний сумі приросту окремого застосування цих чинників, тобто 1,2 т/га, то ефект взаємодії чинників відсутній (явище адитивізму).

Для того щоб на основі багатфакторного експерименту можна було визначити ефекти дії та взаємодії чинників під час планування його схеми, необхідно дотримуватися *принципу факторіальності*. Суть цього принципу полягає в тому, що схема дослідів повинна бути ортогональною, тобто передбачати випробування всіх можливих комбінацій варіантів чинників, які ставлять на випробування.

У дослідях, поставлених за повною факторіальною схемою, може вивчатися дія та взаємодія як кількісних, так і якісних чинників. Для кількісних чинників нульова градація (0) означає відсутність досліджуваного чинника, як, наприклад, без добрив, гербіцидів, інсектицидів тощо, або його рівень поширений у районі вирощування, наприклад, норма висіву, глибина обробітку ґрунту, глибина загортання насіння і т. ін. Для якісних чинників нульова (початкова) градація означає контрольний варіант – поширений спосіб сівби, стандартний сорт, стандартні засоби захисту рослин і т. ін.

Кількість варіантів багатфакторного польового дослідів який планується провести за повною факторіальною схемою (ПФС) визначається добутком усіх досліджуваних варіантів чинників. Наприклад, якщо планується провести двофакторний польовий дослід з двома градаціями одного чинника і трьома градаціями другого, то загальна кількість варіантів в одному повторенні становитиме  $2 \times 4 = 8$ . Якщо досліджувані варіанти одного чинника позначити  $A_0$  і  $A_1$ , а другого чинника –  $B_0$ ,  $B_1$ ,  $B_2$  і  $B_3$ , то повний набір варіантів у досліді, поставленому за повною факторіальною схемою, має бути таким:  $A_0B_0$ ,  $A_0B_1$ ,  $A_0B_2$ ,  $A_0B_3$ ,  $A_1B_0$ ,  $A_1B_1$ ,  $A_1B_2$  і  $A_1B_3$ .

Якщо до цього додати третій чинник із двома градаціями  $C_1$  і  $C_2$ , то загальна кількість варіантів в одному повторенні такого трифакторного польового дослідів (за ПФС) становитиме:  $2 \times 4 \times 2 = 16$  шт., тобто мають бути поставлені на вивчення всі можливі комбінації досліджуваних градацій (варіантів) чинників. Це будуть варіанти:  $A_1B_1C_1$ ,  $A_1B_1C_2$ ,  $A_1B_2C_1$ ,  $A_1B_2C_2$ ,  $A_1B_3C_1$ ,  $A_1B_3C_2$ ,  $A_1B_4C_1$ ,  $A_1B_4C_2$ ,  $A_2B_1C_1$ ,  $A_2B_1C_2$ ,  $A_2B_2C_1$ ,  $A_2B_2C_2$ ,  $A_2B_3C_1$ ,  $A_2B_3C_2$ ,  $A_2B_4C_1$  і  $A_2B_4C_2$ .

Повна факторіальна схема дає можливість отримати з дослідів максимум інформації. Тож під час розробки схем багатфакторних

дослідів вона має бути пріоритетною. Намагання скоротити схему шляхом виключення другорядних (нецікавих) з точки зору дослідника варіантів приводить до втрати значної частини інформації, не дозволяє повноцінно визначити взаємодію чинників і перетворює дослід на однофакторний.

Схема повного факторіального дослідження, представлена у вигляді таблиці послідовного розміщення закодованих чинників, їх градацій і комбінацій, називається *матрицею планування*.

Схема повного факторіального експерименту має ряд важливих переваг порівняно з однофакторними дослідженнями:

- отримані результати показують вплив кожного чинника у різних умовах, які утворюються зміною інших чинників;
- випробування усіх комбінацій чинників дає змогу отримати більш надійну основу для розробки практичних рекомендацій;
- один багатфакторний дослід дає стільки ж інформації про кожний досліджуваний чинник, якби дослід був присвячений впливу одного чинника. Якщо ж чинники взаємодіють, то з'являється можливість отримати додаткову інформацію про характер їх взаємодії.

Істотним недоліком багатфакторних комплексів, поставлених за повною факторіальною схемою, є значна кількість варіантів, що ускладнює проведення дослідження та може знижувати його точність. Наприклад, якщо планується провести трифакторний дослід із трьома варіантами чинника *A*, п'ятьма варіантами чинника *B* і чотирма варіантами чинника *C*, то загальна кількість варіантів тільки в одному повторенні становитиме 60 ( $3 \times 5 \times 4$ ). Навіть за мінімальної – триразової повторності, кількість варіантів у досліді становитиме 180. Отже, зрозумілою є вся технічна складність виконання програми досліджень для такої кількості варіантів. Потрібно мати на увазі також і те, що зі збільшенням кількості варіантів зростає площа під дослідом. Так, у досліді зі 180-ма ділянками, за посівної площі ділянки 100 м<sup>2</sup>, з урахуванням захисних смуг, загальна площа під дослідом становитиме близько 2,0 га. Закладка дослідження з такою великою кількістю варіантів потребує значної земельної площі, що істотно ускладнює технічне проведення експерименту і збільшує його помилку.

Таким чином, під час розробки схем багатфакторних дослідів потрібно прагнути, щоб число варіантів було мінімальним, але при

цьому вони повинні давати вичерпну відповідь на поставлене дослідником запитання.

У тривалих багаторічних дослідженнях вивчають чинники, які являють собою не окремі заходи, а цілу їх систему, в якій вони по-різному чергуються в часі. Коли фактори відображають систему удобрення, обробітку ґрунту тощо, кожний окремий агрозахід тягне за собою зміну інших технологічних заходів. Так, різний обробіток ґрунту супроводжується відмінностями у способах внесення добрив, а поєднання добрив зі зрошенням, різними сортами рослин потребує проведення агротехнологічних заходів в різні періоди вегетації. Принцип єдиної логічної різниці при цьому не порушується, оскільки оцінюють не окремі технологічні елементи, а систему в цілому.

**Неповні факторіальні схеми.** Як уже зазначалося, для багатфакторних польових дослідів, поставлених за повною факторіальною схемою зі значною кількістю варіантів кожного чинника, потрібна значна земельна площа, що призводить до зниження точності й достовірності дослідження. У зв'язку з цим пропонується трансформувати повні факторіальні схеми в неповні, користуючись такими методами: 1) умовного фактора; 2) уписаних кубів; 3) конструювання схем із фрагментів куба  $3 \times 3 \times 3$ . На практиці більш поширений метод умовного фактора. Покажемо на прикладі, як користуватися цим методом для переведення повної факторіальної схеми в неповну.

Потрібно перевести трифакторний польовий дослід, запланований за повною факторіальною схемою:  $4 \times 4 \times 4$  (по 4 варіанти чинників *A*, *B* і *C*, разом – 64 можливі комбінації варіантів) у неповну факторіальну схему, зручну для проведення аналізів. Із 64-х варіантів повної факторіальної схеми виберемо 8. Для цього, наприклад, із чотирьох варіантів кожного досліджуваного чинника – 0, 1, 2, 3 візьмемо перший варіант – 0 і середній – 2 і напишемо їх матрицю. Таким чином, схема  $4 \times 4 \times 4$  спростилася на  $2 \times 2 \times 2$ . Щоб мати рівномірні вибірки з 64-х варіантів, введено поняття «умовний фактор» теж у двох градаціях – початковій і середній, які для трьох досліджуваних факторів позначаються кодами 000 і 111. Їх називають фонами. На фоні 000 коди утворюють із градацій *ABC*, що дає варіанти з номерами від 1 до 8. На фоні 111 коди утворюють додаванням числа 111 до кодів нульового фону та отримують варіанти з нумерацією від 9 до 16 (табл. 8).

Таблиця 8

**Матриця неповної факторіальної схеми  $\frac{1}{4}$  з 16 варіантів**  
(за В. О. Єщенком)

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

У підсумку отримали вибірку, яка включає 16 варіантів із 64-х. Вона неповна, але рівномірно охоплює всю область градацій повної факторіальної схеми. Перше число кожного коду означає градації чинника *A*, друге – чинника *B*, третє – чинника *C*.

### **10.3. Планування строків спостережень, відбирання зразків та обсягу вибірки**

Схема дослідження має обов'язково супроводжуватися програмою досліджень, яка включає перелік заходів і всіх супутніх досліджень із зазначенням строків, методів і обсягу їх проведення. Вони дають змогу встановити взаємозв'язок між рослинами, елементами технології вирощування, абіотичними, едафічними, трофічними чинниками та дати точні відомості стосовно реакції рослин на зміну умов експерименту. Для отримання достовірних даних під час розробки програми польових і лабораторних досліджень потрібно:

- 1) визначити, які саме спостереження, обліки і аналізи включити в програму досліджень;
- 2) вибрати строки проведення спостережень і обліків;
- 3) розрахувати оптимальний обсяг вибірки;
- 4) аргументувати представництво вибірки.

Польові дослідження супроводжуються одноразовими і періодичними кількісними та якісними спостереженнями за рослина-

ми, динамікою їх росту й розвитку та умовами навколишнього середовища.

Строки та періодичність проведення спостережень і обліків залежать від поставленої мети досліджень. Наприклад, під час вивчення забур'яненості ґрунту насінням бур'янів обліки слід проводити весною (до сівби) і восени (після збирання врожаю). Досліджуючи динаміку будь-якого процесу, наприклад, формування площі листової поверхні, росту рослин тощо, потрібно визначити строки для відбору зразків. Це можуть бути календарні строки, зокрема, відбір зразків кожні 10 днів, або строки, прив'язані до фаз розвитку рослин. Найбільш відповідальні спостереження можуть проводитися з інтервалом один-два дні, як, наприклад, спостереження за проходженням етапів органогенезу зерновими хлібами або щоденне визначення приросту вмісту цукру в коренеплодах буряків цукрових.

Спостереження та обліки під час вегетації рослин класифікують за рядом ознак. Одні обліки характеризують загальні умови проведення дослідження. Їх проводять на всій площі дослідження. Це можуть бути спостереження за метеоумовами, дослідження фізичних властивостей ґрунту, його родючості, забур'яненості тощо. Інші обліки фіксують умови, які спостерігаються лише на окремих варіантах. Усі спостереження та обліки ділять на кількісні, які проводять прямими підрахунками, та якісні, які зазвичай вимірюються за бальною шкалою. Перевага кількісних обліків полягає в тому, що їх результати можна математично опрацювати й визначити достовірність середніх показників.

*Обсяг вибірки для кількісної мінливості* – має бути оптимальним для певного спостереження (обліку). Суцільний облік на ділянках дуже трудомісткий, а часто і неможливий, оскільки може бути пов'язаний із знищенням рослин, як приміром, визначення динаміки формування вегетативної біомаси рослин, яке потребує їх видалення, тобто вимушене знищення. Саме тому в більшості випадків застосовується вибірково облік – метод проб. Результати вибіркового обліку розглядають як результати, які можна отримати за суцільного обліку з урахуванням помилки вибірки.

Для того щоб правильно визначити число проб для вибірки, яке буде достатнім для характеристики ділянки дослідження, потрібно знати ступінь мінливості основних об'єктів спостережень. На основі численних досліджень для кількісної мінливості пропонуються середні

(базові) обсяги вибірки, Зокрема, з ділянки площею 100–200 м<sup>2</sup> рекомендується відбирати 8–12 проб. Якщо площа ділянки менше 100 м<sup>2</sup>, кількість проб доцільно зменшити до 6–8-ми, а якщо більша 200 м<sup>2</sup> – збільшити до 15–20-ти.

Для забезпечення показовості вибірки, потрібно правильно підібрати метод відбору проб. Це може бути системний метод, за якого проби відбираються через рівні проміжки, наприклад по діагоналі, або випадковий (рендомізований) метод. Відповідно до сучасної теорії вибіркового методу рендомізований відбір забезпечує найбільш точний результат.

Існують різні методи оптимізації обсягу вибірки, які будуть забезпечувати статистично достовірні результати для заданого рівня ймовірності. На нашу думку, найбільш зручно обсяг вибірки визначати за рівнянням:

$$n = t^2 (V / Sx_{cp})^2,$$

де  $n$  – обсяг вибірки;  $t$  – стандартне відхилення критерію Стьюдента;  $V$  – коефіцієнт варіації, %;  $Sx_{cp}$  – допустима відносна помилка, %.

Наближене значення  $t$ -критерію на 5 %-му рівні значущості можна знайти за формулою:

$$t = 2 + n / v,$$

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

Для великих вибірок ( $n > 30$ ) показник  $t$  є постійним: для  $t_{05} = 2$ , для  $t_{01} = 2,6$ . Допустиму відносну помилку обирає дослідник залежно від запланованої точності. Для переважної більшості польових досліджень достатньою є точність на рівні 7 %.

Коефіцієнт варіації ( $V$ ) розраховують за рівнянням:

$$V = 100 \cdot s / x_c,$$

де  $s$  – стандартне відхилення варіаційного ряду,  $x_c$  – його середнє арифметичне.

Наближене значення стандартного відхилення та середнього арифметичного розраховують за рівняннями:

$$s = (x_{max} - x_{min}) / 6; x_c = (x_{max} + x_{min}) / 2,$$

де  $x_{max}$  і  $x_{min}$  – максимальні та мінімальні значення результативної ознаки певного варіаційного ряду, 6 – сталие число.

*Приклад 1.* Для визначення оптимального обсягу вибірки ( $n$ ), на основі якої планується знайти середню висоту рослин тритикале ярого у фазу колосіння, виміряли висоту найбільшої та найменшої рослини – відповідно 120 і 60 см. Таким чином, середня висота рослин ( $x_c$ ) становитиме 90 см  $((120 + 60) / 2 = 90)$ . Для більшої точності необхідно виміряти середню висоту 10-ти рослин. Далі знаходимо стандартне відхилення та визначаємо коефіцієнт варіації:

$$s = (x_{max} - x_{min}) / 6 = (120 - 60) / 6 = 10 \text{ см};$$

$$V = 100 \cdot s / x_c = 100 \times 10 / 90 = 11,1 \text{ \%}.$$

Для рівня помилки 5 %, за  $t_{05} = 2$  обсяг вибірки становитиме:  $n = t^2 \cdot (V / s_{xc})^2 = 2^2 \cdot (11,1 / 5)^2 = 49$  рослин.

Так само розраховують об'єм вибірки для інших показників кількісної мінливості. Точніше значення стандартного відхилення, середньої арифметичної та коефіцієнта варіації визначають у процесі статистичної обробки варіаційних рядів кількісної мінливості. Цей матеріал буде розглядатися в другій книзі.

Для того щоб не розраховувати коефіцієнт варіації, його можна взяти з наукової літератури або з інших дослідів, проведених в аналогічних умовах. Справа в тому, що варіювання є типовим у межах ботанічного виду, сорту і це дає змогу користуватись вже відомими коефіцієнтами варіації для оптимізації об'єму вибірки.

Обсяг вибірки для *якісної (альтернативної) мінливості* також розраховують за допомогою формул. Зручніше обсяг вибірки розраховувати за рівнянням:

$$N = (t^2 \cdot p \cdot q) / S_p^2,$$

де  $N$  – обсяг вибірки (рослин, листків, стебел і т. ін.), який необхідно відібрати для отримання об'єктивного результату;  $p$  – частка наявності ознаки;  $q$  – частка відсутності ознаки;  $S_p$  – похибка частки, значення якої вибирає дослідник.

*Приклад 2.* Потрібно знайти оптимальний обсяг для визначення пошкоженості зерен у колосі пшениці м'якої клопом-черепашкою, тобто потрібно визначити частку колосся з пошкодженим зерном. Для цього вибірково аналізуємо 100 суцвіть на предмет ушкодження. Наприклад, якщо серед 100 суцвіть 20 мають пошкожене зерно, то  $p$  (частка наявності ознаки) становитиме:  $p = n / N = 20 / 100 = 0,2$ . Звідси  $q$  (частка відсутності ознаки)  $= 1 - p = 0,8$ . Значення помилки

частки –  $S_p$  для польових досліджень, як правило, беруть на рівні 0,05–0,10. Таким чином, оптимальний обсяг вибірки  $t_{05}$  (ймовірність 95 %) і  $t_{01}$  (ймовірність 99 %) буде становити:

$$\text{для } t_{05}: N = (t^2 \cdot p \cdot q) / S_p^2 = (2^2 \cdot 0,2 \cdot 0,8) / 0,10^2 = 64 \text{ зразки};$$

$$\text{для } t_{01}: N = (t^2 \cdot p \cdot q) / S_p^2 = (2,6^2 \cdot 0,2 \cdot 0,8) / 0,10^2 = 108 \text{ зразків.}$$

## 11. Техніка постановки та проведення польових дослідів

### 11.1. Підготовка площі для польового дослідів

Підготовка земельної площі для постановки експерименту включає дві важливі задачі: вирівнювання просторової варіабельності ґрунту за допомогою одного або кількох суцільних посівів і вивчення розподілу по площі строкатості родючості ґрунту шляхом проведення розвідувальних (рекогносцирувальних) посівів.

Під *зрівнювальним* розуміють посів, мета якого полягає у вирівнюванні умов ґрунтової родючості на площі майбутнього дослідів. За необхідності та кращого результату такий посів можна проводити кілька років поспіль. Усі агрозаходи зрівнювального посіву мають бути аналогічними та проводитись одночасно по всій площі. Принципової вимоги щодо культури, яку слід обирати для такого посіву, немає. Для проведення зрівнювальних посівів можна застосовувати весь спектр зернових, зернобобових або просапних культур.

Вирощування однієї культури за однією технологією по всій площі забезпечує нівелювання строкатості ґрунтової родючості. Крім нівелювання строкатості, зрівнювальні посіви здатні вирішувати ще одну важливу задачу: доведення родючості та окультуреності площі дослідів до потрібного рівня.

Системний і ретельний огляд зрівнювальних посівів дає можливість провести візуальну оцінку строкатості родючості ґрунту за ступенем розвитку рослин у посівах, виділити для проведення дослідів найбільш вирівняні земельні ділянки та виключити ті, що різняться найбільшою строкатістю. У деяких випадках, коли цього вимагають

умови проведення дослідів, останній зрівнювальний посів можна поєднати з розвідувальним.

*Рекогносцирувальний (розвідувальний) посів* – суцільна сівба на земельній площі, яка передуює закладанню польового дослідів. Він проводиться з метою встановлення міри однорідності ґрунтової родючості на площі дослідів шляхом обліку врожаю на однакових за площею маленьких ділянках. Для проведення розвідувального посіву слід дотримуватися однієї агротехніки та однакових посівних якостей насіння на всій площі. Кращими культурами для розвідувальних посівів є ярі колосові: ячмінь, овес, пшениця, тритикале, хоча іноді для цього використовують буряки цукрові та картоплю. Осимі зернові недоцільно використовувати для розвідувальних посівів, оскільки на їхній стан, крім ґрунтової родючості, значний вплив мають умови перезимівлі.

Протягом вегетації рослин розвідувального посіву проводять спостереження за їх ростом і розвитком. У фазу сходів усе поле ділять на однакові за розміром ділянки, величина яких залежить від загальної площі поля та структури запланованого дослідів. На невеликих полях, не вирівняних за агрохімічними показниками, розмір ділянки має становити близько 10–20 м<sup>2</sup>, а на більш однорідних площах 20–40 м<sup>2</sup>. Важливо, щоб розмір площі ділянки дробового обліку не перевищував площу посівної ділянки майбутнього дослідів.

Результати обліку врожайності, отримані на дробових ділянках, наносять на схематичний план розвідувального посіву. Близькі за врожайністю ділянки групують і заштриховують, у результаті чого на схематичному плані добре видно характер строкатості родючості земельної площі, відведеної для проведення дослідів. На рис. 26 показаний приклад характеру розподілу ґрунтової родючості розвідувального посіву (375-ти ділянок), на підставі врожайності ячменю ярого, отриманої на дробових ділянках. Жирними лініями виділені більш вирівняні за родючістю площі, які доцільно обирати для закладання повторень майбутнього дослідів.

Таким чином, результати розвідувального посіву дають змогу виявити строкатість родючості ґрунту, визначити площу для майбутнього дослідів, розміри та форму ділянок, їх напрям.

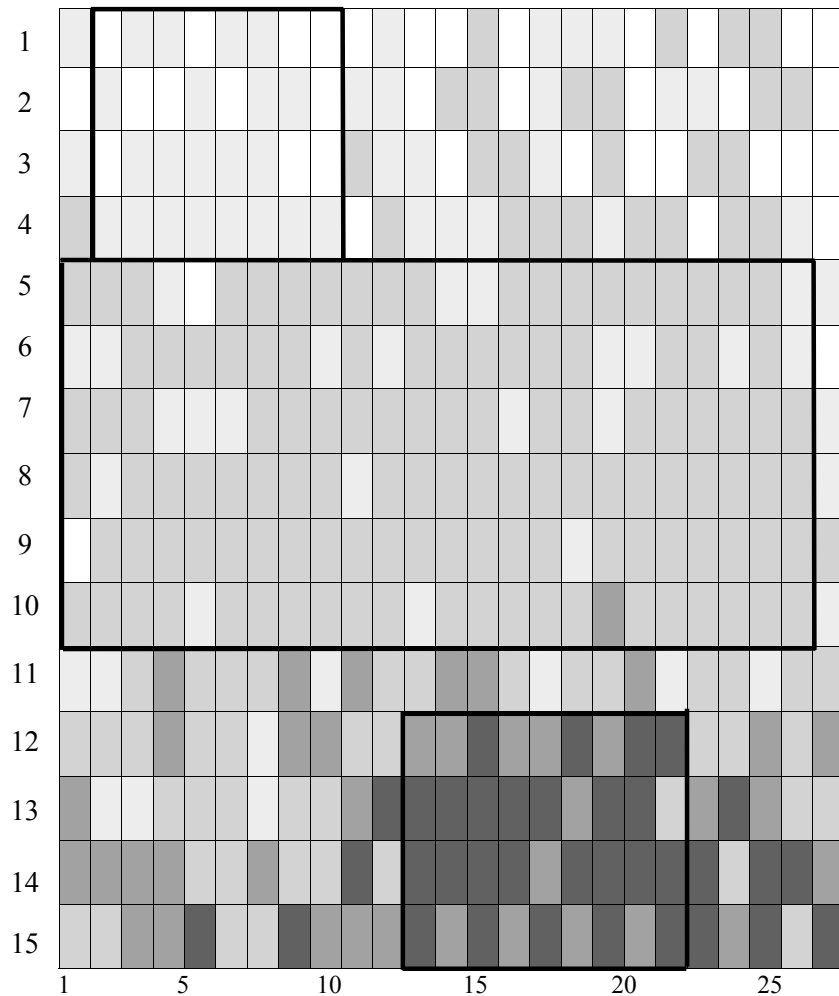


Рис. 26. Розподіл 375-ти ділянок дробового обліку врожаю ячменю ярого по площі розвідувального посіву, на якій заплановано провести дослід (дослідне поле ХНАУ ім. В. В. Докучаєва)

Умовні позначки: Урожайність: □ менша 1,50 т/га; □ 1,51–2,00 т/га; □ 2,01–2,50 т/га; □ 2,51–3,00 т/га; ■ 3,01–3,50 т/га.

### 11.2. Розбивка земельної площі, відведеної під дослід

Після вивчення історії земельної площі, її стану (розміру, конфігурації, вирівняності за ґрунтовою родючістю та рельєфу) переходять до складання схематичного плану дослідів, на якому вказують точні розміри дослідів, послідовність розміщення повторень, ділянок, захисних смуг і т. ін. (рис. 27). За схематичним планом закладають дослід: виділяють і фіксують межі дослідів, окремих повторень і ділянок. Дуже важливо, щоб площа ділянок точно відповідала прийнятним розмірам, усі ділянки обов'язково повинні мати однакову довжину і ширину та строго прямокутну форму.

Перед виходом у поле заздалегідь готують необхідне для переносу схеми дослідів в натуру обладнання: теодоліт для побудови прямих кутів, 20-метрову рулетку, міцний довгий шнур, 5–10 вішок довжиною 1,5–2,0 м, 4 кутових стовпчики (репери) 30–40 см завдовжки

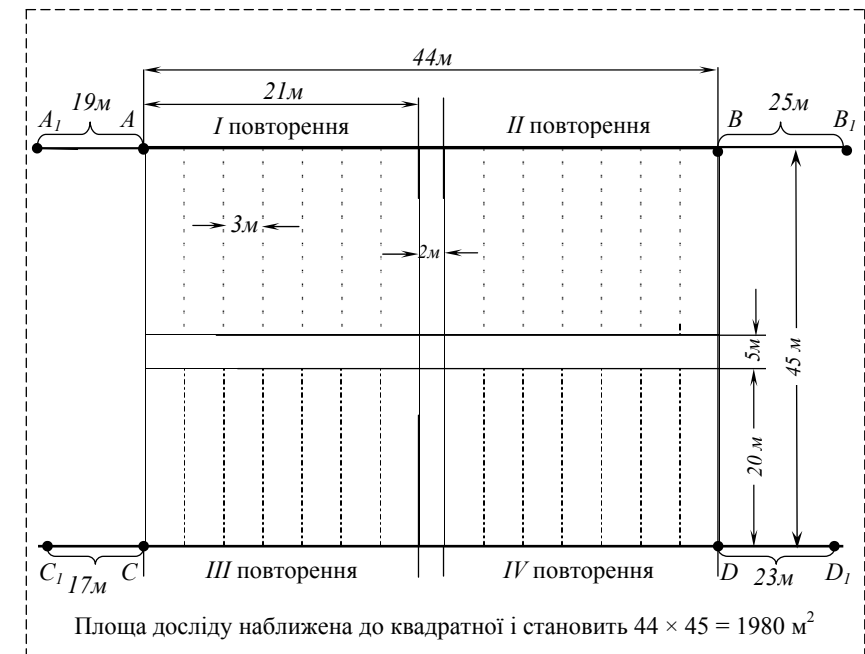


Рис. 27. Схематичний план польового дослідів (повторність чотириразова).  $A, B, C, D$  – кутові кілки (репери);  $A_1, B_1, C_1, D_1$  – фіксовані репери



для фіксування меж дослідів та робочі польові кілочки діаметром 3–4 см і довжиною 25–30 см для фіксації меж ділянок в кількості, що приблизно в 2,5 рази перевищує число ділянок дослідів.

Розбивку земельної площі починають з виділення загального контуру дослідів, а потім контурів окремих повторень і захисних смуг. Контур всього дослідів та окремих повторень виділяють з максимальною точністю: максимальна допустима розбіжність для всього контуру не повинна перевищувати 10 см на 100 м довжини. Далі за допомогою мірної стрічки та шнура у межах повторень виділяють ділянки відповідно до схематичного плану дослідів.

Техніка виділення контуру всього дослідів полягає в наступному. По одній із довгих сторін дослідів за допомогою шнура або вішок виділяють пряму лінію, наприклад  $C_1D_1$  (рис. 27). Далі відступають від межі поля 5–10 м і вбивають кілок  $C$ . Потім по лінії  $C_1D_1$  відміряють передбачену схематичним планом відстань і закріплюють кілок  $D$ . Після цього в точках  $C$  і  $D$  відмічають лінії, перпендикулярні лінії  $C_1D_1$ . Від точок  $C$  і  $D$  на відмічених перпендикулярах відкладають передбачену схематичним планом відстань і фіксують межі дослідів кілками  $A$  і  $B$ . Якщо прямі кути були відміряні точно, то відрізок  $CD = AB$  а  $AC = BD$ . Якщо розбіжність у довжині відрізків перевищує допустимий рівень (10 см на 100 м), роботу повторюють.

На межах ділянок розставляють кілки (завжди з одного боку стрічки) та вказують на них номери ділянок і повторень. Написи розташовують на тій стороні кілка, яка повернена всередину ділянки, щоб було зрозуміло, до якої з них він відноситься. Цю нескладну роботу слід проводити ретельно, щоб не допустити помилок. Після закладання дослідів на одному кінці кожної ділянки розставляють етикетки, на яких указані номери повторень і варіанти дослідів, а в першому повторенні – назва кожного варіанта. Якщо задачі дослідів не пов'язані зі строками, нормами висіву або схемами сівби, розбивку площі дослідів можна проводити після сівби або навіть після сходів.

Обов'язково потрібно передбачити бічні та поперечні захисні смуги окремих ділянок, повторень та дослідів загалом. Ширину захисних смуг вибирають з таким розрахунком, щоб усунути вплив сусідніх варіантів і забезпечити можливість роботи техніки. Кінцеві захисні смуги дослідів та кожного ярусу, якщо вони (яруси) передбачені схематичним планом, мають бути не менше 3 м. У дослідів

із вивченням впливу добрив, пестицидів, зволоження та обробітку ґрунту ширину бічних захисних смуг установлюють на рівні 1–2 м.

Межі захисних смуг навколо ділянок зазвичай фіксують після появи сходів. У дослідів із сортовипробування захисні смуги навколо ділянок іноді взагалі не виділяють, оскільки прийнято вважати, що вплив різних сортів однієї культури один на одного незначний і ним можна знехтувати.

Після розбивки площі поля за допомогою постійних стовпчиків (реперів) фіксують основні межі дослідів, від яких, за необхідності, можна позначити межі повторень і ділянок. Як правило, фіксують чотири кутові точки дослідів за межами дослідів у створі з його бічними лініями. Ці точки фіксуються реперами. Відстань від реперів (фіксованих точок) до тимчасових кутових кілків точно вимірюють і наносять на схематичний план польового дослідів. У разі потреби за цими записами завжди можна відновити межі дослідів. Для того щоб реperi не перешкоджали роботі агрегатів, іноді практикують так звану підземну розмітку, встановлюючи реperi (невеликі металеві, кам'яні або дерев'яні стовпчики довжиною 30–40 см) на 10–15 см нижче рівня поверхні ґрунту. Щоб ці закріплені орієнтири можна було легко знайти, у конусоподібні заглиблення над ними та навколо насипають куски цегли, каміння або вапна.

### 11.3. Агротехніка на дослідному полі

Найбільш важливими вимогами до виконання польових робіт на дослідному полі є *одночасність виконання всіх робіт і їх проведення на високому рівні*.

*Проведення робіт одночасно в стислі строки* – це вимога, яка напряму пов'язана з основною вимогою до польового дослідів – принципом єдиної логічної різниці. Нехтування цією вимогою неприпустимо, адже при цьому значно зростає помилка дослідів, що веде до знецінення отриманих результатів. Навіть незначний розрив у строках проведення сівби, міжрядного обробітку, захисту посівів, тощо ставить порівнювані варіанти в різні умови. Припустимо, що внесення гербіцидів на дослідні посіви проводили протягом кількох днів. Зрозуміло, що варіанти дослідів, які були оброблені в першу чергу, виявляються у більш вигідних умовах, адже рослини на цих

ділянках раніше звільняються від конкуренції з боку бур'янів. Іншим прикладом може бути подовжений період сівби дослідної культури, наприклад, пшениці ярої. При цьому рослини перших строків сівби вже із самого початку вегетації розвиваються в кращих умовах, оскільки більшою мірою використовують запаси продуктивної вологи посівного шару ґрунту.

Систематичне порушення вимоги одночасного проведення всіх польових робіт протягом вегетації приводить до повної втрати достовірності досліду, об'єктивності порівняння варіантів і його знецінення загалом.

*Висока якість робіт* у досліді передбачає їх проведення на оптимальному агрофоні для прояву ефекту досліджуваного чинника або комплексу чинників (для багатофакторних дослідів). Усі агрозаходи, які не є предметом вивчення, мають проводитися на рекомендованому рівні механізації.

Органічні та мінеральні добрива вносять для вивчення їх ефективності або як загальний агротехнічний фон. Внесенню добрив слід приділити особливу увагу, адже допущена помилка в більшості випадків не може бути виявлена та виправлена. Головна вимога до будь-якого способу внесення добрив – їх рівномірний розподіл по площі усієї посівної ділянки.

Органічні добрива (гній, торф, пташиний послід, різні компости) потрібно вносити за загальною масою на одиницю площі і обов'язково на кожну ділянку, навіть якщо їх застосовують як загальний фон. Ці добрива мають бути, за можливості, однорідними за своїм складом, походженням, ступенем розкладання та вологістю. Перед внесенням на ділянку їх потрібно добре перемішати.

Дозу внесення органічних добрив встановлюють у перерахунок на суху речовину, оскільки вони можуть мати різний вміст вологи. Якщо у досліді стоїть завдання встановити ефективність окремих поживних елементів гною, його дози розраховують за вмістом відповідного поживного елементу.

Техніка розсівання мінеральних добрив повинна забезпечувати рівномірний їх розподіл по площі ділянок. Перед внесенням добриво ретельно перемішують і просіюють для видалення грудок. Якщо самі добрива в досліді не вивчаються, їх бажано вносити туковою сівалкою. Це дозволяє більш рівномірно розподілити їх по площі досліду. Вносити мінеральні добрива туковими сівалками (якщо дія

добрив досліджується) можна на великих ділянках (понад 500 м<sup>2</sup>) витягнутої форми. Якщо передбачено внесення кількох видів добрив одночасно, їх ретельно змішують, дотримуючись правил змішування добрив.

На маленьких ділянках, площа яких не дає змоги проводити механізоване внесення добрив, їх вносять вручну. За ручного внесення наважки добрив заздалегідь розподіляють в паперові пакети, матер'яні мішки або в спеціальні дерев'яні ящики з розрахунку на певну ділянку.

На кожній ділянці добрива розсівають з таким розрахунком, щоб незначна їх кількість залишилась. Після цього залишок рівномірно розподіляють по всій ділянці. Порошкоподібні добрива слід змішувати з ґрунтом, узятим з тієї ж ділянки.

Якщо в досліді не вивчається система обробітку ґрунту, його обробіток проводиться на одну глибину, однаковим способом і тими самими знаряддями. Як правило, оранка, культивування та боронування проводяться впоперек усіх ділянок. Оранку потрібно проводити таким чином, щоб не утворювати звальних і розвальних борозен на площі ділянок. Тому оранку врозвал і звал слід чергувати щороку. Розвороти сільськогосподарських агрегатів не можна проводити на посівних ділянках, а лише на передбачених для цього захисних смугах окремих повторень або всього досліду. Обробіток ґрунту слід проводити якісно, у стислі строки (бажано за кілька годин). Якщо виконати запланований обсяг робіт за один день неможливо, то обов'язково потрібно спланувати проведення робіт таким чином, щоб їх можна було стисло провести в межах окремого повторення. У цьому разі, навіть якщо не вдасться за один день провести запланований обсяг робіт, головна вимога – дотримання принципу єдиної логічної різниці не порушується.

Для проведення дослідів слід використовувати кращі районовані та нові сорти (гібриди). Посівний матеріал має бути високої якості, не нижче першої репродукції, а за господарськими якостями не нижче першого класу, ретельно очищеним, однорідним, відсортованим і належати до однієї партії.

Розсада для досліду має бути однорідною за силою росту й розвитку, вирощуватися в рівних умовах, в однотипних спорудах, одним способом відповідно до агротехнічних вимог (за оптимальної температури, однакового зволоження, освітлення та живлення). Якщо роз-

саду вирощують у горщиках, то вони мають бути однакового об'єму, виготовлені з однорідної суміші, рекомендованої для даної культури. На кожній ділянці повинна бути однакова кількість рослин, висаджена способом і за схемою, яка передбачена дослідом. Через кілька днів після посадки проводять облік приживаності та підсаджування рослин (в місцях їх випадання).

Сівалки або комплекси для висадки розсади повинні бути точно відрегульовані на задану норму висіву, глибину сівби або шаг висадки розсади. Обов'язково потрібно контролювати правильність розподілу сошників відповідно до заданої ширини міжрядь, у тому числі стикових. Норму висіву встановлюють за кількістю кондиційного насіння на одиницю площі, а потім перераховують її на масу насіння. На всіх ділянках для проведення сівби або висадки розсади використовують одні й ті самі агрегати. Неприпустимо зупиняти сівалку під час роботи, оскільки на місці зупинки залишиться огріх.

Сівбу проводять уздовж довгої сторони ділянки, щоб у цьому ж напрямку проводити міжрядний обробіток (для просапних) та інші види догляду за посівами. Якщо дослід поставлений у кілька ярусів, то межі дослідних ділянок усіх ярусів повинні збігатися. Тоді сівбу проводять уздовж ділянок усіх ярусів, що дозволить проводити механізований догляд уздовж усіх ділянок, розташованих у різних ярусах. Усі ряди повинні бути строго прямокутними. Перші ряди рослин із лівої та правої сторін дослідних ділянок повинні бути від меж ділянок на відстані, що дорівнює половині ширини міжрядь.

Для уникнення просівів сівалку слід включати в роботу не менше ніж за 1 м до початку дослідної ділянки, а виключати тільки після того, як вона вийде за її межі. Якщо в досліді висівають кілька сортів (гібридів), то після висіву одного сорту (гібриду) в усіх повтореннях сівалку ретельно очищують від залишків насіння перед тим, як засипати інший сорт (гібрид). Строк сівби та посадки, глибина загортання насіння чи посадки розсади, площа живлення та інші елементи агротехніки, які не вивчаються, повинні бути однаковими та оптимальними для даного сорту, культури та району вирощування.

Догляд за рослинами на дослідних ділянках проводять так само, як і в загальних посівах господарств, проте в досліді його необхідно проводити одночасно та однаково на всіх ділянках досліду, якщо тільки схемою досліду не передбачені різні строки виконання робіт на варіантах. Як показує практика, на дослідних полях, де своєчасно

проводять усі агротехнічні заходи і використовують для сівби високоякісне насіння, посіви залишаються чистими протягом однієї або двох ротацій семипільної сівозміни. Це відбувається тоді, коли захисні смуги навколо досліду утримують у чистому стані, не допускають утворення насіння бур'янів на них, а відповідно, і їх потрапляння на ділянки досліду. Складніше боротися з хворобами та шкідниками, поширення яких залежить від погодних умов та інших причин.

У разі появи бур'янів, шкідників або хвороб усі роботи пов'язані з їх усуненням слід проводити однаково і в одні строки за всіма ділянками досліду. Для боротьби з бур'янами застосовують гербіциди, проти шкідників і хвороб – відповідно інсектициди та фунгіциди.

До спеціальних робіт щодо догляду за посівами відносяться: прополювання доріжок, вирівнювання кінців полів, ділянок, розмітка захисних смуг, розстановка кілків, табличок і т. ін.

На посівах культур суцільної сівби захисні смуги виділяють після появи сходів. Їх відбивають вручну сапкою або за допомогою малогабаритних культиваторів. Якщо сівбу проводять уздовж ділянок, то їх облікову частину можна обмежити від бічної захисної смуги, перекривши відповідний сошник сівалки під час сівби.

На посівах просапних культур кінцеві захисні смуги виділяють під час обробки міжрядь, а бічні – перед збиранням. Урожай з бічних і кінцевих захисних смуг збирають окремо і раніше, ніж на обліковій частині ділянок.

У дослідях, що закладаються в умовах зрошення, поливи слід проводити на всіх варіантах однією рекомендованою нормою в оптимальні для даного району строки, відповідно до біологічних вимог культури. Техніка поливу має забезпечувати рівномірне зволоження ґрунту на всій площі досліду. Не бажано проводити полив дослідних ділянок далекоструменевими дощувальними установками (якщо вони не є об'єктом досліджень). Якщо зрошення підлягає вивченню, поливи проводять відповідно до розробленої програми дослідження.

Після сходів і формування доріжок установлюють етикетки. На лицьовій стороні досліду встановлюють велику етикетку, на якій вказують назву досліду, його керівника і виконавців.

#### 11.4. Документація та звітність польового досліджу

Цінність результатів досліджень залежить від правильного оформлення наукової документації та надійного її зберігання.

Уся документація поділяється на первинну та основну. До обов'язкової *первинної документації* належать: щоденник науковця та журнал досліджу. Додатковими первинними документами можуть бути: лабораторні журнали, робочі зошити (в яких проводять усілякі допоміжні розрахунки показників спостережень), відомості обліку, фотографії, стрічки із записами самописних приладів тощо.

До *основної (узагальнюючої) документації* відносяться: наукові звіти, статті, матеріали конференцій, рекомендації виробництва, дипломні та дисертаційні роботи тощо. У різних галузях науки назви та зміст документів можуть називатися по-різному, але їх поділ на первинні та основні залишається.

*Щоденник науковця* являє собою зручний для роботи в польових умовах зошит, розрахований таким чином, щоб у нього вмістилася вся інформація запланованого досліджу. У багаторічних і тривалих досліджах послідовно заповнюють кілька щоденників, які обов'язково нумерують, указуючи при цьому рік дослідження, дати початку та закінчення записів. У щоденник у хронологічній послідовності за відповідними формами вносяться всі записи результатів запланованих спостережень, обліків і аналізів, які проводяться безпосередньо в полі, лабораторіях тощо. У хронологічній послідовності в щоденник вносять інформацію про закладання та проведення досліджу, при цьому вказують обсяг і якість проведених робіт, дають характеристику приладів і агрегатів, які застосовують у досліджі. У щоденник заносять дані метеорологічних спостережень: кількість опадів, вологість повітря, температурний режим, екстремальні явища (сильний вітер, град, екстремально високі температури тощо). Крім цього, у щоденнику фіксують випадки спалахів хвороб і шкідників, характер і ступінь їх шкоди рослинам. У разі необхідності в щоденнику роблять різного роду малюнки, наприклад зовнішній вигляд рослин у динаміці розвитку за різними варіантами, або характерні відмінності в будові рослин, відібраних з різних варіантів досліджу. Головна вимога до щоденника науковця – це достовірність і точність інформативного матеріалу. Якщо в щоденник вносяться різного роду виправлення, обов'язково вказується, хто, коли, та з якої причини їх вніс.

*Журнал досліджу* заповнюють результатами із щоденника та інших документів. У ньому подається вихідна інформація про дослід (рік закладання та проведення, новизна, схематичний план, методика проведення, коли та ким затверджена програма досліджень). На схематичному плані вказують розміри досліджу, повторень, ділянок, захисних смуг ділянок, повторень і всього досліджу. Крім цього, також указують основний напрям вітрів (рози вітрів), напрямки схилів, закріплені точки (репери), порядок розміщення варіантів на ділянках.

Під час проведення польових дослідів у журнал вносять інформацію стосовно історії площі досліджу, надають характеристику ґрунтів (тип ґрунту та підґрунтя, міцність орного горизонту й інших шарів ґрунтового профілю, гранулометричний склад, агрохімічні властивості). Також указують попередник і передпопередник, систему добрив, яку застосовували на цій площі перед закладанням досліджу. У лабораторних, лізіметричних і вегетаційних досліджах у журналі вказують склад поживної суміші, субстрат, його масу в склянці тощо.

У журналі обов'язково мають бути:

- увесь перелік робіт, запланованих програмою досліджень (від збирання попередника до збирання врожаю досліджуваної культури), у якому вказують строки, способи та якість їх проведення, техніку, яку застосовували для проведення робіт;
- результати всіх спостережень, обліків, аналізів і статистичної обробки даних у вигляді таблиць, графіків, рисунків, схем і т. ін.;
- попередні висновки та пропозиції.

Для кожного досліджу заводять окремий журнал. У багаторічних і тривалих дослідженнях на кожен рік і кожний дослід повинен бути окремий журнал. Заповнені журнали зберігають на кафедрі (лабораторії) у шафі або сейфі. Виправлення та підчищення в журналі робити не можна. Якщо в журналі знаходять помилку, її перекреслюють і над нею записують вірну інформацію. При цьому вказують, ким, коли та з якої причини внесені виправлення. Кожне виправлення засвідчують підписами виконавців досліджу, керівника підрозділу, в якому проводився дослід. Так само виправляють інші помилки.

*Підсумковий звіт про науково-дослідну роботу* – це документ, який містить повні відомості про виконану роботу. У ньому в логічній послідовності має бути представлений отриманий експериментальний матеріал, на підставі якого чітко сформульовані висновки, рекомендації та пропозиції.

*Структура та зміст звіту.* У звіті про науково-дослідну роботу мають бути:

- титульний аркуш;
- список виконавців;
- реферат;
- зміст;
- перелік умовних покажчиків, символів, одиниць і термінів;
- вступ;
- експериментальна частина;
- висновки та пропозиції;
- список використаних літературних джерел;
- додатки.

На *титульному аркуші* вказують відповідне міністерство, якому підпорядкована установа, її назву, індекс УДК, номер державної реєстрації, гриф погодження та затвердження звіту (з назвою установи), посаду, науковий ступінь, учене звання та підпис особи (завірений печаткою), яка затвердила звіт, вид звіту (проміжний або підсумковий), місце та рік його складання.

Список авторів звіту розміщують у вигляді стовпчика. У ньому вказують прізвища всіх виконавців із зазначенням номерів розділів (підрозділів) звіту, які вони підготували, їх підписи. Якщо дослідження проведені однією особою, на титульному аркуші вказують його прізвище та підпис.

*Текст реферату* (до 2000 знаків) має відображати: об'єкт, мету і методи дослідження; результати та їх новизну; рекомендації щодо впровадження результатів науково-дослідної роботи; галузь їх застосування.

У *змісті* звіту вказують назви всіх його розділів, підрозділів і номера сторінок, на яких вони починаються. Якщо звіт складається з кількох частин, для кожної частини складають окремий зміст. Для короткого звіту (обсягом до 10 сторінок) робити зміст необов'язково.

У *вступі* дають оцінку стану питання з проблеми, яка вирішується, вказують підстави та вихідні дані для розробки теми, обґрунтовують необхідність проведення роботи, її актуальність і новизну, вказують зв'язок з іншими дослідженнями.

В *основній частині* звіту характеризують методику проведення досліджень, наводять програму їх проведення, результати і їх уза-

гальнення. Отримані експериментальні результати аналізують і порівнюють з результатами аналогічних вітчизняних і закордонних досліджень. У цій частині оцінюють повноту вирішення поставлених завдань і достовірність отриманих результатів. Текст основної частини ділять на розділи, підрозділи та пункти. Назви розділів друкують по центру сторінки прописними, а назви підрозділів – маленькими літерами. Від основного тексту назви розділів відділяють трьома-чотирма інтервалами. Крапки в кінці назв розділів і підрозділів не ставлять.

Кожний розділ починають з нової сторінки, які нумерують арабськими цифрами. Титульний аркуш включають у загальну нумерацію. Розділи також нумерують арабськими цифрами. Підрозділи нумерують у межах кожного розділу. Наприклад, «2.3» означає, що це третій підрозділ другого розділу. За аналогією нумерують пункти всередині підрозділів. Наприклад, «2.3.1» означає, що це перший пункт третього підрозділу другого розділу. Якщо звіт складається з кількох частин, то номер кожної частини проставляють на титульному аркуші римськими цифрами під зазначенням виду звіту.

Таблиці, рисунки, схеми, графіки, які займають повну сторінку, включають у загальну нумерацію сторінок. Якщо формат ілюстрацій не вміщується на стандартному листку), то їх ураховують як одну сторінку та розміщують у кінці звіту (у додатках) у порядку згадування в тексті. При нумерації ілюстративних матеріалів вказують номер розділу, в якому вони представлені, та їх порядковий номер. Наприклад, «рис. 4.7» – сьомий рисунок четвертого розділу.

Таблиці нумерують у межах розділу арабськими цифрами у правому верхньому куті над її назвою. Наприклад, «Таблиця 4.5» – п'ята таблиця четвертого розділу. Якщо у розділі міститься тільки одна таблиця, її не нумерують і слово «таблиця» не пишуть. Якщо таблиця переноситься на наступну сторінку, пишуть слово «продовження табл.» і вказують номер таблиці.

Формули також нумерують арабськими цифрами в межах кожного розділу. Номер проставляють з правої сторони на рівні формули в круглих дужках. Пояснювати значення символів і числових коефіцієнтів, наведених у формулах, слід безпосередньо під формулою, в якій вони наведені, і в тій же послідовності, що і у формулі.

Кожна таблиця повинна мати назву, яка починається з великої (прописної) літери. Заголовки граф таблиці пишуть з великої літери,

підзаголовки – з маленької, якщо вони складають одне речення із заголовком, і з прописної, якщо вони самостійні. Таблицю слід вставляти в текст одразу після першої згадки про неї.

Заголовок таблиці повинен стисло і точно відображати її зміст. Якщо в тексті точно визначено зміст таблиці і його вміщено безпосередньо перед нею, то заголовок таблиці наводити не обов'язково. Для покращання сприйняття матеріалу аналіз результатів, представлених у таблиці, бажано наводити після неї.

Усі клітини таблиці мають бути заповнені цифрами або умовними позначеннями. Якщо окремі дані відсутні, то у відповідних клітинах ставлять тире (–), а не нуль (0), оскільки нуль показує, що числові дані досліджуваного показника дорівнюють нулю. Скорочення або символи можна застосовувати, якщо вони є загальноприйнятими та легко сприймаються. Числа в таблиці мають бути однакової точності, тобто мати однакову кількість десяткових знаків після коми.

Статистичні критерії оцінки істотності, як правило, наводять у нижньому рядку таблиці або в крайній правій графі.

Частину даних зручніше представляти у вигляді графіків, оскільки вони дозволяють більш наглядно продемонструвати результати досліджу. Залежно від призначення графіки поділяють на дві групи: ілюстративні та кількісні. В ілюстративних графіках зображується якісна картина процесу або стану. Кількісні графіки повинні слугувати кількісним інструментом у різних дослідженнях. Назву графіка або рисунка розміщують під ним. Для пояснення його змісту дають примітки, які розміщують за його межами (як правило, під ним), а також розшифровку (легенду) умовних позначень.

Посилання на джерела в тексті дають у примітках або вказують порядковий номер списку джерел, виділяючи його двома скісними рисками.

Прізвища, назви установ, організацій, фірм, найменування виробів тощо у тексті звіту наводять мовою оригіналу. Допускається транслітерувати власні імена мовою звіту з додаванням під час першої згадки оригінальної назви.

Якщо у звіті використовується спеціальна термінологія, вживаються малопоширені скорочення, нові символи, позначення тощо, то до звіту слід додати їх список. У лівому стовпчику в алфавітному порядку наводяться відповідні терміни, справа надається їх розшиф-

ровка. Якщо спеціальні терміни, символи або скорочення трапляються у звіті менше трьох разів, їх в окремий список не вносять, а розшифровують у тексті при першому згадуванні. Якщо в досліджах використовуються результати інших досліджень, то обов'язково вказуються джерела, з яких вони були взяті.

У кінці роботи подають лаконічні висновки, рекомендації та пропозиції виробництву, наводять оцінку техніко-економічної ефективності впровадження або наукового значення роботи.

У списку літературних джерел за певними правилами наводять роботи, результати яких були використані під час написання звіту.

Додатки служать для відображення додаткового матеріалу, який необхідний для повноти звіту. У них можна виносити великі таблиці цифрових даних, фотографії, рисунки, розрахунки статистичних показників, акти впровадження результатів досліджень тощо. Вони можуть бути оформлені як продовження звіту або у вигляді окремої частини. Їх розміщують у порядку посилань у тексті й нумерують арабськими цифрами або латинськими літерами. Кожний додаток починають з нового аркуша. При оформленні додатків окремою книгою на титульному аркуші під назвою звіту прописними буквами друкують слово «Додатки».

Набраний на комп'ютері звіт обов'язково потрібно роздрукувати на випадок псування його електронного варіанта. Роздрукований і розміщений на електронних носіях звіт зберігають окремо.

### Контрольні запитання

1. Що таке наукове дослідження та які етапи воно включає?
2. Чим різняться емпіричний рівень дослідження від теоретичного?
3. Яка різниця між фундаментальними та прикладними дослідженнями?
4. Чим різняться загальнонаукові методи досліджень від спеціальних?
5. Що являє собою гіпотеза та експеримент?
6. Наведіть класифікацію методів агрономічних досліджень.
7. Який із спеціальних методів найбільш поширений в агрономічних дослідженнях?
8. Які умови використання вегетаційного та лізиметричного методів?
9. Назвіть особливості умов проведення польового досліджу.
10. Надайте характеристику вимог, що ставляться до польового досліджу.

11. У чому полягає принцип єдиної логічної різниці в досліді?
12. Що являє собою правило доцільності?
13. Що називають польовим дослідом?
14. За якими принципами класифікують польові досліді?
15. Охарактеризуйте досліді за місцем проведення.
16. Чим відрізняється польовий стаціонар від польового досліді в умовах виробництва?
17. Як помилки впливають на точність досліді?
18. Для чого потрібно знати історію поля перед закладанням досліді?
19. Що передбачає підготовка земельної ділянки для досліді?
20. Чим зумовлено варіювання ґрунтової родючості?
21. Що являють собою вирівнювальні та рекогносцирувальні посіви та для чого вони використовуються?
22. Яка оптимальна форма ділянки, повторення та досліді в цілому?
23. Як розташовують повторення та ділянки в польовому досліді та як визначають їх число?
24. Назвіть переваги та недоліки видовженої і квадратної форми ділянок.
25. Чим необхідно керуватися при визначенні повторності досліді?
26. Дайте характеристику захисних смуг. Яке їх значення?
27. Яка різниця між посівною, дослідною та обліковою ділянками?
28. Наведіть схему розміщення чотирьох варіантів досліді біля лісосмуги.
29. Дайте характеристику методів розміщення варіантів у досліді.
30. Назвіть особливості стандартного та системного методів.
31. У яких досліді застосовують стандартний метод?
32. За яких умов перевага надається систематичному методу розміщення варіантів?
33. У чому полягає сутність рендомізації варіантів? Наведіть приклади.
34. Наведіть схему розміщення шести варіантів у трьох повтореннях дактіль-методом.
35. За яких умов варіанти у досліді можна розміщувати методом латинського квадрата та прямокутника? Яка принципова різниця між цими методами?
36. Що значить «повна факторіальна схема»?
37. Намалюйте схему двох повторень двофакторного польового досліді (чотири варіанти одного та п'ять варіантів другого чинника), застосовуючи метод організованих повторень.
38. Які існують методи розміщення варіантів для багатофакторних дослідів?

39. Намалюйте схематичний план двофакторного польового досліді з трьома сортами та чотирма нормами висіву, закладеного методом розщепленого блоку у двох повтореннях.
40. Наведіть план розміщення п'яти варіантів досліді у чотирьох рендомізованих повтореннях.
41. Чим принципово відрізняється інформація однофакторного та багатофакторного досліді? Чи може бути двофакторний дослід з чотирма варіантами?
42. Як визначити загальну кількість ділянок у трифакторному польовому досліді, поставленому за повною факторіальною схемою?
43. Назвіть етапи закладання польового досліді.
44. Як технологічно рівномірно внести добрива по площі ділянки?
45. Якщо в досліді вивчають норми висіву пшениці ярої, то як слід проводити сівбу – уздовж або впоперек ділянок? Покажіть на схемі.
46. Які вимоги ставляться до польових робіт на дослідному полі?
47. Що включає підготовчий період планування наукового дослідження?
48. Що розуміють під технікою закладки польового досліді?
49. Назвіть основну документацію польового досліді.
50. Яка структура наукового звіту?

## Частина друга

# МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИВЧЕННЯ ОКРЕМИХ АГРОЗАХОДІВ

## 1. Вивчення сівозмін

Багаторічне вивчення різних типів сівозмін (польових, спеціальних, прифермських) з різною тривалістю ротації та багатий виробничий досвід переконливо свідчать, що сівозмінна є визначальною ланкою системи землеробства. Усі інші її складники: обробіток ґрунту, захист посівів від бур'янів, шкідників, хвороб тощо – будуть максимально ефективні тільки за умови науково обґрунтованого чергування культур упродовж ротації сівозміни.

Результати тривалих стаціонарних дослідів дають підставу рекомендувати виробництву як конкретні сівозміни, так і синтетичні, розроблені на підставі широкого та всебічного вивчення попередників і передпопередників, водного та поживного режимів, фітосанітарного стану в сівозмінах.

Потреба чергування сільськогосподарських культур викликана рядом причин – хімічними, фізичними, біологічними, економічними. Недотримання сівозміни призводить до одностороннього використання елементів мінерального живлення, виснаження ґрунтів, поширення хвороб, шкідників і, як наслідок, до зниження врожаю сільськогосподарських культур.

Агротехнічне значення сівозмін полягає в такому: сівозмінна сприяє підвищенню родючості ґрунтів, раціональному використанню їхніх поживних речовин; дає змогу збільшувати врожайність і покращувати якість продукції; зменшує забур'яненість посівів, їх ураженість хворобами і шкідниками; дозволяє зменшити шкідливий вплив водної та вітрової ерозії.

Основним методом дослідження агрономічних основ сівозмін є польовий дослід. Такі досліді тривалі та складні за кількістю культур і сумою супутніх спостережень. Дослідження сівозмін слід проводити поетапно за широкою участю рослинників, агрохіміків, гербологів, фітопатологів, ентомологів, мікробіологів і фізіологів. Починати слід з дослідів щодо вивчення попередника, різних ланок сівозмін. На підставі отриманих даних складають схеми сівозмін з різним їх насиченням провідними культурами, які вивчають на наступному етапі досліджень. На цьому етапі проводять багатофакторні досліді з вивчення взаємодії науково обґрунтованих сівозмін з різними агрозаходами (системою живлення, обробкою ґрунту тощо).

Варіанти (попередники) в досліді розташовують рендомізованим або систематичним методами. Розмір дослідних ділянок під час вивчення сівозмін має бути не менш ніж 100 м<sup>2</sup>. Щоб можна було застосовувати техніку під час обробки ґрунту, сівби, догляду за посівами, ширина та довжина ділянок має дорівнювати кратній ширині сівалок і ґрунтообробних машин. Механізація дозволяє проводити всі роботи своєчасно та в стислі строки, що значно підвищує точність досліді. Ширина ділянок, які займають різні культури, може дещо розрізнятися в межах досліді та за роками. Особливо важливо заздалегідь продумати та підібрати параметри ділянок у стаціонарних досліді таким чином, щоб схема другого року з найменшими відхиленнями змогла вписатися в схему першого року, а схема третього – у схему другого року і под. При цьому можливе зміщення меж ділянок за роками, що потрібно враховувати під час виділення облікових площадок.

Вирощування в досліді попередників і наступних культур проводять за рекомендованою для цього району технологією з урахуванням біологічних особливостей рослин і їхніх взаємозв'язків з довкіллям.

Досліді з попередниками та ланками сівозмін можуть бути одно- та багатофакторними. В однофакторних вивчають вплив на наступні культури лише попередників з прийнятою для них агротехнікою. Багатофакторні досліді передбачають додаткове залучення в дослід інших елементів технології вирощування.

Незважаючи на накопичений досвід з вивчення попередників, залишається чимало невирішених питань, що пов'язано як з оновленням сортового складу різних видів культур, які мають власні



біологічні особливості, вимоги до вирощування, так і з поширенням у виробництво нових культур і витісненням менш перспективних пояснюється кон'юнктурою ринку, зміною кліматичних показників тощо. Тож дослідження, спрямовані на визначення впливу кращих попередників для певних культур і навіть різних сортів для різних ґрунтово-кліматичних регіонів України, завжди є важливими та актуальними.

Для отримання більш повної характеристики впливу попередників і передпопередників на умови вирощування досліджуваних культур досліди доцільно проводити на різних агрофонах. У цьому випадку ділянки з попередниками ділять на однакові частини за кількістю фонів, які відрізняються за певними показниками: родючістю, способом обробітку ґрунту тощо. Під час оцінювання багаторічних трав різного строку використання як попередників дослід з ними необхідно починати раніше, ніж з іншими культурами, які також розглядають як попередники.

У дослідах з вивчення впливу попередників загальним правилом є введення в схему досліду в ролі контрольного варіанта найбільш поширеного та загальноприйнятого для району вирощування попередника.

**Мета проведення дослідів з попередниками** – виявлення дії та післядії попередніх культур на наступні дві-три культури та на умови їхнього вирощування: агрофізичні, біологічні та агрохімічні якості ґрунтів, ріст і розвиток рослин, забур'яненість посівів, ураженість рослин хворобами та шкідниками, накопичення рослинних залишків, урожайність і збереженість продукції.

Важливо зрозуміти, що вивчення впливу певної культури як попередника для іншої культури ні в якому разі не дає підстави вважати завдання повністю виконаним. Наприклад, якщо в певному регіоні досліджували вплив кукурудзи на зерно як попередника під пшеницю яру, то це не означає що на цьому слід припинити дослідження, адже кукурудза відрізняється значним поліморфізмом будови надземної і підземної частин, біологічними особливостями (вимогами до вологи, режиму живлення тощо), тож і в ролі попередника кожний сорт і гібрид буде проявляти себе по-різному.

Особливого значення вивчення впливу попередників набуває з поширенням у виробництво нових для цієї місцевості культур, наприклад сорго, сафлору та льону олійного для лісостепової зони

або тритикале для Полісся. Роль попередника в таких випадках стає особливо значущою, оскільки від його правильного вибору значною мірою залежить перспектива поширення культури.

Тривалість дослідів з вивчення впливу попередників має становити не менше трьох років: перший рік – закладка попередників, другий – визначення впливу попередників на досліджувану культуру (перша культура), третій – визначення післядії попередників (друга культура). Якщо друга культура дає істотну різницю за врожайністю залежно від впливу попередника, дослід продовжують до тих пір, доки різниця за врожайністю між варіантами досліду не стане нижчою від найменшої істотної різниці. Як зазначено вище, за контроль беруть загально визнані в цих умовах вирощування попередники або повторні культури.

У стаціонарних багаторічних комплексах з набором декількох культур у ролі попередників найбільш зручно використовувати однодворазове послідовне розташування повторень і варіантів (рис. 28).

У перший рік закладання культури-попередники (буряки цукрові, кукурудза на силос, кукурудза на зелений корм, гречка, тритикале яре) висівають у дворазовому повторенні.

На другий рік після кожного попередника розміщують досліджувані культури (пшеницю та ячмінь озимі). Сівбу досліджуваних культур проводять у напрямку, перпендикулярному рядкам попередника. У результаті накладання схеми другого року на схему першого отримали чотириразову повторність досліду з дворядним послідовним розташуванням повторень і ділянок.

На третій рік (вивчення впливу передпопередника) висівають культури польової сівозміни з тим же напрямком рядків, що і другого року. При цьому чотириразова повторність досліду та розміщення ділянок зберігаються. За такої схеми (п'ять культур попередника, дві культури другого року та дві культури третього) можна вивчити двадцять ланок (див рис. 28).

**Вивчення ефективності проміжних культур.** Мета дослідження – визначити кращі проміжні культури, строки їхньої сівби, ланки сівозмін, у яких вони забезпечують найбільшу ефективність. Для кожної групи проміжних культур (поукісні, пожнивні, озимі) рекомендується проводити окремі досліді. Тривалість кожного досліду має становити не менше трьох років: перший рік – основна культура + проміжна, другий – перша культура (дія), третій рік – друга

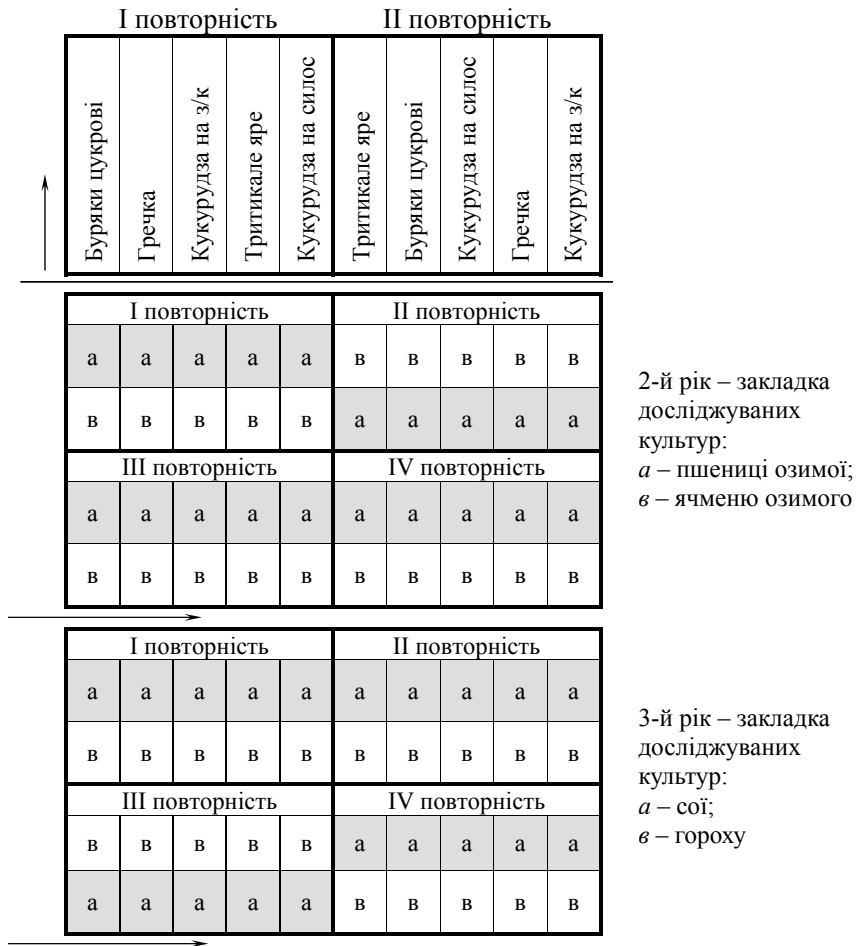


Рис. 28. Приклад схеми повторень і ділянок у стаціонарній сівозміні з вивчення впливу попередників

культура (післядія). На рис. 29 наведено приклад дослід з вивчення ефективності проміжних культур, актуальний для Полісся.

Якщо врожай другої культури показав істотну різницю, дослід продовжують. За контроль приймають посів тих самих основних культур без проміжних. Дослід можна закладати як на одному агро-технічному фоні, так і на різних (фони мінеральних добрив, глибина

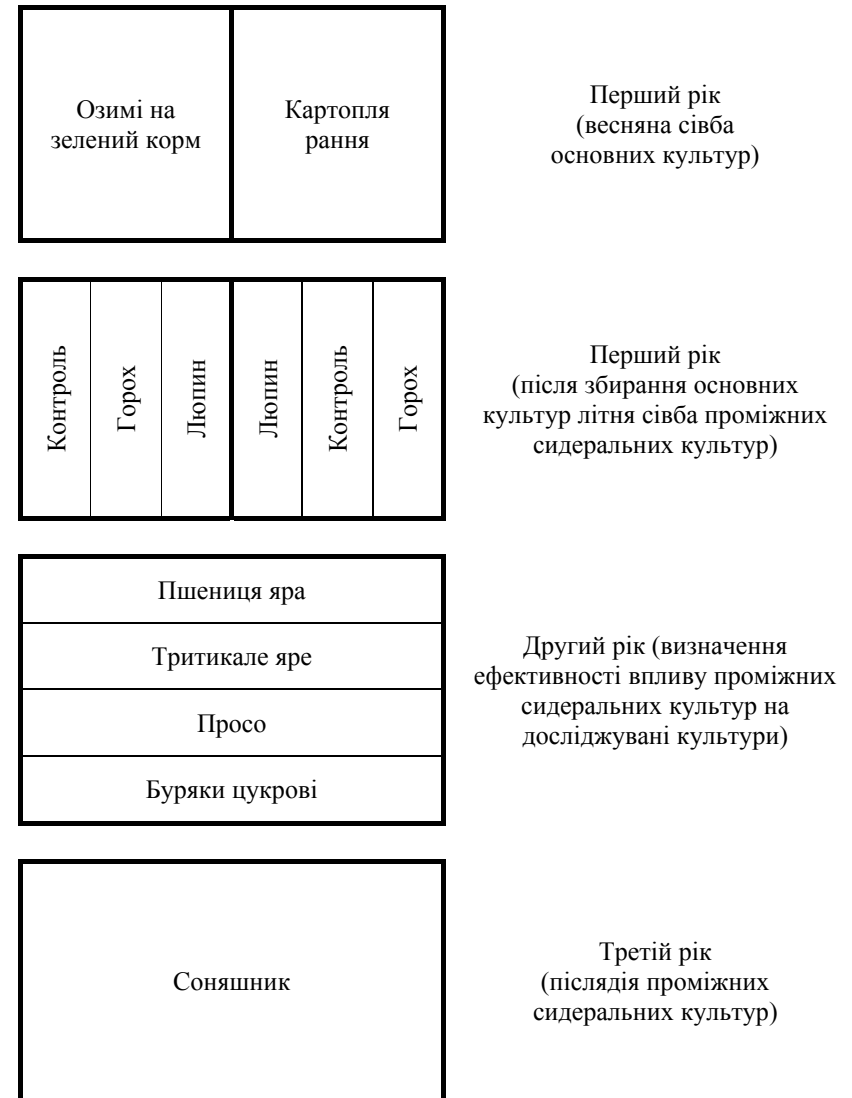


Рис. 29. Приблизна схема розміщення ділянок за роками в досліді з вивчення ефективності проміжних сидеральних культур у ланках польових сівозмін

загортання сидеральної маси тощо). В останньому випадку ділянки розбивають у поперечному напрямку, щоб їхня кількість дорівнювала кількості фонів.

Оптимальні й допустимі строки сівби проміжних культур визначають в окремих спеціальних дослідженнях до закладки дослідів з вивчення ефективності проміжних культур.

**Вивчення ланок сівозмін.** Мета проведення досліджень – виявити кращі варіанти чергування трьох-чотирьох основних культур і можливості їх повторних посівів; дослідити умови розвитку культур, динаміку ґрунтової родючості, впливу різної послідовності розміщення культур на зниження забур'яненості посівів, зменшення пошкоджень рослин шкідниками та хворобами, поліпшення якості та збереженості продукції; визначити врожайність і якість урожаю та дати економічну оцінку досліджуваних варіантів.

Досліди з ланками сівозмін відрізняються від дослідів з вивчення впливу попередників тим, що перші вивчають дію та післядію три-чотирирічних ланок з різною послідовністю розміщення культур. Продуктивність кожної ланки визначають за загальним виходом продукції за всі роки досліджень, а післядію ланок – за врожайми контрольних (останніх) культур у ланках сівозміни. Мінімальна кількість років кожного дослідження визначається за формулою:

$$l = n + 2,$$

де  $l$  – мінімальна тривалість дослідження (кількість років);  $n$  – тривалість ланки сівозміни без контрольних культур; 2 – тривалість вирощування контрольних культур (однакова для всіх варіантів).

Досліджувати ефективність ланок сівозмін можна методом сівби «всіх культур після всіх». У перший рік в одному напрямку закладають варіанти з попередниками, на другий рік висівають основні досліджувані культури в поперечному напрямі після кожного попередника; на третій та четвертий роки – ті самі культури, розміщуючи їх у повздовжньому напрямі для обліку дії та післядії досліджуваної ланки.

Під час складання схеми розміщення культур на четвертий рік слід ураховувати можливість вивчення ланок з різним їх насиченням провідною для цього району культурою, а також вивчення польових культур у повторних посівах і в чергуванні. Наприклад, у Східному Лісостепу України це може бути розміщення гречки, пшениці

озимої та гороху після буряків цукрових, буряків цукрових і гороху та гречки після пшениці озимої; пшениці озимої, гороху та гречки після сорго (рис. 30).

За такого накладання культур на культури за роками можна дослідити 81 чотирирічну ланку з різним порядком чергування, у тому числі з повторними посівами буряків цукрових, пшениці озимої та сорго. Кінцевою культурою наведених варіантів ланок можна обрати кукурудзу на зелений корм. Ця культура є добрим попередником для всіх польових культур і завдяки розміщенню в кінці ланки дозволить скласти більш раціональні схеми польових сівозмін з окремих ланок.

Для оцінювання різних чергувань у ланках на родючість ґрунту, агрофізичні властивості, забур'яненість ґрунтів тощо на п'ятий рік на дослідній ділянці висівають контрольну культуру суцільної сівби.

**Дослідження сівозмін у поєднанні з системами обробітки ґрунту, добривами та іншими агротехнічними заходами.** Мета дослідження – визначити кращі схеми польових сівозмін для заданої зони за продуктивністю, показниками ґрунтової родючості; визначити оптимальні поєднання способів обробітки ґрунту, застосування добрив, засобів захисту рослин від шкідників, хвороб і бур'янів, а також інших агрозаходів стосовно до різних сівозмін.

Дослідні сівозміни можуть мати й однакову, і різну тривалість ротації. За контроль приймають одну із сівозмін, у якій застосовують рекомендовані для господарств району способи обробітки ґрунту, дози та способи внесення добрив й інші агрозаходи. Під час вивчення поєднань різних агрозаходів (трьох сівозмін, трьох систем обробітки ґрунту та двох-трьох фонів удобрення) варіанти сівозмін розташовують по полях у повздовжньому напрямку.

Варіанти обробітки ґрунту розміщують у повздовжньому напрямку на всіх полях кожної сівозміни, а варіанти з добривами – у поперечному. Такі багатofакторні дослідження можна закладати і без розгортання сівозмін по площі, але із щорічним закладанням одного дослідження впродовж двох-трьох років. Досліди з розгорнутими по площі сівозмінами продовжують до кінця ротації досліджуваних сівозмін з часу їх повного освоєння, а без розгортання сівозмін – не менш ніж до кінця другої ротації.

Досліджуючи сівозміни, слід приділяти більше уваги балансу поживних речовин, у тому числі вмісту гумусу. Тому прийнятими

Чистий пар	Горох	Гречка	Перший рік
Буряки цукрові Пшениця озима Сорго	Буряки цукрові Пшениця озима Сорго	Буряки цукрові Пшениця озима Сорго	Другий рік
Буряки цукрові			Третій рік
Пшениця озима			
Сорго			
Гречка			Четвертий рік
Пшениця озима			
Горох			
Буряки цукрові			
Горох			
Гречка			
Пшениця озима			
Горох			
Гречка			
Кукурудза на зелений корм			П'ятий рік

Рис. 30. Приблизні схеми розміщення ділянок у досліді з вивчення ланок польових сівозмін (для районів Східного Лісостепу України)

для впровадження у виробництво можуть бути лише ті схеми сівозмін, у яких забезпечується висока продуктивність культур з позитивним балансом гумусу.

Під час розроблення сівозмін слід ґрунтуватися на завданнях формування польових, кормових, ґрунтозахисних та інших видів сівозмін, які відповідають вимогам спеціалізованих господарств з різною формою власності на землю. До елементів інтенсифікації відносять насичення сівозмін до оптимально можливого рівня провідними культурами, повторними посівами польових і проміжних культур, використання нових сортів і гібридів інтенсивного типу, перспективних фонів удобрення, полімерних добрив, систем обробітку ґрунту, ефективних засобів захисту рослин. Сівозмін інтенсивного типу повинна забезпечити отримання високого і стабільного рівня врожайності, підвищення родючості ґрунту та покращання фітосанітарного стану полів.

**Проведення супутніх спостережень і аналізів.** У будь-якому досліді всі дослідження поділяються на дві групи: аналіз умов життя рослин і процес формування врожаю.

У будь-якому дослідженні обов'язково слід проводити фіксацію дат проходження фенологічних фаз розвитку досліджуваних культур на всіх варіантах досліді. Оскільки тривалість фенофаз напряму залежить від погодних умов, то до обов'язкових досліджень слід також включити аналіз основних елементів погоди, таких як динаміка опадів, особливості температурного режиму з фіксацією екстремальних температур, вологість повітря тощо.

Дослідження умов життя рослин умовно можна поділити на основні та другорядні (допоміжні). *Основні* – це дослідження, без яких не можна обійтися, які дають підставу робити певні рекомендації щодо конкретного варіанта досліді. Мета допоміжних досліджень – розкрити причини й механізми, які викликають закономірні зміни основних показників. Наприклад, у результаті проведення основних досліджень встановлено значне підвищення врожайності певної культури, а під час аналізу структури врожайності (допоміжні дослідження) дослідник розкрив причини, які забезпечують формування вищої врожайності.

У будь-яких дослідіх з вивчення впливу попередників, проміжних культур, ланок і цілих сівозмін для визначення умов вирощування рослин і динаміки ґрунтової родючості визначають:

- вологопроникність і найменшу вологоємність ґрунту на початку та в кінці вегетації;
- вологість ґрунту у динаміці за шарами 0–10, 10–20 см та ін.;
- температуру ґрунту в динаміці на різній глибині;
- фракційний склад ґрунту на початку проведення дослідів;
- твердість ґрунту перед сівбою та в кінці вегетації (дослідів);
- щільність ґрунту за шарами 0–10, 10–20, 20–30 см перед сівбою та в період вегетації;
- об'ємну масу ґрунту в шарах: 0–10, 10–20 і 20–30 см напередодні сівби та в період вегетації;
- нітрифікаційну здатність ґрунту на початку та в кінці дослідів;
- вміст нітратного та аміачного азоту в орному шарі ґрунту напередодні сівби та в період вегетації на вільних ділянках і під культурами;
- доступні форми фосфорної кислоти перед сівбою та впродовж вегетації різнорічними методами залежно від типу ґрунтів;
- рухомі форми калію перед сівбою та в період вегетації;
- гідролітичну кислотність ґрунтів у динаміці за роками;
- увібрані основи (кальцій і магній);
- суму увібраних основ;
- біологічну активність не менше двох-трьох разів за вегетацію рослин (облік бактерій і мікрофлори, кількість спор, облік актиноміцетів і аеробних бактерій, грибів);
- забур'яненість перед кожним прополюванням (не менше двох разів за вегетацію) на закріплених ділянках на всіх повтореннях дослідів;
- інтенсивність ушкодження культур хворобами та пошкодження шкідниками;
- фенологічні спостереження, біометричні обліки та густоту рослин у динаміці за фазами розвитку;
- облік урожаю на закріплених облікових ділянках, однакових за розміром і конфігурацією;
- структуру та якість продукції за чинними ДСТУ та ГОСТ;
- у дослідженнях з ланками сівозмін та цілими сівозмінами визначають їхню економічну ефективність і продуктивність за показниками (у середньому на 1 га сівозмінної площі): валовим виходом продукції (т), витратами праці (люд.-год) і коштів

(грн) на вирощування та збирання врожаю; вартістю валової продукції (грн), прибутком з 1 га та на 1 грн витрат (грн); продуктивністю праці (грн).

Залежно від поставлених завдань у програму робіт включають різні додаткові дослідження: вплив фізико-хімічних і біологічних особливостей реакції рослин на досліджувані заходи та ін.

Під час проведення досліджень із сівозмінами оцінюють їхню здатність забезпечувати охорону ґрунтів від ерозії, запобігати нагромадженню збудників найбільш небезпечних хвороб та шкідників і створювати умови для одержання екологічно чистої продукції.

У вихідних і кінцевих ґрунтових зразках, а також зразках, узятих через кожну ротацію сівозміни, крім вищеперерахованих аналізів, визначають такі показники родючості ґрунту, застосування яких можна побачити лише через доволі тривалий час. Це вміст загального гумусу та азоту, валового фосфору, калію та ін.

У разі необхідності всі польові дослідів з вивчення сівозмін можна доповнювати вегетаційними та лабораторно-польовими дослідівми, які моделюють ті чи інші умови польового дослідів і дозволяють глибше розкрити сутність досліджуваних процесів.

## 2. Досліди з вивчення впливу різних систем обробітку ґрунту

**Обробіток ґрунту** – система технологічних операцій, розроблена під конкретну культуру з урахуванням попередника, системи живлення, рівня технології тощо. Завдання обробітку ґрунту включає цілий комплекс питань, направлених на створення оптимальних умов для розвитку рослин і максимально можливої реалізації їхнього ресурсного потенціалу. Залежно від часу проведення розрізняють основний, передпосівний та міжрядний обробіток ґрунту. Завдання *основного* обробітку ґрунту – закласти належну базу для вирощування в подальшому певної культури. *Передпосівний* обробіток ґрунту направлений на створення сприятливих умов для нормального старту росту рослин та їхнього розвитку протягом вегетації. *Міжрядний*

обробіток ґрунту (для просапних культур) призначений для створення «комфортних» умов для рослин протягом вегетації.

Мета досліджень з обробітку ґрунту – виявити його вплив на зміну агрофізичних властивостей, поживний режим, біологічну активність, потенційну та активну забур'яненість ґрунту, а також на врожайність досліджуваної культури. Дослідження з вивчення впливу обробітку ґрунту, як правило, проводять в умовах польового досліді. Польові дослідження, спрямовані на вдосконалення агрозаходів, способів і систем обробітку ґрунту, повинні бути комплексними і багатофакторними, охоплювати різноманітність взаємозв'язків між обробітком ґрунту, внесенням добрив, дослідженням заходів боротьби з бур'янами, застосуванням зрошення тощо.

У дослідженнях з вивчення обробітку ґрунту вивчають окремі його способи та їхнє поєднання, систему обробітку ґрунту в конкретних сівозмінах або ланках сівозмін, шляхи його мінімалізації, які забезпечують зниження біоенергетичних й інших витрат на виробництво продукції.

**Схеми дослідів з обробітку ґрунту під озимі зернові** залежать від попередників і району проведення досліджень. Для умов Східного Лісостепу України приклади схем дослідів з вивчення впливу основного обробітку ґрунту під озимі зернові можуть бути такі.

*Після кукурудзи на зеленому кормі:* 1) полицева оранка на глибину 22–24 см (контроль); 2) безполицевий обробіток на 20–22 см; 3) плоскорізний обробіток на 22–24 см; 4) дискування важкими дисковими боронами на 10–12 см; 4) обробіток на глибину 14–16 см комбінованим агрегатом з плоскоріза, голчастої борони та котка.

*Після сої, проса, кукурудзи на силос:* 1) лушпиння дисковими лушпильниками (контроль); 2) обробіток важкими дисковими боронами на 10–12 см; 3) полицева оранка на глибину 22–24 см; 4) безполицевий обробіток на 16–18 см; 5) безполицевий обробіток на 14–16 см.

Під час вивчення строків проведення основного обробітку ґрунту під озимі зернові (наприклад оранки) після різних попередників схема досліді може бути такою:

- 1) оранка відразу після збирання попередника;
- 2) те саме через тиждень;
- 3) – // – через два тижні;
- 4) – // – через три тижні;
- 5) – // – через місяць.

**Схеми дослідів з обробітком ґрунту під ярі культури.** У схему досліді з вивчення впливу основного обробітку ґрунту під блок ярих колосових і кукурудзи різного напрямку використання можна включити такі варіанти (у тому числі два контролі):

- 1) оранка восени на глибину 20–22 см (абсолютний контроль);
- 2) орана навесні на глибину 18–20 см (контроль);
- 3) безполицевий обробіток КПЄ-3,8 на 16–18 см;
- 4) пряма сівба сівалкою «Semeato».

Дослід з вивчення впливу основного обробітку під соняшник можна поставити за такою схемою:

- 1) оранка плугом на 25–27 см (контроль);
- 2) безполицевий обробіток стояками СІБМЕ на 25–27 см;
- 3) безполицевий обробіток стояками ПРН-31000;
- 4) оранка плугом (на 20–22 см);
- 5) безполицевий обробіток чизелем ПЧ-2,5 на 25–27 см.

Для просапних культур особливо гостро стоїть питання удосконалення технології вирощування шляхом переходу на безполицеві способи основного обробітку. Орієнтовною схемою для вивчення основного обробітку ґрунту під буряки цукрові, картоплю, соняшник у районах Лісостепу може бути:

- 1) полицевий обробіток на 18–20 см (контроль);
- 2) полицевий обробіток на 22–24 см;
- 3) плоскорізний обробіток на 18–20 см;
- 4) плоскорізний обробіток на 22–24 см.

Якщо потрібно встановити оптимальну глибину основного обробітку ґрунту, наприклад, під кукурудзу на силос у лісостеповій зоні, схема досліді може включати такі варіанти:

- 1) безполицевий обробіток на глибину 14–16 см (контроль);
- 2) те саме глибину 18–20 см;
- 3) – // – 22–24 см;
- 4) – // – 26–28 см
- 5) – // – 30–32 см.

У разі необхідності визначення доцільності осіннього або весняного вирівнювання ріллі, схема може включати такі варіанти:

- 1) восени не вирівнювали, навесні вирівнювали боронами;
- 2) восени вирівнювали культивациєю, навесні не вирівнювали;
- 3) вирівнювали восени і навесні (культивациєю та боронуванням відповідно).

В окремому досліді можна вивчити ефективність використання для передпосівної підготовки ґрунту різних сільськогосподарських машин і знарядь, наприклад:

- 1) культиватора УСМК 5,4В;
- 2) культиватора КПС-4 (контроль);
- 3) комплексного агрегата АРВ-8.1-02;
- 4) комплексного агрегата «Європак 6000»;
- 5) важких зубових борін.

Визначення оптимального числа допосівних культивацій (не враховуючи передпосівної) під пізні ярі (сою, сорго, кукурудзу, просо, гречку), можна проводити за такою схемою:

- 1) без культивацій (лише передпосівна);
- 2) одна культивація (контрольний варіант);
- 3) дві проміжні культивації;
- 4) три проміжних культивації.

У схеми дослідів з визначення впливу міжрядного обробітку ґрунту включають різну глибину та кратність його проведення, можливі моделі робочих органів. Окремими варіантами в досліді можуть бути варіанти глибини заглиблення робочих органів, наприклад, лап-брить на посівах кукурудзи на зерно під час першого обробітку: 1) 4–6 см; 2) 6–8 см; 3) 8–10 см; 4) 10–12 см.

Якщо планується визначити стійкість ґрунту до вітрової ерозії за різних систем основного обробітку після стерньових культур, то в схему досліді доцільно включити варіанти, які забезпечують різний рівень збереженості рослинних залишків (стерні) на поверхні поля. Схема досліді може мати такий вигляд:

- 1) лушіння стерні дисковими лушильниками з подальшою полицевою оранкою на глибину 22–24 см (контроль);
- 2) лушіння стерні дисковими лушильниками з подальшим проведенням плоскорізного обробітку на глибину 22–24 см;
- 3) плоскорізний обробіток на глибину 22–24 см без попереднього лушіння;
- 4) полицева оранка на ту саму глибину без попереднього лушіння;
- 5) плоскорізний обробіток на глибину 16–18 см без попереднього лушіння.

У районах поширення водної ерозії доцільно вивчати різні варіанти основного обробітку ґрунту із застосуванням протиерозійних заходів. Орієнтовна схема дослідження може бути такою:

- 1) полицева оранка на заплановану глибину;
- 2) те саме із ґрунтопоглибленням;
- 3) – //– з утворенням переривчастих борозен;
- 4) – //– з утворенням валків;
- 5) – //– безполицевий обробіток із залишенням стерні на поверхні поля.

Одним з актуальних напрямів досліджень обробітку ґрунту є його мінімізація. Метою дослідів з мінімізації обробітку ґрунту є визначення можливості скорочення числа та глибини обробітків ґрунту, поєднання ряду технологічних операцій та заходів в одному процесі, застосування знарядь з активними робочими органами та комбінованих агрегатів, підвищення родючості ґрунту, зменшення енерговитрат.

Схема досліді з вивчення мінімізації обробітку ґрунту під ярі колосові після зернобобових, гречки чи проса може включати:

- 1) полицеву оранку на 22–24 см (контроль);
- 2) те саме на 20–22 см;
- 3) – //– на 18–20 см;
- 4) – //– на 16–18 см;
- 5) обробіток важкими дисковими боронами на 10–12 см;
- 6) варіант без обробітку.

Схеми досліджень з вивчення впливу мінімізації обробітку ґрунту можуть включати різні варіанти глибини передпосівного чи післяпосівного обробітку ґрунту або кількість операцій у системі передпосівного та післяпосівного обробітку.

**Методичні аспекти досліджень з вивчення обробітку ґрунту.** Важливе значення у вивченні способів обробітку ґрунту має типовість польового досліді. Умови проведення дослідів з обробітку ґрунту повинні відповідати ґрунтово-кліматичним, виробничим і агротехнічним умовам району вирощування або конкретного господарства. Типовим має бути і рівень механізації вирощування культур. Досліди з обробітку ґрунту не можна закладати і проводити машинами та знаряддям застарілих марок, оскільки результати таких досліджень можуть бути неприйнятними для виробництва. Тому під час проведення досліджень важливо забезпечити механізацію вирощування культур з використанням машин, які випускаються серійно вітчизняними чи закордонними виробниками. Під час розробки нових агрозаходів обробітку ґрунту та в разі неможливості їхнього

здійснення серійними зразками машин допускається застосування експериментальних зразків.

*Розмір дослідних ділянок* під час вивчення обробітку ґрунту можна змінювати залежно від завдання, яке потрібно вирішити, вирощуваної культури і техніки, яка застосовується в досліді. Питання про розмір, форму, розміщення та напрям ділянок, кількість повторень у досліді з обробітку ґрунту вирішують залежно від марок досліджуваних тракторів, ґрунтообробних агрегатів, посівних і збиральних машин, а також від числа досліджуваних чинників (однофакторний або багатофакторний дослід).

Для підвищення точності досліді, повнішого охоплення строкастості ґрунту поля, раціонального використання техніки, досягнення вирівняного поливу (для умов зрошення) установлюють довжину ділянок, що дорівнює 60 м. У багатофакторному досліді мінімальна площа ділянки має становити 100 м<sup>2</sup>, у складному комплексному – 130 м<sup>2</sup>.

*Ширина ділянок* залежить від ширини ґрунтообробних агрегатів. Наприклад, під час використання начіпних і причіпних машин з робочим захватом 2,8 або 4,2 м ширина посівних ділянок може становити 8,4; 16,8; 25,2 м і под. У разі використання сільськогосподарських машин із шириною захвату 5,6 м ширина посівних ділянок може становити 5,6; 11,2; 16,8 м і под.

Мінімальна *повторність* досліді на площі – три-чотириразова, у часі – триразова (три закладки досліді).

Розміщення повторень послідовне в один ряд або ярусами; розміщення варіантів – рендомізоване або систематичне. Схема досліді не повинна бути громіздкою, загальна кількість варіантів має становити не більше 10.

Під час дослідження окремих агрозаходів і способів обробітку ґрунту під групу культур метою досліджень є установлення реакції культур на окремі агрозаходи та способи основного, передпосівного й міжрядного обробітків. Метод поперечного накладення культур на різні види обробітку ґрунту дозволяє в різних ґрунтових і кліматичних умовах визначити більш ефективні заходи під цілу групу культур одночасно.

Ефективність поєднань систем основного та передпосівного обробітку ґрунту вивчають у стаціонарних дослідіх у найбільш типових ланках сівозмін. Змінюють різні обробітки за роками згідно зі

схемою досліді. За контроль беруть способи основного та передпосівного обробітку ґрунту, рекомендовані для цієї культури та району. Дослідження можна проводити на фоні хімічного способу боротьби з бур'янами.

Щоб повніше охарактеризувати реакцію рослин на способи обробітку ґрунту, у дослідіх з вивчення систем обробітку ґрунту застосовують різні агрофони, різні сорти (гібриди) культур. У цьому випадку ділянки ділять упоперек на однакові частини за кількістю фонів. Вони можуть розрізнятися за рівнем мінерального живлення, площею живлення рослин, формою поверхні тощо.

У багатофакторних дослідіх з поперечним накладанням варіантів схеми досліді не повинні бути громіздкі, зі значною кількістю повторень, оскільки значно збільшиться кількість ділянок і значно скоротиться їхній розмір. Для багатофакторних дослідів оптимальна кількість ділянок коливається в межах від 20 до 60 шт. за облікової площі ділянки – понад 100 м<sup>2</sup>.

Основними питаннями, які вивчають у дослідіх із системами обробітку ґрунту, є: визначення впливу обробітку ґрунту на процеси накопичення та розкладання органічної речовини в ґрунті, включаючи баланс азоту та гумусу на різних фонах органічних і мінеральних добрив; визначення допустимих меж питомого тиску тракторів і сільськогосподарських машин на різні види ґрунтів; пошук шляхів зниження ущільнювальної дії ходових систем агрегатів на властивості ґрунтів та їхню родючість; установлення агротехнічної оцінки агрегатів, які дозволяють одночасно проводити кілька технологічних операцій.

У дослідженнях з мінімізації обробітку ґрунту особливу увагу слід приділяти його структурі, щільності і твердості в різних частинах орного шару, вологості, водопроникності, аерації та іншим агрофізичним чинникам ґрунтової родючості, а також урахувати поширення бур'янів, хвороб і шкідників рослин.

**Перелік спостережень і обліків.** Оскільки під час обробітку ґрунту може різко змінюватися фізичний стан верхнього шару, що впливатиме на водно-повітряний режим і життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів, то програма обов'язкових досліджень повинна передбачати вивчення:

- будови ґрунту на глибину максимального обробітку з урахуванням співвідношення пор і твердої фази ґрунту, капілярної



- і некапілярної пористості, об'єму води та повітря в ґрунтових проміжках;
- щільності 30-сантиметрового шару ґрунту відразу після обробки, на початку, всередині та наприкінці вегетації культури;
- фракційного складу ґрунту та його стійкості до розмивання водою;
- вологості кореневмісного шару ґрунту на час сівби та в основні фази розвитку рослин;
- вологопроникності та найменшої вологоємкості;
- об'ємної маси ґрунту в пробах, відібраних буром упродовж вегетаційного періоду за фазами росту і розвитку рослин у шарах: 0–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–50, 50–60, 60–70, 70–80 і 80–100 см;
- твердості, пористості й аерації ґрунту.

До обов'язкових у досліді з обробкою ґрунту також належать аналізи забур'яненості посівів і розподілу насіння бур'янів по профілю орного шару ґрунту, здатності протистояти водній та вітровій ерозії, вивчення розподілу добрив по профілю ґрунту та окремих основних елементів живлення на глибину обробки, аналіз якості загорання рослинних решток попередника та органічних добрив, а в досліді з різним передпосівним обробкою ґрунту – і якості загорання насіння.

У програму дослідів з вивчення впливу протиерозійного обробки ґрунту доцільно включати питання про переміщення його часток на поверхні поля (під час вивчення заходів боротьби з вітровою ерозією) та інтенсивність змивання (якщо вивчають заходи, спрямовані на боротьбу з водною ерозією).

Ріст і розвиток рослин, формування їхньої врожайності в досліді з обробкою ґрунту аналізують за такими самими показниками, як і в інших досліді.

Для оцінки якості роботи ґрунтообробних машин визначають:

- глибину ходу ґрунтообробного органу знаряддя або машини не менш ніж у 15 точках по сліду кожного робочого органу з інтервалом 0,5 м за довжиною гону;
- брилистість поверхні поля до та після проходу агрегата методом накладання квадратної рамки площею 1 м<sup>2</sup> у п'ятиразовій повторності. Брили розділяють на фракції 5,0–10,0; 10,1–15,0; 15,1–25,0 і 25,1–40,0 см. Брили діаметром понад 5 см вимі-

- рюють у двох напрямках і визначають їхню площу. Сумарну площу всіх брил відносять до площі рамки та розраховують відсоток брилистості;
- грудкуватість ґрунту до та після проходу агрегата накладанням рамки розміром 0,5 × 0,3 м на поверхню поля в триразовій повторності. Усі грудки розміром до 5 см ділять на фракції 1,0–2,0; 2,1–3,0; 3,1–4,0 і 4,1–5,0 см і визначають їхню сумарну площу. Відношення сумарної площі до площі рамки становить відсоток грудкуватості ґрунту;
- ступінь крихкості ґрунту на площі 0,3 × 0,3 м до та після проходу агрегата на глибину ходу робочих органів за шарами 0–10, 10–20 і 20–30 см у триразовій повторності. Розподіл на фракції проводять на ґрунтових ситах. Включаючи масу кожної фракції до загальної маси, визначають ступінь крихкості ґрунту у відсотках.

Під час оцінювання якості роботи ґрунтообробних машин дотримуються вимог і норм чинних державних і галузевих стандартів з випробування машин і знарядь для вирощування та збирання посівів, передпосівного, суцільного та міжрядного обробки ґрунту.

Достовірність даних з обробки ґрунту, які отримують у польовому досліді, значною мірою обумовлюється якістю роботи машин і знарядь, а також вирівняністю фону. Навіть незначна строкатість, допущена, наприклад, під час унесення добрив, знецінює дані.

Дослідження з вивчення впливу обробки ґрунту потрібно спрямувати на вдосконалення застосовуваних заходів, правильне поєднання основного, передпосівного, міжрядного, глибоких і дрібних обробки, створення оптимальної щільності ґрунту, періодичності в обробках, раціонального поєднання механічного та хімічного методів боротьби з бур'янами, способів загорання органічних і мінеральних добрив, ґрунтових гербіцидів.

### 3. Особливості методики польового досліджу з добривами

Мета польових дослідів з добривами полягає у виявленні оптимальних доз і співвідношень мінеральних добрив, визначенні кращих форм і способів внесення добрив під різні культури, сорти, гібриди в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Найбільший ефект від добрив можна отримати тільки на фоні високої агротехніки, тож досліді з вивчення впливу добрив слід проводити із застосуванням найпродуктивніших районованих сортів і гібридів, використанням передових технологій вирощування.

Досліді з добривами за тривалістю можуть бути багаторічними та короткочасними. Багаторічні стаціонарні досліді зазвичай тривають кілька ротаций сівозміни та служать для розробки системи удобрення в цілому по сівозміні. У багаторічних стаціонарних дослідіях з великою точністю можна визначити темпи збагачення ґрунтів окремими елементами живлення чи їхнє виснаження, післядію добрив, зміну родючості ґрунту за тривалий проміжок часу. У таких дослідіях відбувається накладання одних і тих же видів добрив упродовж кількох років, що дозволяє визначити сумарний ефект їхньої дії і післядії.

У багаторічних дослідженнях під дослідом зайняте кожне поле сівозміни, розгорнутої у просторі. Розгортання такої сівозміни повинно проходити поступово, шляхом щорічного введення у неї нового поля. Накладання окремих видів добрив повинно відбуватися в певній послідовності кожного року. При цьому можна вивчати ефективність окремих елементів досліджуваної системи добрив та сівозміну в цілому. Для економії площі доцільно проводити досліді в сівозмінах з короткою ротацією або в ланках сівозмін, які включають основні культури, що вирощуються в цьому районі.

Короткострокові досліді з добривами можна проводити як у сівозмінах, так і поза ними, але обов'язково після кращих попередників. За один-два роки до закладання таких дослідів необхідно строго витримувати рівномірність унесення добрив на відведених під них ділянки.

Короткострокові досліді з добривами слід проводити не менш ніж у триразовому повторенні в часі. Кожний варіант дослідіу по-

трібно закладати не менш ніж у чотирикратній повторності, а під час проведення виробничих дослідів (на великих площах) – не менш ніж у двократній повторності.

Контрольним варіантом у польових дослідіях з вивчення доз і видів добрив є варіант без добрив. Якщо в досліді вивчається більше 12 варіантів, то в досліді вводять другий контрольний варіант без добрив. Контрольний варіант потрібний для розрахунку виносу та коефіцієнта використання поживних елементів рослинами з ґрунту та з добрив, а також їхньої ефективності.

Другим контрольним варіантом може бути рекомендована для району або прийнята в господарстві доза повного мінерального добрива. Контролем може бути і фон без досліджуваного виду добрива (наприклад, РК для оцінки форм азотних добрив, NP – калійних, NK – фосфорних).

З достатньою достовірністю виявити ефективність основних видів мінеральних добрив у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах дозволяють ортогональна (повна) та неповна схеми розміщення варіантів. Повна схема передбачає вісім варіантів: 0, N, P, K, NP, NK, PK, NPK. Вона містить усі можливі комбінації з трьох основних видів мінеральних добрив. Частіше ж застосовують неповну схему з п'яти варіантів – 0, NP, NK, PK, NPK, за якої кожний елемент вивчають на фоні іншого елемента.

Оптимальні дози та співвідношення мінеральних добрив установлюють у польових дослідіях, де передбачається виявлення необхідної кількості поживних речовин для отримання максимально можливих урожаїв у певних агротехнічних і ґрунтово-кліматичних умовах. Схеми таких дослідів повинні забезпечувати можливість визначення ефективності зростаючих доз кожного елемента живлення; установлення їхньої дії та взаємодії при сумісному застосуванні; визначення оптимальних поєднань доз поживних елементів у добривах; виявлення ефекту дії різних рівнів повного мінерального живлення.

Загальна схема дослідіу з вивчення оптимальних доз кожного елемента може бути такою:

- 1) (абсолютний контроль);
- 2)  $P_1K_1$ ;
- 3)  $P_1K_1 + N_{0,5}$ ;
- 4)  $P_1K_1 + N_{1,0}$ ;

- 5)  $P_1K_1 + N_{1,5}$ ;
- 6)  $N_1K_1$ ;
- 7)  $N_1K_1 + P_{0,5}$ ;
- 8) (абсолютний контроль);
- 9)  $N_1K_1 + P_{1,0}$ ;
- 10)  $N_1K_1 + P_{1,5}$ ;
- 11)  $N_1P_1$ ;
- 12)  $N_1P_1 + K_{0,5}$ ;
- 13)  $N_1P_1 + K_{1,0}$ ;
- 14)  $N_1P_1 + K_{1,5}$ .

Якщо завдання полягає у визначенні ефективності добрив з різним співвідношенням основних елементів живлення (N:P:K) під різні культури, можна обрати таку орієнтовну схему дослідів:

- 1) абсолютний контроль;
- 2)  $N_xP_yK_z$  (рекомендована доза під певну культуру);
- 3)  $N_{0,5x}P_yK_z$ ;
- 4)  $N_{1,5x}P_yK_z$ ;
- 5)  $N_xP_{0,5y}K_z$ ;
- 6)  $N_xP_{1,5y}K_z$ ;
- 7)  $N_xP_yK_{0,5z}$ ;
- 8)  $N_xP_yK_{1,5z}$ .

Щоб виявити ефективність підвищених доз досліджуваних елементів, фон добрив для побудови схеми дослідів, як правило, повинен бути на рівні рекомендованих доз. В окремих випадках необхідно дослідити знижені дози добрив. Залежно від біологічних особливостей культури та рівня родючості дослідної площі деякі варіанти можна виключити зі схеми дослідів (наприклад, з різними дозами калію на ґрунтах із підвищеним вмістом цього елемента).

Для порівняння ефективності застосування гною та мінеральних добрив зіставляють дію звичайної дози гною (40–50 т/га) і повного мінерального добрива, внесеного в дозі, вирівняній за одним з елементів. Оскільки з гноєм вноситься значна кількість інших поживних елементів, необхідно ввести варіант із застосуванням повного мінерального добрива в дозі, за якої вміст азоту, фосфору та калію буде еквівалентний кількості цих елементів у гної. Дослід проводять за такою схемою: 1) 0; 2) NPK; 3) NPK (еквівалентне гною); 4) NPK + гній. У такий спосіб можна підбирати схеми для вивчення інших видів органічних добрив: сидератів, компостів і т. ін.

Якщо планується порівняти між собою різні види органічних добрив, дослід можна закладати за схемою: 1) гній напівперепрілий (контроль); 2) солома; 3) сидерати; 4) пташиний послід; 5) гноївка.

Оцінку різних форм мінеральних добрив, як правило, проводять у тривалих стаціонарних дослідів при багаторічному накладанні тих самих форм добрив. Актуальним є вивчення таких форм мінеральних добрив: азотних – сечовини, аміачної та натрієвої селітри, сульфату амонію; фосфорних – гранульованого та подвійного суперфосфату, поліфосфату кальцію та амонію, плавленого магнезійного фосфату; калійних – хлористого та сірчаноокислого калію, калійної селітри, калімагнезії, метафосфату калію; складних – нітро-амофосу, нітроамофоски, карбоамофоски. Упродовж останніх років зростає увага до полімерних добрив, таких як Вуксал, Нонамікс, Мастер, Аквамікс, Кристалон, Листове, Рексолін, Разосоль та ін.

Вплив мікродобрив слід вивчати в дослідів, поставлених на ґрунтах з низьким вмістом засвоюваних форм мікроелементів, або в разі виявлення на окремих рослинах ознак дефіциту того чи іншого мікроелемента. Ефективність їхнього застосування зростає при збільшенні доз мінеральних добрив і знижується за систематичного внесення гною, оскільки він містить значну кількість усіх мікроелементів.

Дослідження з мікроелементами проводять у спеціальних дрібноділянкових дослідів на незначній, вирівняній за родючістю площі. Досліди з мікродобривами можна проводити також у звичайних польових дослідів з макродобривами, додаючи декілька варіантів дослідів з мікродобривами.

Мікродобрива вносять кількома способами: замочуючи в них насіння, разом із суперфосфатом у рядки, разом з основним унесенням добрив, як позакореневе підживлення. Під час проведення досліджень з мікроелементами необхідно враховувати біологічні особливості культури, а саме її реакцію на застосування того чи іншого мікроелемента.

У дослідницькій роботі значного поширення набувають багатофакторні (комплексні) дослідів. У цих дослідів дію добрив вивчають з урахуванням інших агрозаходів – густоти рослин, сортового складу культур, способу обробітку ґрунту тощо. У таких дослідженнях контрольними варіантами можуть бути варіанти без добрив за всіх досліджуваних агрофонів та всі варіанти з добривами за одного

з фонів, прийнятого за стандарт. Як приклад наведемо таку схему двофакторного польового дослід з вивчення впливу добрив на фоні різних попередників:

Попередник А	Попередник Б ( <i>st</i> – стандарт)	Попередник В
1. Без добрив	Без добрив	Без добрив
2. N <sub>0,5</sub> P <sub>0,5</sub> K <sub>0,5</sub>	N <sub>0,5</sub> P <sub>0,5</sub> K <sub>0,5</sub>	N <sub>0,5</sub> P <sub>0,5</sub> K <sub>0,5</sub>
3. N <sub>0,75</sub> P <sub>0,75</sub> K <sub>0,75</sub>	N <sub>0,75</sub> P <sub>0,75</sub> K <sub>0,75</sub>	N <sub>0,75</sub> P <sub>0,75</sub> K <sub>0,75</sub>
4. N <sub>1,0</sub> P <sub>1,0</sub> K <sub>1,0</sub> ( <i>st</i> )	N <sub>1,0</sub> P <sub>1,0</sub> K <sub>1,0</sub> ( <i>st</i> )	N <sub>1,0</sub> P <sub>1,0</sub> K <sub>1,0</sub> ( <i>st</i> )
5. N <sub>1,25</sub> P <sub>1,25</sub> K <sub>1,25</sub>	N <sub>1,25</sub> P <sub>1,25</sub> K <sub>1,25</sub>	N <sub>1,25</sub> P <sub>1,25</sub> K <sub>1,25</sub>
6. N <sub>1,5</sub> P <sub>1,5</sub> K <sub>1,5</sub>	N <sub>1,5</sub> P <sub>1,5</sub> K <sub>1,5</sub>	N <sub>1,5</sub> P <sub>1,5</sub> K <sub>1,5</sub>
7. N <sub>1,75</sub> P <sub>1,75</sub> K <sub>1,75</sub>	N <sub>1,75</sub> P <sub>1,75</sub> K <sub>1,75</sub>	N <sub>1,75</sub> P <sub>1,75</sub> K <sub>1,75</sub>

Наведена схема дозволяє виявити ефективність попередників залежно від різних доз основних елементів мінерального живлення. Попередник Б є стандартом. З ним порівнюють інші попередники, які можуть бути перспективними для району проведення досліджень. Ця схема дає змогу визначити оптимальний рівень елементів мінерального живлення для кожного попередника та правильно розрахувати дози добрив на запланований рівень урожайності.

Важливою частиною агрохімічних досліджень є вивчення системи застосування добрив у сівозміні – складової частини комплексу агрозаходів, направлених на збільшення врожайності, підвищення родючості ґрунтів, поліпшення якості продукції.

Під час вивчення системи добрив у сівозміні вирішують такі завдання: установлення оптимальних видів, доз і форм добрив під окремі культури сівозміни; визначення найбільш ефективних способів унесення добрив; регулювання ґрунтового середовища шляхом вапнування або гіпсування ґрунтів; визначення тривалості та інтенсивності післядії добрив у сівозміні; забезпечення екологічної чистоти продукції та безпеки навколишнього середовища (ґрунту, вологи і под.).

Для визначення запасів поживних елементів у ґрунті перед постановкою дослід з добривами (восени або навесні) відбирають зразки ґрунту. Змішаний зразок з орного та підорного шарів на кожній ділянці дослідів відбирають у стаціонарних багаторічних дослідженнях. У короткострокових дослідях на вирівняній площі достат-

ньо відібрати змішані зразки з орного та підорного шарів кожного повторення дослід.

Під час розрахунку доз мінеральних добрив урахують вміст у них основних поживних елементів (N; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; K<sub>2</sub>O). Необхідну кількість кожного виду добрив визначають за формулою:

$$x = (a \cdot c) / (100 \cdot b);$$

де  $x$  – кількість добрива на ділянку, кг;  $a$  – доза поживної речовини, кг/га;  $c$  – площа ділянки, м<sup>2</sup>;  $b$  – вміст діючої речовини у добриві, %.

Наважки добрив готують за один-три дні до закладання дослід. Всі добрива подрібнюють і просіюють. Їх зважують і розкладають по паперових пакетах, куди вкладають етикетку, яка відповідає схемі дослід. У полі пакети розкладають на ділянки відповідно до схеми дослід.

Добрива вносять вручну, рівномірно по всій ділянці. Одну половину потрібної дози рекомендується розподіляти вздовж ділянки, другу половину – уперек. Не допускається внесення добрив за сильного вітру. Великі ділянки бажано поділити на кілька рівних частин і на кожну частину окремо вносити відповідну дозу добрив. Межі ділянок доцільно виділити шпагатом або кольоровою стрічкою.

Гній та інші органічні добрива зазвичай вносять за масою, розраховуючи її як і для мінеральних добрив. Перед унесенням органічного добрива беруть середню пробу та визначають відсоток сухої речовини, вміст загального азоту, фосфору та калію. Перед доставкою в поле їх ретельно перемішують.

Відміряні дози добрив розносять рівномірно по всій площі ділянки, складаючи в невеликі купи, а потім ретельно розподіляють по поверхні ґрунту. Заорювати добрива необхідно в день внесення.

Сидерати застосовують різними способами залежно від умов проведення дослідів: висівають по всій площі поля з подальшим викошуванням і видаленням біомаси на тих ділянках, де сидерати вносити не планується, або привозять сидеральну біомасу з іншого поля з подальшим розподілом її по ділянках.

**Планування досліджень.** Внесення добрив впливає насамперед на поживний режим ґрунту, тож у дослідях з вивчення впливу добрив потрібно розглядати умови живлення рослин за періодами росту

та розвитку. У досліджуваних зразках визначають забезпеченість рослин нітратним і амонійним азотом, рухомими формами фосфору та калію.

Оскільки більшість добрив є фізіологічно кислими, під час проведення досліджень з мінеральними добривами обов'язково слід визначати кислотність ґрунту. Цей аналіз також доцільно проводити в дослідях з органічними та вапняними добривами, оскільки останні вносять безпосередньо для зниження кислотності ґрунту.

Під час проведення досліджень з добривами також визначають інтенсивність життєдіяльності мікроорганізмів, нітрифікаційну здатність ґрунту, розподіл основних елементів живлення за шарами, вміст у ґрунті важких металів, переміщення нітратів за межі досягнення їх корінням рослин. На посівах рослин, схильних до вилягання (високорослі сорти пшениці, тритикале, ячменю, жита), крім визначення біометричних показників за основними фазами розвитку, визначають стійкість рослин до вилягання.

У будь-яких дослідженнях з вивчення впливу системи удобрення обов'язково потрібно проводити фенологічні спостереження, оскільки добрива сприяють прискоренню одних фаз розвитку та уповільненню інших.

Покращуючи поживний режим ґрунту, добрива, крім стимулювання росту досліджуваної культури, сприяють більш інтенсивному росту бур'янів, тож до обов'язкових аналізів у дослідях з добривами належить вивчення забур'яненості.

Крім урожайності, у дослідях з вивчення впливу добрив потрібно визначати якісні показники врожаю. Наприклад, під час вивчення впливу підживлень посівів пшениці твердої ярої сечовиною або комплексними добривами потрібно визначати вміст білка в зерні, масу 1000 зерен, натуру, склоподібність зернівок. Додатковими якісними аналізами тут може бути визначення фракційного складу білків, вмісту амінокислот, вітамінів, зольних речовин тощо.

Поживні речовини добрив у перший рік проведення досліджень використовуються не повністю, тож у дослідях з вивчення впливу добрив, крім прямої дії, потрібно враховувати їхню післядію на наступні культури. Програма досліджень з вивчення післядії попередників така сама, як і при вивченні прямої дії добрив (у перший рік).

## 4. Досліди з вивчення впливу строків сівби

Постійне оновлення сортового складу вимагає пошуку оптимальних строків сівби, адже між сортами (гібридами) існують певні специфічні біологічні особливості. Питання постійного пошуку оптимальних строків сівби також пов'язане з помітними кліматичними змінами, які спричинені зростанням температурних показників як за сезонами, так і в середньому за рік.

Більшою мірою питання пошуку раціональних строків сівби стосується озимих зернових і ярих культур середнього та пізнього строків сівби, адже з ранніми ярими, насамперед колосовими, ситуація зрозуміла – оптимальними для них є якомога раніші строки сівби. Тобто сівбу слід починати відразу, як тільки сформуються сприятливі погодні умови і ґрунт буде готовий для проведення робіт. Досвід показує, що найбільші врожаї ярих колосових отримують за максимально ранніх строків сівби. Нерідко трапляються випадки, коли сівба ячменю або пшениці ярої у так звані «лютневі вікна» забезпечувала формування вищої врожайності рослин порівняно з іншими строками сівби.

Таким чином, питання оптимізації строків сівби стосується озимих зернових, ярих середнього та пізнього строків сівби, а також проміжних і поукісних посівів.

Для визначення строків сівби озимих зернових та ярих культур середніх і пізніх строків сівби існують певні відмінності. Так, під час визначення оптимальних строків сівби озимих зернових досліджувані варіанти пов'язують з календарними датами проведення сівби. Єдиної загальноприйнятої думки стосовно оптимальних строків сівби озимих зернових немає. Більшість науковців і виробників підтримують думку, згідно з якою оптимальні строки сівби озимих зернових у районах Східного Лісостепу України варіюють у діапазоні від 10 до 20 вересня. Тож, узявши це за основу, можна обрати такі варіанти строків проведення сівби пшениці озимої: 1) 5 вересня; 2) 10 вересня; 3) 15 вересня; 4) 20 вересня; 5) 25 вересня; 6) 30 вересня; 7) 5 жовтня; 8) 10 жовтня.

Можна вивчати вплив строків сівби і в ширшому діапазоні, наприклад з 1 вересня по 20 жовтня. Питання вибору граничних дат проведення сівби та крок градації варіантів досліджу (п'ять днів, один

тиждень або 10 днів) дослідник вирішує, враховуючи ряд супутніх показників: біологічні особливості культури (сорт), ґрунтові та погодні умови, матеріально-технічну базу господарства, характер досліджень (наприклад, пріоритетом у досліді є встановлення екстремально ранніх або екстремально пізніх строків сівби).

Пріоритет у виборі строків сівби для ярих культур середнього та пізнього строку сівби має належати показнику температури ґрунту на глибині сівби насіння, а не календарним датам. І це цілком логічно, адже погодні умови вегетаційного періоду досить часто розрізняються і провести сівбу досліджуваної культури протягом кількох років у ті ж самі дати фактично неможливо. Можна навести чимало прикладів, коли в перший рік сівбу (наприклад буряків цукрових) розпочинали на початку квітня, а наступного року навіть до кінця другої декади квітня погода не дозволяла проводити сівбу. Приклади дослідів з різними строками сівби ярих культур середніх і пізніх строків сівби можуть бути такими.

*Приклад 1.* Схема дослідів з вивчення впливу строків сівби буряків цукрових (варіанти строків сівби – календарні дати):

1) 1 квітня; 2) 15 квітня; 3) 1 травня; 4) 15 травня; 5) 30 травня.

*Приклад 2.* Схема дослідів з вивчення впливу строків сівби соняшнику (вибір варіантів строків сівби пов'язаний з температурою ґрунту на глибині загорання насіння):

1) за температури посівного шару ґрунту 5–6 °С;

2) те саме при 7–8 °С;

3) – //– 9–10 °С;

4) – //– 11–12 °С.

Оптимальна кількість варіантів у дослідів з вивчення строків сівби має становити 4–7 шт. Загальнопоширений варіант (контроль району) бажано розміщувати в середній частині досліджуваного діапазону строків сівби. Наприклад, під час вивчення п'яти строків сівби доцільно два строки обрати раніше від рекомендованого і два – пізніше.

**Перелік обов'язкових спостережень та обліків.** Проведення сівби в різні строки спричиняє зміни, пов'язані насамперед з морфологічними змінами в будові рослин, зміною фітосанітарного стану посівів, тож під час визначення строків сівби для можливості встановлення причин реалізації певного варіанта (строку сівби) у програму досліджень доцільно включати такі спостереження обліки та аналізу:

- визначення вмісту вологи у шарі ґрунту (0–100 або 0–150 см, залежно від культури) перед сівбою;
- облік забур'яненості посівів;
- облік ураженості рослин хворобами та шкідниками;
- фенологічні спостереження (визначення терміну настання фенофаз розвитку);
- розрахунок біометричних показників у динаміці розвитку рослин (вегетативної біомаси, висоти рослин, площі листків, діаметра стебла, вторинної кореневої системи і т. ін.);
- оцінка посівів за стійкістю проти вилягання;
- визначення температури ґрунту на глибині загорання вузла кушніння в динаміці;
- визначення ступеня перезимівлі рослин (для озимих зернових).

Наведені складові обов'язкової програми досліджень мають важливе значення для росту та розвитку рослин. Вони «коригують» реалізацію ресурсного потенціалу врожайності рослин та якості отриманої продукції. Зокрема, перенесення строків сівби на пізніші за рахунок проведення більшої кількості культиваций сприяють зменшенню забур'яненості посівів, тоді як за сівби в більш ранні строки буде розвиватися більше бур'янів, що впливатиме на формування продуктивності посівів. Більш рання сівба ярих зернових за рахунок повнішого використання агресурсу, насамперед режиму зволоження, сприяє потужнішому розвитку вузлового коріння, що в сумі з іншими чинниками відіграватиме важливу роль у зміні показників продуктивності та якості продукції.

## 5. Досліди з вивчення впливу глибини загорання насіння

Серед питань агротехніки важливе місце займає глибина сівби (садіння), оскільки від її вибору залежить розвиток рослин упродовж вегетації та формування продуктивності рослин.

Однак універсального «визначення» оптимальної глибини сівби бути не може. Питання вибору сівби на оптимальну глибину потребує

певних уточнень, що пов'язано насамперед з ґрунтовими та погодними особливостями конкретного регіону, району, господарства тощо. Вибір оптимальної глибини сівби пов'язаний з фізичними властивостями ґрунту – його твердістю, структурністю, щільністю, вмістом вологи. Саме тому вирішення цього питання завжди залишається актуальним і потребує наукового обґрунтування в кожному конкретному випадку.

Глибина загортання насіння з якої воно спроможне прорости, залежить від його крупності. Чим крупніше насіння, тим більше в ньому сконцентровано енергії для проростання і тим з більшої глибини може зійти проросток насінини. Наприклад, максимально можлива глибина сівби (садіння), з якої насінини здатна прорости (забезпечити вихід проростка на поверхню ґрунту), для ріпака (маса 1000 насінин 10 г) у середньому становить 5–6 см, пшениці (маса 1000 насінин біля 40 г) – 12–14 см, кукурудзи (маса 1000 понад 100 г) – 16–18 см. Отже, чим більша насінини, тим більша максимальна глибина, з якої вона спроможна зійти.

Це також стосується насіння різних сортів (гібридів) культур, його репродукції, енергії проростання, крупності. Однак, це не означає, що оптимальна глибина сівби для більшого насіння має бути більшою, адже, наприклад, для пшениці біологічно оптимальною є глибина загортання насіння 1–2 см, тобто глибина, за якої мінімально витрачається запас поживних речовин на подолання проростком опору ґрунту під час проростання. Крім ґрунтових і сортових особливостей, на вибір оптимальної глибини сівби впливають елементи агротехніки, такі як попередник, спосіб сівби тощо.

Під час проведення досліджень з вивчення цього чинника важливо правильно підібрати діапазон та крок градації глибини сівби (садіння). Крок градації для дрібнонасінневого матеріалу (ріпак, гречка, мак, льон, конюшина, буряки цукрові тощо) доцільно взяти на рівні 0,5 см, для більшості культур з масою 1000 насінин від 50 до 1000 г (жито, пшениця, ячмінь, кукурудза, соняшник тощо) крок градації встановлюють на рівні 1–2 см, для бульб картоплі – 2–3 см.

Нижче наведено орієнтовні схеми дослідів з вивчення впливу глибини сівби (садіння) для різних культур.

*1. Схема дослідів з пшеницею та іншими зерновими колосовими:*

- |            |               |
|------------|---------------|
| 1) 1–2 см; | 6) 6–7 см;    |
| 2) 2–3 см; | 7) 7–8 см;    |
| 3) 3–4 см; | 8) 8–9 см;    |
| 4) 4–5 см; | 9) 9–10 см;   |
| 5) 5–6 см; | 10) 10–11 см. |

*2. Схема дослідів з буряками цукровими або з ріпаком:*

- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| 1) 0,5–1,0 см; | 6) 3,0–3,5 см;  |
| 2) 1,0–1,5 см; | 7) 3,5–4,0 см;  |
| 3) 1,5–2,0 см; | 8) 4,0–4,5 см;  |
| 4) 2,0–2,5 см; | 9) 4,5–5,0 см;  |
| 5) 2,5–3,0 см; | 10) 5,0–5,5 см. |

*3. Схема дослідів з кукурудзою або соняшником:*

- |            |              |
|------------|--------------|
| 1) 1–3 см; | 5) 9–11 см;  |
| 2) 3–5 см; | 6) 11–13 см; |
| 3) 5–7 см; | 7) 13–15 см; |
| 4) 7–9 см; | 8) 15–17 см. |

*4. Схема дослідів з картоплею:*

- |            |              |              |
|------------|--------------|--------------|
| 1) 2–5 см; | 3) 8–11 см;  | 5) 14–17 см; |
| 2) 5–8 см; | 4) 11–14 см; | 6) 17–20 см. |

**Перелік обов'язкових спостережень і обліків.** При зміні глибини сівби (садіння) відбуваються значні морфозміни в будові надземної частини та коріння рослин, тож під час досліджень з вивчення впливу глибини сівби, крім обліку врожайності, обов'язково потрібно: проводити фенологічні спостереження, облік формування біометричних показників у динаміці за фазами розвитку; визначати схожість і виживаність рослин впродовж вегетації; здійснювати аналіз структурних елементів урожаю. Крім цього, обов'язково треба визначати вологість ґрунту на глибині залягання насіння напередодні сівби, характер розміщення та масу всього коріння в шарі ґрунту мінімум до 50 см.

Оскільки на різних етапах розвитку стійкість рослин проти шкідників, хвороб і бур'янів значно змінюється, а різноглибинне розміщення насіння призводить до диференціації посівів за рівнем розвитку, то програма досліджень має передбачати облік забур'яненості

посівів, ураження коріння хворобами (кореневими гнилями, коренеїдом тощо), ґрунтовими шкідниками (дротяниками, капустянкою тощо), при цьому фіто- й ентомологічні дослідження необхідно планувати на ранніх етапах розвитку рослин – у період формування сходів, адже молоді корінці найбільш уразливі до хвороб і шкідників.

На посівах озимих культур обов'язково проводять спостереження за умовами перезимівлі (температура ґрунту на глибині залягання вузла кущіння, наявність снігового покриву, утворення льодової кірки, нагромадження на поверхні ґрунту талих вод).

На посівах колосових обов'язково потрібно аналізувати розвиток базальної частини рослин: видовження підземних міжвузлів, типу кущіння, глибини закладання зони кущіння, коефіцієнта кущіння.

На посівах буряків цукрових, крім маси коренеплоду, визначають їхню форму та розміщення в ґрунті – мілке чи глибоке, на одному рівні від поверхні ґрунту або на різному.

На посівах високорослих культур (соняшник, кукурудза тощо) обов'язково вивчають стійкість рослин до вилягання, оскільки при мілкому загортанні насіння високорослі культури можуть вилягати навіть за незначного механічного тиску.

До обов'язкових досліджень на посівах картоплі включають підрахунки кількості стебел у кущі, визначення глибини розміщення стolonів і бульб, їхньої кількості в кущі, розмірів, форми та маси.

## **6. Проведення досліджень спрямованих на визначення впливу норм висіву та способів сівби**

В отриманні запланованого врожаю потрібної якості важливу роль відіграє норма висіву рослин та спосіб їхнього розміщення за площею живлення.

Площа живлення та її конфігурація залежать від біологічних особливостей рослин, тому в різних культур вони неоднакові. Оптимальною конфігурацією площі живлення для будь-якої культури вважається наближена до квадрата.

Під час вибору норми висіву та способу сівби (посадки) слід ураховувати біологічні особливості рослин, а також можливість механізувати всі технологічні процеси, починаючи з передпосівної підготовки насіння до збирання та післязбиральної обробки врожаю.

Завдання досліджень полягає в тому, щоб знайти оптимальні варіанти поєднань норми висіву та способу сівби, які б ураховували потребу рослин у тій чи іншій площі живлення і технічні можливості.

З розвитком механізації виробничих процесів, зростанням енергетичної насиченості рушіїв змінюються вимоги до способів сівби, а отже, конфігурації площі живлення. Збільшення енергетичної потужності рушіїв приводить, як правило, до збільшення його маси, зміни тиску на ґрунт, що у свою чергу, пов'язано з розширенням колії, гусениць і шин для надання стійкості агрегатам. Правильність вибору способу сівби (посадки) оцінюють не лише виходом продукції і її якістю, але й рівнем механізації основних і допоміжних операцій, енергетичними, матеріальними, трудовими й фінансовими витратами.

Орієнтовна схема досліду з вивчення впливу способів сівби для зернових колосових може бути такою:

- 1) рядковий спосіб сівби з міжряддям 15 см (контроль);
- 2) рядковий спосіб сівби з міжряддям 17 см (сівалка «Грейн Плейнз»);
- 3) рядковий спосіб сівби з міжряддям 19 см (сівалка АПП-6);
- 4) перехресний спосіб сівби (сівба рядковою сівалкою СЗ-3,6 у двох протилежних напрямках);
- 5) вузькорядний спосіб сівби з міжряддям 7,5 см;
- 6) смуговий спосіб сівби (сівалка «Меланія»).

Схема досліду з культурами широкорядного способу сівби, наприклад кукурудзою на зерно, може включати такі варіанти:

- 1) широкорядний спосіб сівби з міжряддям 45 см;
- 2) те саме 60 см;
- 3) – //– 70 см;
- 4) – //– 90 см;
- 5) – //– 120 см;
- 6) – //– 140 см;
- 7) квадратно-гніздовий спосіб з міжряддям 45 см;
- 8) те саме 60 см;
- 9) – //– 70 см.



У дослідах з картоплею в схему досліду додатково можна включати такі варіанти способів садіння:

- 1) звичайний з міжряддям 45 см;
- 2) те саме 60 см;
- 3) – // – 70 см;
- 4) напівгребневий з міжряддям 45 см;
- 5) те саме 60 см;
- 6) – // – 70 см;
- 7) гребневий з міжряддям 45 см;
- 8) те саме 60 см;
- 9) – // – 70 см.

Малопоширеним та недостатньо вивченим під окремі просапні культури у тому числі під буряки цукрові, у лісостеповій зоні є розсадний спосіб. Його можна вивчати в тимчасових дослідженнях, включаючи такі варіанти з висіванням насіння та садінням розсади:

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

У схемах дослідів з вивчення способів сівби багаторічних трав потрібно передбачити різні варіанти підпокровної сівби та чисті посіви. Чисті посіви, у свою чергу, можуть бути весняними та літніми з міжряддями 15, 30, 45 і 60 см.

Форму та площу живлення визначають способом сівби та нормою висіву насіння. Саме тому вивчати способи сівби (посадки) важливо одночасно з нормою висіву насіння. Крім того, численними дослідями доведено, що для кожного способу сівби є своя оптимальна норма висіву. Наприклад, для одного і того ж сорту пшениці оптимальною нормою висіву за рядкового способу сівби може бути 5,0 млн шт./га, тоді як за смугового – 5,5 млн нас./га. Таким чином, цінність досліджень з вивчення впливу способу сівби зростатиме, якщо їх будуть проводити за різних норм висіву, тобто закладати двофакторні дослідження.

Досліджувані варіанти норм висіву слід обирати, орієнтуючись на рекомендовані, правильно обираючи крок градації, щоб досягти максимального ефекту. Наприклад, для вивчення обрали такі нор-

ми висіву соняшнику: 20, 40 і 60 тис нас./га. Дослідженнями було визначено оптимальну норму висіву – 40 тис нас./га. Але відразу постало питання – чи є ця норма дійсно оптимальною, адже цілком можливо, що більшу продуктивність рослини сформує за норми висіву 30 або 50 тис. нас./га.

Далі наведено орієнтовні схеми двофакторних досліджень з вивчення впливу норми висіву та способу сівби.

#### I. Для зернових колосових.

Спосіб сівби (чинник А):

рядковий (контроль)	смуговий	вузькорядний
1) 4,0 млн нас./га;	6) 4,0 млн нас./га;	11) 4,0 млн нас./га;
2) 4,5;	7) 4,5;	12) 4,5;
3) 5,0 (контроль);	8) 5,0 (контроль);	13) 5,0 (контроль);
4) 5,5;	9) 5,5;	14) 5,5;
5) 6,0;	10) 6,0;	15) 6,0.

#### II. Для соняшнику.

Широкорядний спосіб сівби (чинник А) з міжряддям:

45 см	60 см	70 см
1) 30 тис. нас./га;	6) 30 тис. нас./га;	11) 30 тис. нас./га;
2) 35;	7) 35;	12) 35;
3) 40 (контроль);	8) 40 (контроль);	13) 40 (контроль);
4) 45;	9) 45;	14) 45;
5) 50;	10) 50;	15) 50.

**Спостереження та обліки.** Під час досліджень способів сівби та норм висіву спостереження та обліки проводять за загальноприйнятими методиками визначення метеорологічних показників, властивостей ґрунту та насіння, польової схожості, забур'яненості посівів, проведення фенологічних спостережень, обліку біометричних показників, розрахунку фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу.

Значну увагу в таких дослідженнях слід приділяти обліку показників, які характеризують наростання вегетативної маси та формування основних елементів структури врожаю досліджуваної культури. Під час проведення біометричних обліків обов'язково визначають густоту посівів за різними фазами розвитку, виживаність

упродовж вегетації, висоту рослин у динаміці розвитку, рахують кількість листків на одній рослині та їхню площу.

На посівах зернових хлібів обов'язково проводять аналіз стебел різних систем: головних, першого порядку і т. ін. При цьому визначають довжину міжвузлів, їх діаметр, масу сантиметрового відрізка міжвузля. Під час аналізу структури врожаю розраховують кількість колосків у колосі, озерненість і масу зерна з колоса, коефіцієнт кушіння, масу 1000 зерен, біологічну врожайність.

Густота посівів та конфігурація площі живлення рослин впливає на здатність рослин протистояти бур'янам і може впливати на інтенсивність ушкодження рослин хворобами, тож у дослідях з вивчення впливу норм висіву та способів сівби доцільно проводити гербологічні та фітопатологічні обстеження.

У дослідях із картоплею визначають глибину залягання бульб, їх кількість в одному кущі, середню масу, вихід товарної продукції та насіннєвого матеріалу.

## 7. Досліди з вивчення впливу пестицидів

### 7.1. Хімічні способи боротьби з бур'янами.

#### **Орієнтовні схеми дослідів та програма спостережень, обліків і аналізів**

Основне завдання досліджень – підбір препаратів і розробка технологій застосування гербіцидів на посівах польових культур. Необхідно дослідити ефективні суміші та комбінації гербіцидів, які за мінімальних доз забезпечують ефективне знищення малорічних і багаторічних бур'янів протягом вегетації. Особливу увагу слід звернути на застосування гербіцидів у ранній період росту бур'янів, коли вони найбільш чутливі до дії препаратів.

Важливе значення має виявлення можливості скорочення міжрядних обробітків ґрунту за ефективних способів застосування гербіцидів, їх взаємодії з іншими пестицидами та сумісного застосування проти бур'янів, шкідників і хвороб.

До перспективних напрямків досліджень належить пошук нових методів внесення гербіцидів, які б забезпечували їх високу фітоток-

сичність за часткового контакту з бур'янами, а також використання агрозаходів, направлених на провокацію їхнього росту з метою знищення.

Створення сприятливих умов для дружнього проростання насіння та подальшого росту рослин підвищує їх стійкість до бур'янів, особливо в другій половині вегетації. У зв'язку з цим потрібно уточнювати строки сівби та строки й методи передпосівного та міжрядного обробітків ґрунту з використанням сучасних робочих органів машин, які дозволяють знищувати бур'яни не тільки в міжряддях, але і в рядках.

Залежно від поставленої мети застосовують різні методи досліджень хімічної боротьби з бур'янами: польовий, вегетаційний та лабораторний. Важливішим вважається польовий дослід, адже у ньому можуть бути отримані дані, які характеризують ефективність гербіцидів в умовах одночасного впливу комплексу різних природних чинників, чого не можна досягти у вегетаційному будиночку та в лабораторії. Разом із тим для правильного уявлення про явища, які відбуваються в польовому досліді, необхідно проводити вегетаційні досліді та лабораторні експерименти для характеристики окремих чинників.

Оскільки одним з основних завдань дослідів із гербіцидами є вивчення їх фітотоксичності для бур'янів і культурних рослин у певних ґрунтово-кліматичних умовах, під час вибору площі для проведення дослідів особливу увагу слід приділяти типовості видового складу та чисельності бур'янів. Наприклад, вивчати протизлакові гербіциди там, де немає бур'янів-злаків, недоцільно. Також нелогічно випробувати гербіциди, призначені для боротьби з малорічними бур'янами в посівах, засмічених переважно багаторічними бур'янами.

Для правильного розуміння строкатості поля та оптимального розміщення дослідів видовий склад бур'янів вивчають одночасно з проведенням зрівнювальних посівів і дробних обліків врожаю. Для складання карти забур'яненості поле рекомендується поділити на квадратні ділянки площею 100 м<sup>2</sup>, на яких ураховують чисельність та видовий склад бур'янів накладанням метрівок. І тимчасові, і багаторічні досліді з гербіцидами краще проводити в ізольованих стаціонарах.

Залежно від поставленої мети розміри ділянок у досліді з гербіцидами можуть бути різними. Під час первинного випробування нових

гербіцидів, якщо стоїть завдання приблизно визначити їх селективність та активність, можна обмежитися площею ділянок 5–10 м<sup>2</sup> за чотири-шестиразової повторності, беручи до уваги певний ризик істотної втрати врожаю. Площа ділянок у виробничих дослідженнях має бути не меншою 0,25–1,0 га за три-чотириразової повторності.

Залежно від характеру дії гербіциди вносять на поверхню ґрунту або на поверхню вегетуючих рослин. Ґрунтові гербіциди застосовують до сівби із заробкою у ґрунт під час передпосівного обробітку або протягом двох-трьох днів після сівби, але до появи сходів рослин і бур'янів. Можливе досходове внесення ґрунтових гербіцидів контактної та системної дії по сходах бур'янів. Гербіциди, які застосовуються до появи сходів культурних рослин, як правило, залишаються незаробленими в ґрунт. У районах недостатнього зволоження більша гербіцидна активність забезпечується за передпосівного внесення препаратів, а в районах достатнього зволоження – за досходового.

Для вегетуючих рослин застосовують гербіциди контактної та системної дії. Деякі гербіциди системної дії можна використовувати як ґрунтові.

Гербіциди в дослідях, як правило, вносять за повтореннями, тобто спочатку обробляють усі ділянки першого повторення, потім другого і т. ін. Для забезпечення рівномірного внесення гербіцидів і запобігання перенесенню їх з ділянки на ділянку обприскування слід проводити в безвітряну погоду. За необхідності сусідню ділянку з підвітряного боку захищають фанерними щитами, які потім переносять при просуванні обприскувача. Обприскування проводять шляхом рівномірного руху по середині ділянки та переміщення розпилювачів у такт крокам від однієї сторони до другої, підтримуючи їх на одному рівні від землі. Швидкість руху має бути такою, щоб розчину, заправленого в обприскувач, вистачило на два проходу по ділянці – туди і назад. Якщо в обприскувачі залишається незначна кількість розчину, його розподіляють за всією площею ділянки. Для більш рівномірного розподілу гербіциду по площі ділянки рекомендується використовувати ранцеві обприскувачі, обладнані штангою довжиною 4–5 м, діаметром 8–10 мм. У досліді застосовують звичайні засоби догляду за культурами, прийняті у виробничих умовах, своєчасно, ретельно та однаково на всій площі досліді.

У міру вдосконалення хімічного методу боротьби з бур'янами все більш необхідним є раціональне використання гербіцидів. Одне

з головних питань – визначення економічного порогу шкодочинності бур'янів. Слід визначити, за якої засміченості бур'яни здатні наносити збиток посівам польових культур, знижуючи врожайність і якість продукції, і в якому випадку економічно обґрунтоване застосування гербіцидів. Друге важливе питання – визначення критичного періоду, коли посіви найдужче потерпають від бур'янів, на підставі чого рекомендують найбільш раціональні строки застосування гербіцидів та інших способів боротьби з ними.

Під час постановки досліджень з визначення економічного порогу шкодочинності (ЕПШ) бур'янів для просапних культур потрібно враховувати, що існуюча агротехніка потребує застосування міжрядного обробітку ґрунту, тому шкідливий вплив бур'янів на культурні рослини слід урахувати, насамперед, у захисній зоні та в рядках посіву.

У разі потреби проведення спеціальних дослідів, наприклад, з використанням нової технології вирощування польових культур на фоні мінімального та нульового міжрядного обробітків ґрунту, вивчають шкодочинність проростаючих бур'янів на всій площі. У схемі досліді передбачається мінімальна забур'яненість кожної культури та максимально можлива в конкретних екологічних умовах. Схема досліді може бути такою: контроль (без бур'янів протягом вегетації); кількість бур'янів на 1 м<sup>2</sup>: 1–10, 11–20, 21–30, 31–40, 41–50, 51–60, 61–70, 71–80, 81–90, 91–100.

У досліді слід дотримуватися типової забур'яненості посівів, тому під час їх формування важливо зберігати приблизне співвідношення трьох-п'яти найбільш поширених видів бур'янів у загальному фітоценозі. Сформовану забур'яненість посівів з початку масової появи сходів культури підтримують за варіантами досліді протягом вегетаційного періоду. Зайві бур'яни в міру їхньої появи зрізають у самої поверхні. Їх не можна виривати з корінням, оскільки при цьому може порушуватися нормальний ріст рослин і створюватися інші неконтрольовані умови: часткове рихлення ґрунту, зміна аерації тощо.

Економічний поріг і ступінь шкодочинності бур'янів визначають за зниженням врожаю та якістю продукції у варіантах із різною забур'яненістю посівів порівняно з контрольним варіантом (без бур'янів протягом усього періоду вегетації), у якому виключався їхній вплив на врожайність і якість продукції.

Мінімальний економічно значущий ступінь забур'яненості посівів, за якого застосування гербіцидів є економічно доцільним, визначають шляхом аналізу економічних показників за досягнутого рівня врожаю у варіантах із різною забур'яненістю посівів із урахуванням вартості гербіцидів і витрат на їх внесення.

Об'єктами в досліді з вивчення впливу гербіцидів є дози внесення препаратів, порівняльна оцінка різних гербіцидів, строки та способи їх внесення.

Наведемо конкретні приклади схем дослідів із гербіцидами. Для встановлення оптимальної дози внесення певного гербіциду можна обрати такі варіанти доз витрат:

- 1) без внесення гербіцидів (абсолютний контроль);
- 2) рекомендована доза внесення (виробничий контроль);
- 3) 0,7 дози внесення;
- 4) 0,8 – //–;
- 5) 0,9 – //–;
- 6) 1,0 – //–;
- 7) 1,1 – //–;
- 8) 1,2 – //–;
- 9) 1,3 – //–.

Для досягнення найвищої ефективності застосування гербіциду, крок градації досліджуваних варіантів потрібно обрати мінімальним. Орієнтована схема дослідів з вивчення впливу різних гербіцидів та їхніх сумішей може бути такою:

- 1) без гербіцидів (абсолютний контроль);
- 2) гербіцид А (виробничий контроль);
- 3) гербіцид В;
- 4) гербіцид С;
- 5) 0,5 дози гербіцида А + 0,5 дози гербіцида В;
- 6) 0,5 – //– А + 0,5 – //– С;
- 7) 0,5 – //– В + 0,5 – //– С;
- 8) 0,5 – //– А + 0,5 – //– В.

Схема дослідів з вивчення строків внесення гербіцидів може бути такою:

- 1) без гербіцидів (абсолютний контроль);
- 2) рекомендований строк (виробничий контроль);
- 3) на 3 дні раніше оптимального строку;
- 4) на 6 днів раніше – //–;

- 5) на 3 дні пізніше – //–;
- 6) на 6 днів пізніше – //–.

Ефективність ґрунтових гербіцидів значною мірою змінюється залежно від умов ґрунтової родючості, насамперед від вмісту гумусу в орному шарі, тож важливе наукове та практичне значення має вивчення впливу різних доз препаратів за різного вмісту гумусу.

Різні дози гербіцидів можна також вивчати залежно від гранулометричного складу ґрунту, у двофакторному польовому комплексі (чинник А – дози гербіцидів, чинник В – види гранулометричного складу ґрунту: легкі, середні, важкі). Актуальними також є дослідження впливу гербіцидів на ґрунтах із різною вологістю і температурою. У першому випадку буде досліджуватися вплив гербіцидів у різних дозах (чинник А) за різних показників вологості ґрунту (чинник В), а у другому – за різної температури ґрунту. Крок градації для чинника вологи, обирають на рівні 1–2 %, температури – 0,5–1 °С.

На сьогодні особливо гостро постає питання раціоналізації витрат енергоресурсів, тож особливого значення набувають комплексні дослідження з вивчення впливу гербіцидів і добрив. У такому разі доцільно ставити двофакторні дослідів, в яких одним чинником виступають різні гербіциди, їх комбінації або дози внесення, а другим – різні добрива та їх дози. Прикладом може бути схема двофакторного польового дослідів на посівах соняшнику з вивчення впливу різних доз гербіциду Харнес за одночасного внесення різних доз нітроамофоски (чинник В):

- 1) без добрив і гербіцидів (абсолютний контроль);
- 2) 0,5 дози гербіциду без внесення добрив;
- 3) рекомендована доза гербіциду без внесення добрив;
- 4) 1,5 дози гербіциду без внесення добрив;
- 5) 0,5 дози гербіциду + 20 кг/га добрива;
- 6) рекомендована доза гербіциду + 20 кг/га добрива;
- 7) 1,5 дози гербіциду + 20 кг/га добрива;
- 8) 0,5 дози гербіциду + 30 кг/га добрива;
- 9) рекомендована доза гербіциду + 30 кг/га добрива;
- 10) 1,5 дози гербіциду + 30 кг/га добрива;
- 11) 0,5 дози гербіциду + 40 кг/га добрива;
- 12) рекомендована доза гербіциду + 40 кг/га добрива;
- 13) 1,5 дози гербіциду + 40 кг/га добрива.

З метою визначення токсичної дії гербіцидів у схеми досліджень додатково вводять варіант, в якому проводять ручні прополювання бур'янів без внесення гербіцидів.

Для зменшення хімічного навантаження та покращання екологічної ситуації доцільно вивчати ефективність локального внесення гербіцидів суцільним і стрічковим способами. При цьому схема досліду може виглядати таким чином:

- 1) без гербіцидів (контроль);
- 2) суцільний спосіб внесення;
- 3) смуговий спосіб внесення; ширина смуги 10 см (між смугами 60 см);
- 4) те саме: ширина смуги 20 см (між смугами 50 см);
- 5) –//–//–; ширина смуги 30 см (між смугами 40 см).

Представлена схема актуальна для посівів соняшнику, кукурудзи, сорго та інших культур за ширини міжрядь 70 см.

Ураховуючи важливість дії гербіцидів на культурні рослини та бур'яни, спостереження проводять протягом усього вегетаційного періоду. Встановлюють ознаки ушкодження культурних рослин і бур'янів, строки та ступінь їх прояву, строки загибелі рослин або їх повернення до нормального стану.

За суцільної сівби густоту рослин визначають на облікових ділянках площею 0,5–1,0 м<sup>2</sup> у три-п'ятиразовому повторенні на кожній ділянці, у широкорядних посівах – на 5–10 м рядків кожної ділянки. Обліки проводять у період масової появи сходів, перед внесенням гербіцидів протягом вегетації та перед збиранням урожаю.

Особливості росту і розвитку рослин вивчають шляхом проведення фенологічних спостережень і біометричних обліків відповідно до загальноприйнятих методик. Проводять також біохімічну оцінку отриманої продукції.

Один з основних показників ефективності гербіцидів – зниження забур'яненості посівів. У зв'язку з цим обліку бур'янів має бути приділена особлива увага. Для забезпечення точності досліду обліки проводять по повтореннях: спочатку на першому, потім на другому і т. д. Кількість бур'янів кожного виду на 1 м<sup>2</sup>, їх біомасу, як правило, визначають без розподілу на види. Для запобігання підсушування в полі бур'яни зважують одразу після збирання.

Під час внесення гербіцидів по вегетуючих рослинах ураховують вихідну забур'яненість напередодні обробки. Другий облік

доцільно проводити через 7–10 днів після застосування гербіцидів контактної дії та через 15–20 днів – після внесення препаратів системної дії, здатних переміщуватися в тканинах рослин. Наступні обліки бур'янів у дослідях із цими гербіцидами, а також при роботі з ґрунтовими гербіцидами, які вносять перед сівбою або до появи сходів, слід виконувати перед кожним прополюванням (через 20–30 і 40–60 днів після їх застосування) та перед збиранням врожаю.

Залежно від кількості бур'янів рекомендують облікові ділянки від 0,1 до 0,5 м<sup>2</sup> відповідно в 10-ти і 4-разовій повторності на кожній дослідній і контрольній ділянці. За великої кількості бур'янів (300–700 шт. на 1 м<sup>2</sup>) площа має становити 0,10–0,25 м<sup>2</sup>, а за помірної (50–150 на 1 м<sup>2</sup>) – 0,5 м<sup>2</sup>. Облік бур'янів проводять на закріплених облікових ділянках, розміщених по всій ділянці. Застосування способу змінних облікових ділянок, які виділяють при кожному обліку ще раз, не рекомендується.

На облікових ділянках, у яких проводять спостереження за бур'янами, ручних прополювань не проводять до кінця вегетації рослин. За широкорядного способу сівби облікові площадки розміщують так, щоб рядок проходив по їх середній лінії. Ширина площадок має відповідати відстані захисних зон за обома сторонами рядка. Для зручності роботи використовують рамку без однієї сторони. Після її розміщення четверту сторону рамки прикладають.

При дослідженні критичного періоду шкодочинності бур'янів їх кількість і масу визначають перед видаленням після закінчення кожного періоду визначення забур'яненості, а в інших варіантах досліду – напередодні збирання врожаю. Під час встановлення економічного порогу шкодочинності бур'янів їх кількість і масу враховують напередодні збирання врожаю. Поряд з обліками забур'яненості посівів у контрастних варіантах досліду визначають вологість і температуру ґрунту, вміст у ньому поживних речовин та інших показників.

У дослідях із гербіцидами, особливо в багаторічних, виникає необхідність обліку запасів насіння бур'янів у ґрунті. Техніка обліку запасів насіння бур'янів в орному шарі складається з відбору проб ґрунту, видалення з них насіння та визначення їх життєздатності. Для взяття проб ґрунту зазвичай використовують бури діаметром 30–80 мм. Залежно від завдання досліду запас насіння підраховують

в усьому орному шарі або за горизонтами. Проби відбирають у два строки: навесні перед внесенням гербіцидів і восени.

Для більшої точності вивчати динаміку забур'яненості краще на спеціально виділених облікових точках, розподілених рівномірно по ділянці (на всіх повтореннях). Під час кожного наступного взяття проб свердловини розміщують як можна ближче (на відстані 5–10 см). На кожній ділянці виділяють чотири-п'ять облікових точок-площадок. Відібрані з них ґрунтові проби змішують за горизонтами для отримання середнього зразка. Так само відбирають проби і на інших повтореннях дослідів в кожному варіанті. Для запобігання проростанню насіння бур'янів у вологому ґрунті проби одразу після відбору розсипають тонким шаром у лабораторії для підсушування до повітряно-сухого стану.

Проби ґрунту з насінням бур'янів промивають водою через сито з діаметром комірок 0,25 мм. Суміш, що залишилася після відмивання, підсушують і за допомогою набору сит розділяють на певні розміри, а потім насіння бур'янів кожної фракції вибирають вручну. Виділяти насіння бур'янів можна також за їх щільністю шляхом застосування концентрованого розчину карбонату калію.

Життєздатність виділених насінин визначають шляхом попереднього роздавлювання їх дерев'яним шпателем. Нормальне насіння після скарифікації і стратифікації пророщують у спеціальних чашках.

Ураховуючи, що дія ґрунтових гербіцидів, а також пророщування насіння бур'янів залежать від вологості і температури ґрунту, на що, у свою чергу, впливають самі бур'яни, які росуть на ділянках, доцільно враховувати в досліді вологість і температуру різних шарів ґрунту на контролі та дослідних варіантах.

Облік урожаю слід проводити суцільним методом відповідно до методики польового дослідів. У виробничих дослідіях у зв'язку з труднощами застосування цього методу збирання врожаю та його облік у разі необхідності можна здійснювати на окремих площадках розміром 10–50 м<sup>2</sup>, рівномірно розміщених на ділянках. Залежно від культури таких площадок на ділянці має бути 10–20 і більше.

Представлені вище спостереження за бур'янами проводять не лише в дослідіях із гербіцидами, але й в інших дослідіях, де забур'яненість посівів є основним чинником: під час вивчення сівозмін, способів обробітку ґрунту, застосування добрив та інших агротехнічних заходів.

Гербіциди за своєю природою можуть пригнічувати або навпаки, стимулювати ріст культурних рослин, тож у дослідіях із гербіцидами обов'язково потрібно проводити спостереження та обліки за ростом і розвитком культурних рослин.

У дослідіях із вивчення впливу гербіцидів також обов'язково потрібно вивчати особливості мікробіологічних процесів в орному шарі ґрунту: інтенсивність дихання ґрунту за швидкістю виділення з ґрунтового середовища вуглекислого газу, здатність мікроорганізмів розкладати клітковину та нітрифікаційну здатність ґрунту.

Під час аналізу якісних показників у продукції визначають вміст залишкової кількості препарату. Ці аналізи проводять у спеціальних лабораторіях. На підставі отриманих результатів визначають можливість використання отриманої продукції для харчових і кормових цілей.

### **7.2. Орієнтовні схеми дослідів та програма спостережень і обліків для дослідів з вивчення впливу інсектицидів і фунгіцидів**

Нові препарати оцінюють шляхом проведення лабораторно-польових, польових і виробничих дослідіжень. Лабораторно-польові випробування проводять з метою підбору найбільш ефективних їх концентрацій проти шкідників і хвороб. У них визначають біологічну ефективність препаратів: відсоток загиблених шкідників, розвиток хвороб, ступінь ушкодження рослин. Цей етап дослідіжень є необхідним, якщо в анотаціях препаратів, які підлягають випробуванню, не вказані конкретні дози або виникає потреба їх уточнення у зв'язку із сортовими, зональними та іншими особливостями вирощування культури.

У польових дослідіженнях розраховують біологічну та господарську ефективність препаратів (збільшення врожайності та покращання якості врожаю), а також визначають тривалість їхньої дії на шкідників і збудників хвороб. У виробничих дослідіженнях установлюють біологічну, господарську та економічну (вартість захищеного врожаю у порівнянні з витратами на боротьбу) ефективність препаратів.

Описуючи загальні умови дослідіжень, указують: гранулометричний склад ґрунту, попередники, агротехніку (обробіток ґрунту,

добрива, їх дози, способи сівби, норми висіву тощо), фактичні витрати препарату, тип обприскувача, який використовували для обробки посівів.

Дослідження проводять на ділянках, однорідних за ґрунтовими умовами, рельєфом, вирівняних за рівнем агротехніки, станом рослин і застосуванням пестицидів.

Під час проведення обліків обов'язково фіксують метеоумови, а у звіті відображають вплив погодних умов на розвиток збудника та рослин. Особливу увагу слід звертати на показники температури, відносної вологості повітря та опадів. Слід відмічати також вплив екстремальних погодних умов: сильної посухи, злив, граду тощо.

Аналізуючи отримані дані, слід зробити ґрунтовні висновки щодо оптимальної дози витрат, строку захисної дії препарату, його впливу на рослини. На підставі результатів випробувань роблять висновок щодо доцільності їх продовження або припинення. У разі позитивного рішення дають рекомендації щодо реєстрації препарату для району, в якому проводили випробування.

У польових дослідженнях проводять випробування препаратів у концентраціях, які показали кращі результати в лабораторно-польових дослідках. Виробничі дослідження – це наступний етап роботи: сюди надходять препарати, які отримали позитивну оцінку в польових дослідках. Ці дослідження більш масштабні – їх проводять на більшій площі в господарствах наукових установ, що дає можливість всебічно оцінити властивості препаратів.

Мінімальна повторність у виробничих дослідженнях – триразова. Під час вибору площі для постановки і польових, і виробничих дослідів потрібно враховувати: зараженість рослин хворобами та ступінь ураження шкідниками, рівномірність їх розподілу, ступінь пошкодження рослин, віковий склад шкідника.

Усі ділянки слід розміщувати на одному полі. Розміщення повторень дослідів може бути стрічкове або багатоярусне. Розташовувати варіанти в кожному повторенні слід рендомізованим методом. Ширина захисних смуг між ділянками дорівнює двом-трьом рядкам рослин.

У польових і виробничих дослідках урожай визначають з усієї площі ділянки. У виробничих дослідженнях на великих площах облік урожайності можна проводити на пробних площадках. У цьому випадку в кожному повторенні виділяють три-п'ять площадок, роз-

ташованих рівномірно по ділянці. Розмір площадок у дослідках із просяними культурами має бути не менше 50 м<sup>2</sup>, на посівах зернових, зернобобових та інших культур з міжряддями до 15 см – 20–30 м<sup>2</sup>.

Прикладом однофакторного дослідів, метою якого є порівняння ефективності різних препаратів, може бути дослід з вивчення впливу інсектицидів на посівах пшениці озимої проти жука-кузьки з такими варіантами:

- 1) контроль (без обробки);
- 2) Карате Зеон;
- 3) Каліпсо;
- 4) Ф'юрі;
- 5) Парашют;
- 6) Борей;
- 7) Брейк.

У схему дослідів з вивчення впливу протруювачів насіння доцільно вводити додатковий чинник – обробку насіння плівкоутворювачами, біопрепаратами або регуляторами росту. Наприклад, схема двофакторного польового дослідів з вивчення впливу протруювачів і регуляторів росту насіння пшениці ярої може бути такою.

Без обробки регулятором росту:

- 1) контроль (обробка насіння водою);
- 2) Раксил;
- 3) Бункер;
- 4) Оплот;

Обробка регулятором росту Реггі:

- 5) контроль (обробка насіння водою);
- 6) Раксил;
- 7) Бункер;
- 8) Оплот;

Обробка регулятором росту Моддус:

- 9) контроль (обробка насіння водою);
- 10) Раксил;
- 11) Бункер;
- 12) Оплот.

У дослідках також можуть одночасно вивчатися різні варіанти комплексного застосування хімічних засобів захисту рослин, тобто різні комбінації протруювань насіння та обробок посівів у певні фази розвитку посівів.

Вплив засобів захисту посівів доцільно вивчати в комплексі з іншими технологічними елементами: попередниками, строками сівби, способами сівби, нормами висіву і т. ін. Прикладом такого досліджу може бути вивчення впливу різних доз певного препарату на фоні різних строків сівби культури.

Актуальними є дослідження з вивчення реакції різних сортів (гібридів) рослин на різні дози препаратів. При цьому кожна досліджувана доза препарату (чинник А) буде вивчатися на фоні перспективних і реєстрованих сортів (чинник В).

Протягом останнього періоду набувають актуальності екологізовані технології, метою яких є вирощування екологічно чистої продукції та запобігання забрудненню ґрунтів, у зв'язку з чим проведення дослідів спрямовують на порівняння хімічного та біологічного захисту рослин від шкідників із урахуванням, що останній буде альтернативою хімічному захисту. Наприклад, якщо в досліді планується порівняти дію різних доз препарату Карате Зеон з випусканням на посіви трихограми проти кукурудзяного метелика, схема досліджу може включати такі варіанти:

- 1) Карате Зеон 050 CS у дозі 0,10 л/га;
- 2) те саме 0,15 л/га;
- 3) – // – 0,20 л/га;
- 4) – // – 0,25 л/га;
- 5) трихограма з розрахунку 100 тис./га;
- 6) те саме 150 тис./га;
- 7) – // – 200 тис./га;
- 8) – // – 250 тис./га.

Застосовуючи хімічні засоби захисту рослин, обов'язково враховують біологічну, господарську та економічну ефективність кожного варіанта.

Обробка вегетуючих посівів фунгіцидами та інсектицидами впливає на формування біомаси рослин, тож крім визначення враження їх хворобами та обліку чисельності шкідників, обов'язково потрібно проводити біометричні вимірювання рослин у динаміці їхнього розвитку. При цьому визначають масу рослин з одиниці площі посіву, їхню висоту, площу листя. Якщо обробку посівів проводять у кінці вегетації рослин, наприклад обробка посівів пшениці озимої у фазу воскової стиглості проти жука-кузьки, то біометричні обліки можна звести до мінімуму, оскільки формування рослин вже закінчується і значного впливу на

біометричні показники вони не чинитимуть. У цьому разі достатньо обмежитися визначенням площі верхніх листків рослин, тривалості життєздатності окремих органів рослин, аналізом вмісту вологи та хлорофілу в листках, визначенням продуктивності фотосинтезу.

При порівнянні протруйників насіння у програму досліджень, крім біометричних аналізів, неодмінно включають визначення польової схожості насіння, енергії проростання, дружності сходів, густоти рослин, їх виживаності протягом вегетації.

## **8. Досліди з вивчення впливу протиерозійних заходів**

Комплекс протиерозійних заходів включає організацію ґрунтозахисних сівозмін і технологій вирощування сільськогосподарських культур, внесення диференційованих доз добрив, залуження сильно-еродованих ґрунтів, лісомеліоративні заходи, будівництво гідротехнічних споруд. Об'єктами у таких дослідженнях можуть бути обробіток ґрунту, структура посівних площ у сівозміні, смугове розміщення посівів тощо.

Приклади схем дослідів, де вивчають протиерозійний обробіток ґрунту в районах поширення водної і вітрової ерозії, наведені в розділі, де розглядаються схеми дослідів з обробітку ґрунту. У дослідях, направлених на вивчення впливу насиченості сівозміни просапними культурами на хід ерозійних процесів, загальна схема може включати такі варіанти:

- 1) типове для району досліджень насичення сівозміни просапними культурами без багаторічних трав;
- 2) те саме з багаторічними травами;
- 3) незначна частка просапних культур без багаторічних трав;
- 4) те саме з багаторічними травами;
- 5) значна частка просапних культур без багаторічних трав;
- 6) те саме з багаторічними травами.

Важливе значення у захисті ґрунтів від ерозії мають багаторічні трави, тож актуальними є дослідження з вивчення впливу тривалості



використання багаторічних трав у сівозміні, а також їх видового складу. Схема досліду з вивчення впливу видового складу багаторічних трав може включати такі варіанти:

- 1) еспарцет;
- 2) люцерна;
- 3) тимофіївка;
- 4) кострець безостий;
- 5) суміш еспарцету і тимофіївки;
- 6) суміш еспарцету і костреця безостого;
- 7) суміш люцерни і тимофіївки;
- 8) суміш люцерни і костреця безостого.

Об'єктами досліджень у дослідах з вивчення протиерозійних заходів можуть виступати однорічні культури польових сівозмін. Так, за впливом протистояти ерозії ґрунту, можна порівнювати між собою такі варіанти посівів однорічних культур:

- 1) пшениця озима (озимі зернові);
- 2) соя (зернобобові);
- 3) буряки цукрові (коренеплідні);
- 4) соняшник (інші просапні).

Крім цього, за здатністю протистояти ерозійним процесам ґрунту можна порівнювати між собою культури кожної групи. Наприклад, можна провести дослід лише з якими зерновими (пшеницею, ячменем, тритикале, житом) або з просапними культурами (соняшником, сорго, кукурудзою, буряками цукровими тощо). Також можна порівнювати рядкові посіви зернових культур із просапними, ярі колосові з бобовими, тобто вивчати будь-які комбінації варіантів культур.

У степових районах окремим варіантом досліду з визначення ефективності різних культур на протиерозійну стійкість ґрунту може бути чистий пар. Визначити ґрунтозахисну роль смугових посівів і чистого пару в степових районах можна провівши дослід за схемою:

- 1) чистий пар;
- 2) чергування на полі чистого пару та смуг посівів зернових колосових;
- 3) різні види просапних культур;
- 4) чергування на площі просапних культур зі смугами рядкових посівів зернових колосових.

Важливе значення при цьому має вибір ширини смуг рядкових посівів культур, оскільки їх ширина має різний ґрунтозахисний

ефект. Зі збільшенням крутизни схилу ширину смуг доцільно зменшити, і навпаки, на більш пологих схилах її можна збільшити.

Протиерозійну ефективність смуг різної ширини краще вивчати одночасно на схилах різної крутизни, тобто у двофакторних дослідах. Наприклад, порівнювати ширину смуг рядкових і просапних культур за здатністю протистояти ерозії ґрунту можна за такою орієнтованою схемою (чинник А – крутизна схилу, чинник В – ширина смуг):

- 1) рівнина (крутизна до 1°), ширина смуг 20 м;
- 2) те саме, ширина смуг 30 м;
- 3) – //– , ширина смуг 40 м;
- 4) – //– , ширина смуг 50 м;
- 5) крутизна схилу від 1 до 3°, ширина смуг 20 м;
- 6) те саме, ширина смуг 30 м;
- 7) – //– , ширина смуг 40 м;
- 8) – //– , ширина смуг 50 м;
- 9) крутизна схилу від 3 до 5°, ширина смуг 20 м;
- 10) те саме, ширина смуг 30 м;
- 11) – //– , ширина смуг 40 м;
- 12) – //– , ширина смуг 50 м.

Для зручності проведення робіт на площі досліду ширина смуг має бути кратною ширині захвату сівалок. 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.

Вивчаючи роль лісосмуг як протиерозійного заходу, до уваги беруть те, на яку відстань поширюється вплив лісосмуги 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.

*Програма досліджень* у дослідах із вивчення протиерозійних заходів залежить від об'єкта дослідження. Якщо досліджують різні варіанти протиерозійного обробітку ґрунту, то в програму досліджень обов'язково включають аналіз фізичного стану верхнього кореневмісного шару ґрунту: його структуру, водостійкість, водопроникність. Крім цього, визначають наявність на поверхні поля рослинних решток, інтенсивність змивання чи видування ґрунту. Аналогічні аналізи та обліки слід проводити і в дослідах з різною структурою посівних площ у сівозміні та смуговим розміщенням

посівів. У дослідях із різним співвідношенням просапних культур (кукурудза, соя, соняшник тощо) і культур рядкового способу сівби (пшениця, ячмінь, льон тощо), однорічних і багаторічних культур, крім вищепредставлених обліків, визначають зміни біологічного режиму ґрунту, при цьому розраховують загальну кількість мікроорганізмів, їх видовий склад, інтенсивність життєдіяльності.

Оскільки лісосмуги впливають на зміну мікроклімату, то в дослідях, спрямованих на вивчення впливу цього протиерозійного заходу, потрібно визначати швидкість вітру на різній відстані від лісосмуги, розподіл листя та снігу, температуру та вологість повітря, температуру ґрунту, глибину його промерзання, запаси продуктивної вологи в кореневмісному шарі. Під час визначення швидкості вітру в приземному шарі аналізують здатність вітру переносити ґрунтові частинки, що є причиною розвитку вітрової ерозії.

Зміна мікроклімату, яка спричиняється лісосмугами, може впливати на умови фітосанітарного стану посівів, тож у програму досліджень потрібно включати спостереження за поширенням шкідників і збудників хвороб, облік ураженості ними вирощуваних культур.

Незалежно від напряму досліджень протиерозійних заходів програма досліджень обов'язково має передбачати облік біометричних показників, характерних для певної культури, визначення врожайності та якості вирощеної продукції.

## 9. Досліди із сортовипробування

Формування національних рослинних сортових ресурсів здійснюється на підставі результатів науково-технічної експертизи сортів рослин на придатність до поширення та відповідність критеріям відмінності, однорідності та стабільності в Україні. Науково-технічна експертиза сортів рослин визначає напрями формування та використання національних сортових ресурсів.

Дослідження із сортовипробування проводять в умовах державних обласних сортовипробувальних станцій, інших наукових установах, навчальних закладах або безпосередньо в умовах виробництва. На підставі результатів державного сортовипробування

дають рекомендації для реєстрації нових сортів або гібридів певної культури.

Для всіх сільськогосподарських культур, поширених у районі діяльності сортовипробувальної станції, розробляють план сортовипробування. Нові сорти (гібриди) рослин порівнюють із зональними стандартами – кращими, найбільш урожайними та поширеними в конкретному районі із зареєстрованих сортів або гібридів.

Під час розширеного сортовипробування порівнюють нові сорти або гібриди, які перебувають у випробуванні на сортостанціях області. Кращі сорти і гібриди, які показали вищу врожайність у розширеному сортовипробуванні, через один-два роки передають у конкурсне сортовипробування, а ті, що показали меншу врожайність, знімають з подальшого конкурсного сортовипробування.

У розширеному сортовипробуванні одночасно можна вивчати та порівнювати 20 і більше сортів і гібридів. За значної кількості порівнюваних сортів і гібридів, у кожне повторення доцільно вводити два чи більше контрольних сортів (гібридів). Оскільки досліджувані сорти (гібриди) можуть розрізнятися за скоростиглістю (скоростиглі, середньостиглі тощо) і висотою (карликові, високорослі, середньорослі), їх доцільно згрупувати за цими ознаками, виділивши для кожної групи свій стандарт. При цьому кожну досліджувану групу сортів (гібридів) порівнюють зі своїм стандартом.

Під час розширеного сортовипробування порівнюються сорти і гібриди, які перебувають у конкурсному сортовипробуванні в інших районах. У конкурсному сортовипробуванні розробляються рекомендації для реєстрації нових сортів і гібридів, які істотно перевищують стандарт та інші сорти або гібриди за врожайністю та якісними показниками вирощеної продукції.

Для отримання точних, достовірних результатів конкурсного сортовипробування кількість сортів (гібридів) у них має бути меншою, ніж у дослідях із розширеним сортовипробуванням – до 5–7 шт. Кількість повторень у дослідях із конкурсного сортовипробування – мінімум чотирикратна. Ще менше варіантів (2–3 шт.) у виробничих сортовипробувальних дослідях. Для виробничого випробування беруть перспективні незареєстровані сорти (гібриди), які показали переваги порівняно з іншими сортами чи гібридами у конкурсному сортовипробуванні. Їх порівнюють з кращим зареєстрованим у господарстві сортом чи гібридом.

*Спостереження та обліки* в дослідях проводять за методиками державної кваліфікаційної експертизи сортів. Для своєчасного й точного здійснення всіх обліків і спостережень складають календарні плани для кожного виду, а потім ретельно їх дотримуються.

Під час проведення досліджень обов'язково визначають метеорологічні показники, якість виконаних робіт, детально описують варіанти дослідів. Проводять спостереження за ростом і розвитком рослин, відзначаючи дату і тривалість фенологічних фаз розвитку, проводять облік біометричних показників.

Обов'язково визначають польову схожість і виживаність рослин, оцінюють стійкість до вилягання, обсіпання, придатність до механізованого збирання, схильність до ураження хворобами та пошкодження шкідниками. Зимостійкість озимих культур і багато річних трав оцінюють за дев'ятибальною шкалою. При цьому балом 9 оцінюють найвищий прояв ознаки, балом 1 – найнижчий. Аналізують одночасність досягання врожаю – для зернових, олійних, насінників буряків і багаторічних трав тощо.

Програма досліджень має включати аналіз структури врожаю, який передбачає визначення таких показників: довжини колоса, кількості продуктивних і непродуктивних колосків у колосі, кількості та маси зерен у колосі (для колосових культур); довжини качана, кількості та маси зерен у качані, довжини волоті, кількості та маси зерен у волоті (для пізніх ярих зернових культур); кількість бобів і стручків на рослині, кількість зерен у бобі і стручку, маси зерна та насіння в бобі і стручку, маси зерна та насіння з однієї рослини (для бобових і хрестоцвітних культур); діаметра кошика, кількості та маси насіння в кошику, кількості рослин з вираженою пустозернистістю, відсотка пустих зерен (для соняшнику); кількості коробочок на одній рослині, маси насіння в коробочці та з однієї рослини (для льону та маку олійного).

Аналіз якості продукції проводять за такими показниками: масою 1000 насіння; натурою зерна (насіння) (для зернових і олійних культур); середньою масою коренеплоду та бульб (для коренеплідних і бульбоплідних культур); виходом насіння та його вирівняністю (для всіх культур), вмістом білка в зерновій продукції всіх культур, клейковини – у зерні продовольчої пшениці, цукру – в коренеплодах буряків цукрових, крохмалю – в бульбах картоплі, олії – в насінні олійних культур, лузжистістю насіння соняшнику; вмістом алкалоїдів у зерні люпинів, ерукової кислоти – у насінні ріпака тощо.

Оцінюють достовірність відхилень між варіантами дослідів та їх взаємодію за даними статистичного аналізу. Варіанти, які в середньому за роками досліджень забезпечили найвищу врожайність, рекомендують виробництву як оптимальні.

### **Контрольні запитання та завдання**

1. Яка основна мета проведення дослідів із попередниками?
2. Які спостереження та обліки називають основними (обов'язковими) і допоміжними?
3. Які обліки та спостереження слід обов'язково проводити в дослідях із попередниками, сівозмінами та ланками сівозмін?
4. Назвіть основні складові методики польового дослідів з обробітку ґрунту.
5. Що потрібно вивчати під час проведення дослідів із вивчення впливу обробітку ґрунту?
6. За яким принципом розрізняють польові дослідів з вивчення впливу добрив?
7. Які спостереження та обліки є обов'язковими під час проведення дослідів із добривами?
8. Наведіть приклади схем дослідів з вивчення впливу строків сівби для озимих зернових і просапних культур.
9. Які обліки та спостереження є обов'язковими в дослідях із вивчення глибини загортання насіння?
10. За яким принципом складаються схеми дослідів із вивчення впливу норм висіву та способів сівби?
11. Які спостереження обліки та аналізи обов'язково потрібно проводити в дослідях із вивчення впливу норм висіву і способів сівби?
12. Назвіть особливості проведення дослідів із вивчення впливу пестицидів?
13. Які спостереження та обліки є основними та додатковими в дослідях із вивчення впливу пестицидів?
14. Назвіть об'єкти досліджень у дослідях із вивчення впливу протиерозійних заходів.
15. Назвіть особливості та методичні аспекти проведення дослідів із сортовипробування.
16. Перерахуйте основні спостереження та обліки для дослідів із сортовипробування.

### Частина третя

## МЕТОДИКИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ АНАЛІЗІВ І ОБЛІКІВ

Польові дослідження супроводжуються рядом спостережень, обліків і аналізів, які мають проводитися за загальноприйнятими методиками, що забезпечують точність і достовірність отриманих результатів. У будь-яких польових дослідках проводять метеорологічні спостереження, визначають агрофізичні й агрохімічні показники родючості ґрунту, забур'яненість посівів, проводять фітопатологічні та ентомологічні обліки, фенологічні спостереження, визначають біометричні показники, протиерозійну стійкість ґрунтів, аналізують рослинні зразки тощо.

### 1. Проведення метеорологічних спостережень

Ріст, розвиток і продуктивність польових культур значною мірою залежать від метеорологічних умов року та періоду вегетації. Значна кількість заходів агротехніки направлені на покращання мікроклімату. Наприклад, куліси та гребні покращують температуру повітря та ґрунту, вибір попередника впливає на запаси продуктивної вологи в ґрунті. Таким чином, не відстеживши зміни навколишнього середовища та хід розвитку досліджуваних рослин, не можна достовірно оцінити результати досліджу.

Метеорологічні чинники (опаді, температура, вологість повітря тощо) необхідно враховувати не лише за період вегетації, але й за

попередні осінь і зиму. Облік і аналіз результатів метеорологічних спостережень проводять кілька раз упродовж суток. Спостереження за вологістю повітря, швидкістю вітру та його напрямком, атмосферним тиском проводять вісім разів за добу – о 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 і 21-й год, кількість опадів – чотири рази за добу о 3, 9, 15 і 21-й год, вологість ґрунту – восьмого дня кожної декади місяця, висоту снігового покриву та глибину промерзання ґрунту – раз за добу о 8-й год. На підставі отриманих результатів розраховують середньодобові, максимальні та мінімальні значення, виводять середні дані за декаду, місяць, вегетацію, а також за періодами росту і розвитку рослин. Отримані дані порівнюють з багаторічними показниками.

Метеодані повинні бути отримані на найближчій метеостанції або метеорологічному пункті, відстань до яких від місця проведення досліджень становить не більше 5–6 км. Кількість опадів краще визначати безпосередньо біля місця закладання досліджу, адже часто трапляються випадки, коли дощі проходять смугами, і на відстані 5–6 км від досліджу може бути зафіксована значна кількість опадів, тоді як на площі досліджу їх взагалі може не бути або навпаки – на площі досліджу був дощ, а в районі розташування метеопосту – не було.

На метеорологічних площадках, метеопостах або в окремих дослідках залежно від мети в першу чергу проводять спостереження за опадами, температурою, вологістю повітря та ґрунту. В окремих випадках ураховують також напрям і швидкість вітру, висоту снігового покриву.

#### 1.1. Визначення кількості опадів та їх інтенсивності

Спостереження за атмосферними опадами включає визначення їхнього виду та кількості. Кількість опадів установлюють за висотою шару (мм), який утворюється на горизонтальній поверхні під час випадіння та за відсутності стоку, випаровування і просочування.

Опади вимірюють *опадоміром Третьякова О-1*. Він призначений для вимірювання рідких і твердих опадів, які випали за певний час. Прилад стаціонарний, застосовується на гідрометеостанціях і метеопостах. Він складається з оцинкованого циліндричного відра висотою 40 см та приймальної поверхні площею 200 см<sup>2</sup>. У середині відра запаяна діафрагма, частина якої – змінна лійка, яка запобігає

випаровуванню опадів у літній період (взимку її знімають). Опادي виливають з відра через зливник, який закривається ковпачком, до вимірювального стакана, що входить до комплекту. Ціна його поділки становить 0,1 мм. Відро встановлюють так, щоб його приймальна поверхня знаходилась на висоті 2 м від поверхні землі. Навколо відра розміщені 16 вітрозахисних планок, які послаблюють швидкість вітру над поверхнею відра й захищають опадів від видування. Кількість опадів вимірюють чотири рази на добу.

До результатів вимірювань вводиться поправка на те, що певна частина опадів витрачається на змочування відра. Для рідких опадів у кількості менше половини поділки стакана поправка становить плюс 0,1 мм, а для опадів 0,5 поділки стакана і більше – плюс 0,2 мм.

Для того, щоб спостереження велись безперервно, до комплекту приладу входять два відра, одне з яких знімають, а інше встановлюють. Коли випадають тверді опадів (град, сніг), відро з ними заносять до приміщення і вимірюють опадів після повного їх відтавання.

Робочі записи доцільно вести за такою формою:

Дата	Час опадів, у годинах і хвилинах		Кількість поділок мірного стакана	Поправка, мм	Кількість опадів		Інтенсивність опадів, мм/хв
	початок	кінець			мм	м <sup>3</sup> /га	

На дуже відкритих місцях, де немає природнього захисту, можна отримати більш точні результати під час вимірювання рідких опадів, якщо приймальний пристрій опадоміра розмістити на рівні поверхні ґрунту. Опадомір повинен бути оточений міцною пластиковою решіткою або решіткою з нержавіючого металу для захисту від розбризкування. Вона має складатися з тонких пластин висотою від 5 до 15 см, встановлених вертикально на відстані від 5 до 15 см симетричним квадратом. Площадку навколо опадоміра слід вирівняти за всіма напрямками в радіусі не менше 50 м.

*Дощомір ґрунтовий* призначений для вимірювання рідких опадів майже на рівні ґрунту. Він складається з дощомірного відра та гнізда для його встановлення. Дощомірне відро відрізняється від відра опадоміра тим, що має приймальну поверхню площею 500 см<sup>2</sup> і конусоподібну діафрагму з отворами біля вершини. Із зовнішньої сторони відра, нижче діафрагми, є носик для зливу опадів, що випа-

ли. Ґрунтовий дощомір встановлюють на відкритій ділянці так, щоб верхній край гнізда виступав над ґрунтом на 5 см.

*Плювіограф* призначений для визначення інтенсивності опадів. Він складається з приймальної частини площею поперечного перерізу 500 см<sup>2</sup>. Вода з приймальної частини через систему трубок надходить у поплавкову камеру та підіймає поплавок із стержнем, на якому закріплено стрілку з пером, що прокреслює лінію опадів на паперовій стрічці барабана з годинниковим механізмом. Прилад встановлюють горизонтально на відкритій ділянці на спеціальному стовпі так, щоб його верхня частина була на висоті 2 м над поверхнею ґрунту. У холодну пору року плювіограф не використовують, оскільки вода всередині може замерзнути та пошкодити прилад.

Під час снігомірних зйомок визначається висота і щільність снігового покриву, запаси води в ньому, наявність і товщина льодової кірки, ступінь покриття ґрунту снігом, характер залягання снігового покриву.

У польових умовах щільність і залягання снігового покриву визначаються за допомогою *вагового снігоміра*. Він складається з металевого циліндра та ваг. Циліндр висотою 60 см і площею поперечного перерізу 50 см<sup>2</sup>, має на одному кінці товсте кільце із загостреним краєм, а на другому – кришку, яка закриває його. З боку циліндра нанесено шкалу із сантиметровими поділками для визначення висоти снігового покриву. На циліндрі вільно переміщується кільце з дужкою, за яку циліндр підвішують до ваг. Ціна поділки ваг – 5 г.

За допомогою вагового снігоміра визначають не тільки щільність снігу, а й запаси води в ньому (мм). Висоту снігового покриву в польових умовах вимірюють снігомірними рейками. За шкалою ваг снігоміра визначають масу снігу в грамах, при заглибленні циліндра – висоту снігового покриву в сантиметрах і об'єм снігу в кубічних сантиметрах. Щільність снігу визначають діленням його маси в грамах на об'єм у кубічних сантиметрах (г/см<sup>3</sup>). Записи ведуть за формою:

Номер виміру	Висота снігового покриву, см	Об'єм снігу, см <sup>3</sup>	Маса циліндра, г		Маса снігу, г	Щільність снігу, г/см <sup>3</sup>
			зі снігом	пустого		

Знаючи щільність снігу та його висоту, можна визначити запаси води за формулою:

$$Z = 10d \cdot h,$$

де  $Z$  – запаси води, мм;  $d$  – щільність снігу, г/см<sup>3</sup>;  $h$  – висота шару снігу, мм.

Запаси вологи можна виразити в кубічних метрах або тоннах на 1 га за рівнянням:

$$W = 10Z = 100d \cdot h \text{ (м}^3\text{/га або т/га)}$$

Дані спостережень за сніговим покривом широко використовуються в практиці сільського господарства для оцінки перезимівлі культур і розрахунків волого забезпечення. За висоти снігового покриву на території України 30 см і більше посіви озимих не виміряють навіть за сильних морозів.

### 1.2. Встановлення температурних показників

Температуру повітря визначають у встановлені строки, а максимальні та мінімальні її значення – за період між цими строками.

Для неперервної реєстрації температури застосовують термограф М-16, який, як і термометр, розміщують у захисних психрометричних будках БП-1 або БС-1, жалюзійні стінки яких захищають його від прямого потрапляння сонячних променів. Ці прилади залежно від тривалості одного оберту барабану бувають добові (М-16С) і тижневі (М-16Т).

Термографи необхідно періодично контролювати шляхом порівняння з показниками термометра та психрометра. Для цього зазвичай використовують аспіраційний психрометр МВ-4М. За показниками сухого термометра встановлюють термографи. Застосування цих приладів дає змогу відображати зміну температури впродовж усієї вегетації. За їх записами можна визначати середньодобові, максимальні та мінімальні значення, а також час і тривалість екстремальних показників температур протягом доби, декади, місяця та в цілому за вегетацію.

### 1.3. Напря́м і швидкі́сть ві́тру

У стаціонарних умовах напрям і швидкість вітру вимірюють за допомогою флюгерів різних марок, на полі – за допомогою анемометрів. На практиці найбільш поширені портативні анемометри – чашкові та крильчасті.

Сприймаюча частина чашкового анемометра являє собою вертушку з чотирьох порожніх півкуль (чашок), закріплених на металевій осі, нижній кінець якої приєднаний до рахункового механізму – тахометра. Стрілки на циферблаті приладу показують число обертів півкуль навколо осі: більша – число одиниць і десятків, а дві маленькі – число сотень і тисяч. Для включення лічильника обертів на коробці приладу є важіль і два кільця.

Прилад устанавлюють на жердині або тримають на витягнутих руках залежно від конкретної мети. При цьому анемометр має знаходитися в строго вертикальному положенні. Далі витримують 1–2 хв до повного обертання вертушки, після чого шнуром або безпосередньо ручками включають одночасно лічильник і секундомір. Спостереження проводять протягом 10 хв. Після даної експозиції включають лічильник і секундомір та знову записують показання стрілок лічильника. Далі визначають різницю між двома показниками лічильника, ділять цю величину на час спостереження, виражений в секундах, і отримують число обертів за одну секунду. Цей показник приблизно відповідає швидкості повітряного потоку. Для встановлення швидкості вітру користуються таблицею або графіком переведення числа обертів у швидкість. Таблиця або графік йдуть у комплекті з приладом. Чашковий анемометр слугує для визначення середньої швидкості вітру в межах 1,0–2,0 м/с.

Крильчастий анемометр за принципом роботи ідентичний попередньому приладу, проте в ньому є деякі конструктивні особливості, які підвищують його чутливість і нижні межі визначення швидкості вітру. Сприймаючою частиною в крильчастому анемометрі є крильчатка, яка складається з тонких металевих лопастей, посаджених на з'єднану з лічильником обертів горизонтальну вісь.

Під час роботи прилад орієнтується за потоком таким чином, щоб рахунковий механізм був позаду потоку відносно крильчатки. Для подолання інерції опору приладу крильчатці досить обертатися ухолосту всього 0,5 хв. Спостереження проводять дві хвилини.

Порядок розрахунку швидкості вітру такий самий, як і в чашкового анемометра. Крильчастий анемометр дає можливість вимірювати швидкість вітру від 0,3 до 5,0 м/с.

Для визначення швидкості вітру знімають вихідні показники лічильника. Наприклад, стрілка, яка вказує на тисячі, після визначень знаходилася між цифрами 3 і 4 відповідного циферблата. У цьому випадку записуємо число цілих тисяч – 3. Стрілка, яка показує сотні, знаходилася між цифрами 2 і 3 відповідного циферблата. За цифрою 3 записуємо цифру 2, яка показує число цілих сотень. Велика стрілка показала 45 поділок. Значить, після цифр 3 і 2 записуємо цифру 45, яка показує число цілих обертів осі приладу. Таким чином, вихідна величина на лічильнику становить 3245.

Після цього впродовж 10 хв визначають швидкість вітру з одночасним включенням лічильника приладу та секундоміра. Через вказаний час лічильник і секундомір виключили і за допомогою вказаної вище методики зняли нові показники приладу, які становили 5926. Для визначення кількості обертів за 1 с ділимо різницю показників лічильника на 600:  $(5926 - 3245) / 600 = 4,468$  об./с. Знайдений показник і є швидкістю вітру (в м/с), тобто у даному прикладі швидкість вітру становить 4,47 м/с, або 16,1 км за годину.

Робочі записи доцільно вести за такою формою:

Дата і час вимірювання	Показники на шкалі		Різниця між показниками	Час роботи приладу, с	Обертів за 1 с, шт.	Швидкість вітру, м/с
	початковий	кінцевий				

Для визначення швидкості вітру на практиці часто користуються зручним індукційним ручним анемометром АРІ-49 (ГОСТ 7193-74), призначеним для вимірювання усередненого значення швидкості вітру в наземних умовах. Він здатен виміряти швидкість вітру в межах від 2 до 30 м/с (від 7 до 110 км/год).

#### 1.4. Атмосферний тиск

Атмосферний тиск вимірюється барометрами різних типів. Барометр (з грецької «важкість» і «вимірюю») – це прилад для вимірювання атмосферного тиску. Вони бувають рідинні та анероїди,

тобто нерідинні. Принцип їх роботи в цілому однаковий. Тільки в першому випадку атмосферний тиск фіксується за зміною рівня рідини в сосуді, на яку тисне атмосфера, а в другому – за деформацією геометричного металевого гофрованого контейнера, в якому створено розрідження. При зміні атмосферного тиску мембрана деформується і стрілка переміщується по шкалі. Металеві барометри-анероїди градууються за ртутним барометром. Завдяки простоті та надійності у використанні, анероїди знайшли широке застосування в практиці.

Найбільш поширений універсальний барометр – БАММ-1, який використовують на метеостанціях, метеопостах і в полі. Прилад встановлюють у вертикальне положення, визначають температуру з точністю до 0,1° С термометром, який іде в комплекті з барометром. Після цього відмічають положення стрілки анероїда відносно шкали з точністю до 0,1 мм рт. ст.

Під час вимірювання враховують три поправки: шкалову, температурну і технічну. Перша (шкалова) надається в технічному свідоцтві для всієї шкали з інтервалом 10 мм рт. ст. Проміжні поправки розраховуються дослідником шляхом інтерполяції найближчих показників. Температурна поправка – це добуток температури повітря та коефіцієнта, який показує зміну показника барометра при зміні температури в той чи інший бік на 1 °С. Цей коефіцієнт наводиться в технічній документації до приладу. Технічну поправку визначають раз у півроку. Для визначення цієї поправки одночасно проводять не менше трьох вимірювань стаціонарним барометром та анероїдом, на який розраховується технічна поправка. Різниця між показниками чашкового барометра та анероїда з урахуванням перших двох поправок і є технічною поправкою до показників анероїда. Її записують у свідоцтво анероїда та застосовують для розрахунків півроку. Розрахунки атмосферного тиску доцільно проводити за такою формою:

Дата	Температура	Показник тиску	Поправка			Уточнений показник тиску
			шкалова	температурна	технічна	

### 1.5. Спостереження за вологістю повітря

Під вологістю повітря розуміють наявність у ньому водяної пари. Повітря, що містить водяну пару, називають вологим, а те, що не містить – сухим. Абсолютна вологість повітря – кількість водяної пари (у грамах), що знаходиться в 1 м<sup>3</sup> повітря (г/м<sup>3</sup>).

Вологість повітря зазвичай вимірюють аспіраційним психрометром. Цей прилад містить два термометри – сухий і зволожений. Ціна поділки термометрів становить 0,2 °С. Термометри розташовані в металевих трубках, з'єднаних далі в одну. Резервуар одного з термометрів обмотаний батистом, що зволожується. При вимірюванні вологи психрометр встановлюють горизонтально та обдувають повітрям обидва термометри за допомогою вентилятора. З поверхні резервуару зволоженого термометра випаровується вода, що залежить від вологості навколишнього повітря. При цьому вологість повітря визначається як різниця між показниками двох однакових психрометричних термометрів – сухого та зволоженого. Чим більший дефіцит вологи, тим інтенсивніше випаровується волога та більшою є різниця температур на термометрі.

Недоліком аспіраційного психрометра є те, що вентилятор захоплює повітря тільки на відстані кількох сантиметрів, що не дає змоги точно визначити вологість на певних ділянках. Крім того, величина психрометричного коефіцієнта  $A$  залежить від швидкості вентиляції, температури і типу психрометра.

Залежність абсолютної похибки вимірювань вологості аспіраційним психрометром з ціною поділки 0,1 °С від температури, згідно з проведеними дослідженнями, свідчить, що похибками можна знехтувати за температур, що перевищують 10 °С, тоді як зниження температури викликає істотне збільшення похибок.

Для визначення вологості повітря потрібно знати фактичну пружність водяної пари ( $e$ ), максимальну пружність водяної пари за температури змоченого термометра ( $E$ ), атмосферний тиск ( $P$ ), температуру сухого ( $T_1$ ) і змоченого ( $T_2$ ) термометрів.

Фактична пружність водяної пари розраховується за формулою:

$$e = E - 0,0008 (T_1 - T_2) P.$$

Показник максимальної пружності водяної пари на підставі значень змоченого термометра беруть з таблиці (табл. 9). Показники

тиску за перехідних температур (з градацією 0,1 °С) розраховують методом інтерпольованого контролю. Так, за температури 32,2 °С тиск становитиме:  $(35,8 \cdot 3 + 36,8 \cdot 2) / 5 = 36,2$  мм рт. ст. (див. табл. 9).

Таблиця 9

**Тиск насиченої водяної пари над поверхнею чистої води за різних температур змоченого термометра, мм рт. ст. [6]**

Температура	Тиск	Температура	Тиск	Температура	Тиск	Температура	Тиск
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:

$$B_e = (\lambda \cdot 100) / E$$

де  $B_e$  – відносна вологість повітря, %;  $\lambda$  і  $E$  – відповідно фактична та максимальна пружність пари, мм рт. ст.; 100 – число для перерахунку у проценти.



### 1.6. Методика визначення температури ґрунту

Для вимірювання температури ґрунту застосовують ртутні, спиртові, електричні та інші термометри, конструкція яких залежить від мети спостережень. Для вимірювання температури поверхні ґрунту застосовують:

- 1) терміновий надґрунтовий термометр ТМ-3, яким вимірюють температуру в певні строки спостережень;
- 2) максимальний термометр ТМ-1, який показує найбільшу температуру між строками спостережень;
- 3) мінімальний термометр ТМ-2, за яким визначають найменшу температуру між строками спостережень.

Ці термометри відносяться до типу рідинних, оскільки їхня дія основана на властивості рідин змінювати об'єм відповідно до зміни температури. У таких термометрах використовується рідина (ртуть, спирт), яка вміщена в скляний резервуар, з'єднаний з капілярною трубкою, протилежний кінець якої запаяний. Позаду капілярної трубки розміщена шкала для відліку показників термометра.

Термометри встановлюють строго горизонтально так, щоб резервуар і зовнішня оболонка приладу занурювалася наполовину в ґрунт. Зверху резервуар не повинен бути вкритим землею. Розташовують їх резервуарами на схід на відстані 5–6 см один від одного в наступному порядку: перший – терміновий термометр – з північної сторони, другий – мінімальний, третій – максимальний. У сонячні дні мінімальний термометр за дії прямих сонячних променів може швидко вийти зі строю, тому після ранкового вимірювання його прибирають і повторно встановлюють за 20–30 хв до вечірнього вимірювання.

На глибині орного шару температуру вимірюють за допомогою термометра-щупа АМ-6 або колінчастого термометра ТМ-5. Термометр-щуп АМ-6 укладений в металеву оправу. Резервуар термометра стикається з наконечником оправы, на якій нанесені поділки через 1 см, що дають змогу встановлювати термометр на глибину до 40 см. Цей термометр може вимірювати температуру від 0 до 60 °С.

Колінчасті термометри ТМ-5 призначені для вимірювання температури ґрунту на глибині 5, 10, 15 і 20 см в межах від – 10 °С до + 50 °С. Термометри випускаються в комплекті з чотирьох штук довжиною 290, 350, 450 і 500 мм з ціною поділки 0,5 °С.

Установка термометрів проводиться на площадці, де розміщені надґрунтові термометри на відстані 20 см на захід від них. Вони розміщені в один ряд на відстані 10 см один від одного. Глибина збільшується в напрямку зі сходу на захід. Резервуари термометрів орієнтують на північ.

На великій глибині температуру ґрунту вимірюють витяжними ртутними термометрами ТПВ-50 з ціною поділок 0,2 °С. У комплект приладу входять вісім витяжних термометрів, які встановлюють на глибині 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240 і 320 см. Установка термометрів стаціонарна, розрахована на багато років. На місці установки збирається природний рослинний і сніговий покрив. Температуру ґрунту до 1 м визначають кілька раз на добу, а глибше – один раз.

Для дистанційного вимірювання температури ґрунту на глибині більше 2 м застосовують дистанційні електричні термометри М-54-1М і М-54-2, які дозволяють вимірювати температуру ґрунту на різній глибині безпосередньо зі службового приміщення.

Для визначення температури ґрунту на глибині вузла кушіння озимих культур у зимовий період застосовують дистанційний електротермометр АМ-2М-1 для визначення температури в строк спостереження та максимально-мінімальний термометр АМ-17, який реєструє максимальну й мінімальну температуру. Дистанційність цих приладів дозволяє визначати температуру ґрунту, не порушуючи природних умов.

### 1.7. Глибина промерзання ґрунту

Для визначення глибини промерзання ґрунту застосовують мерзлотоміри Ратомського або Даниліна. Перший являє собою водонепроникну трубу, всередині якої міститься гумова трубка. Основна труба встановлюється в ґрунт закритим кінцем униз таким чином, щоб нуль шкали був на рівні поверхні ґрунту. Гумова трубка заповнюється дистильованою водою і закривається пробками, в яких закріплені капроновий шнур, що проходить через усю трубку. Верхній кінець трубки прикріплюється до ковпачка з кільцем за допомогою шнура і розташовується на рівні поверхні ґрунту.

Приблизно за місяць до початку заморозків необхідно вибрати горизонтальну площадку на ділянці, де необхідно визначити глибину промерзання. На ній не повинно бути чагарників або дерев в радіусі

близько двох-трьох середньостатичних глибин промерзання в цій місцевості. Далі буром пробурюють свердловину. Її глибина повинна перевищувати глибину вимірювання як мінімум на 30–40 см. Проби ґрунту для перевірки відбирають через кожні 10 см.

На наступному етапі у пробурену свердловину вставляють захисну трубу. Простір, який утворюється між ґрунтом і стінками труби, засипають землею та утрамбовують. Далі в захисну трубу закладають гумову трубку із сантиметровими позначками, нульова поділка яких розміщується на рівні поверхні ґрунту. У труби рівень ґрунту потрібно підняти на 4–5 см, щоб не застоювалася та відходила тала або дощова вода.

Для визначення глибини промерзання ґрунту гумову трубку витягують і прощупують пальцями, встановлюючи межі льодового стовпчика. За поділками встановлюють глибину промерзання ґрунту з точністю до 1 см. Після вимірювання гумову трубку знову вставляють у захисну трубку до наступного спостереження.

Крім розглянутих метеорологічних даних, під час проведення дослідів обов'язково потрібно фіксувати: строк настання останнього заморозку навесні та першого восени, ураганні вітри, град, зливи тощо.

## 2. Облік фізичних показників ґрунту

Серед фізичних показників ґрунту в першу чергу визначають його об'ємну масу, твердість, структурність, вологість, будову, водопроникність, стійкість ґрунтових агрегатів до розпадання у воді. Розглянемо найбільш поширені методики їх визначення.

### 2.1. Визначення об'ємної маси і твердості ґрунту

Об'ємну масу ґрунту (маса ґрунту в одиниці об'єму, у природних умовах, т/м<sup>3</sup> або г/см<sup>3</sup>) визначають за методикою Н. А. Качинського. Для цього, на ділянці, де планується визначити об'ємну масу ґрунту, викопують яму розміром 1,0 × 0,5 м на глибину, з якої планується відбирати проби. Освітлену, довшу стінку ями зачищають і на потрібній глибині одночасно забивають мінімум чотири спеціальні

циліндричні металеві стакани таким чином, щоб їх краї були строго на рівні з вертикальною стінкою.

Далі стакани обережно відкопують лопатою, обрізають частки ґрунту, який виходить за межі стакана та одразу зважують. Після цього наважки висипають із стаканів, змішують і відбирають середню пробу в металевий бюкс для визначення вологості ґрунту.

Для визначення об'ємної маси ґрунту масу сухого ґрунту ділять на його об'єм (у даному випадку об'єм стакана). Об'ємну масу ґрунту розраховують з точністю до сотих. Для зручності проведення розрахунків робочі записи ведуть за формою:

Варіант	Глибина відбору зразка, см	Номер стакана	Маса стакана, г	Об'єм стакана, см <sup>3</sup>	Маса стакана зі зразком ґрунту, г	Маса ґрунту без стакана, г	Номер бюкса, г	Маса пустого бюкса, г	Маса бюкса з вологим ґрунтом, г	Маса бюкса з ґрунтом після сушки, г	Вологість ґрунту, %	Маса сухого ґрунту в стакані, г	Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>
---------	----------------------------	---------------	-----------------	--------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	----------------	-----------------------	---------------------------------	-------------------------------------	---------------------	---------------------------------	-------------------------------------

Твердість ґрунту – показник механічних властивостей. Під твердістю ґрунту розуміють опір проникненню в нього будь-якого тіла, наприклад плунжера. Розраховують у кілограмах на 1 см<sup>2</sup> поперечного перетину плунжера.

Твердість ґрунту залежить від його хімічного і гранулометричного складу, вмісту гумусу, щільності та структури, вологості, обмінних основ і від часу обробітку. Цей показник необхідно визначати під час вивчення прийомів обробітку ґрунту, форми поверхні, випробування різних механізмів і машин.

Твердість ґрунту визначають твердоміром Н. А. Качинського. За твердістю ґрунт ділять на такі групи: > 100 кг/см<sup>2</sup> – злитий, 50–100 – дуже щільний, 30–50 – щільний, 20–30 – середньощільний, 10–20 – пухкуватий і < 10 кг/см<sup>2</sup> – пухкий.

### 2.2. Будова та структура ґрунту

Будова ґрунту визначається методом насичення водою у спеціальних приладах – патронах. Зразки ґрунту для аналізу відбирають спеціальним буром, робоча частина якого складається з циліндра,

на нижню частину якого насаджена різальна частина, діаметр якої у нижній частині на 0,8–1,0 мм менший за діаметр циліндра. Перед відбиранням ґрунту спочатку в циліндр вставляють патрон, потім надівають різальну частину. Патрони випускають різного розміру: 5 см, 7,5 і 10 см у діаметрі та 5 і 10 см завширшки.

Техніка відбору проб полягає в наступному. Перед виходом в поле нумерують і зважують патрони разом із кришками. Поверхню ґрунту в місцях, де планується відбирати проби, зачищають від рослинності. Далі вертикально встановлюють і вдвлюють бур із патроном на потрібну глибину, після чого роблять 2–3 оберти буром навколо осі, щоб відділити ґрунтовий зразок. Потім бур виймають, знімають різальну частину, ножом зрізують ґрунт нарівні з краями патрона і закривають його кришкою. Після цього патрон виймають із циліндра, визначають висоту відібраної проби ґрунту та закривають верхню частину патрона кришкою. Повторність відбору проб має бути мінімум трикратною.

Далі роботу ведуть у приміщенні лабораторії. Разом із нижньою та верхньою кришками патрон із зразком ґрунту зважують, після чого замість нижньої кришки надівають металеву сіточку і ставлять патрон із наважкою ґрунту у ванночки на спеціальні підставки, вкриті фільтрувальним папером. У ванночки наливають води стільки, щоб краї фільтрувального паперу були у воді. Протягом деякого часу вода через фільтрувальний папір заповнить усі капіляри ґрунту. Патрони з ґрунтом зважують через певні проміжки часу до моменту, коли їхня маса перестане зростати. Після останнього контрольного зважування ґрунт виймають із патронів. Патрони вимивають і висушують. Далі за відповідними формулами проводять подальші розрахунки, які більш зручно проводити за такою схемою [6]:

Варіант і повторність _____		Шар ґрунту _____ см	
Показник	Позиція	Цифри в дужках – номери позицій показників, використаних для розрахунку певного показника	Значення показника
1	2	3	4
Номер патрона	1		
Маса патрона, г	2		
Висота ґрунтового зразка, см	3		

## Продовження схеми

1	2	3	4
Діаметр патрона, см	4		
Об'єм зразка ґрунту, см <sup>3</sup>	5	$3,14 \cdot (4)^2 / 4$	
Маса патрона з ґрунтом до насичення водою, г	6		
Маса відібраного зразка ґрунту до насичення, г	7	$(6) - (2)$	
Номер бюкса	8		
Маса порожнього бюкса, г	9		
Маса бюкса з ґрунтом, г	10		
Маса бюкса з сухим ґрунтом, г	11		
Маса вологи, що випарувалася, г	12	$(10) - (11)$	
Маса сухого ґрунту в бюксі, г	13	$(11) - (9)$	
Вологість ґрунту, %	14	$(12) \cdot 100 / (13)$	
Маса сухого ґрунту в патроні, г	15	$(7) \cdot 100 / (100 + (14))$	
Питома маса ґрунту, г/см <sup>3</sup>	16	$(15) / (5)$	
Об'єм твердої фази ґрунту, см <sup>3</sup>	17	$(15) / (16)$	
Об'єм загальної пористості, см <sup>3</sup>	18	$(5) - (17)$	
Маса патрона з ґрунтом після насичення, г	19		
Капілярна пористість, см <sup>3</sup>	20	$(19) - (2) - (15)$	
Некапілярна пористість, см <sup>3</sup>	21	$(18) - (20)$	
Маса води в ґрунті до насичення, г	22	$(7) - (15)$	
Об'єм повітря в ґрунті до насичення, см <sup>3</sup>	23	$(18) - (22)$	
Об'єм твердої фази ґрунту до загального об'єму, %	24	$(17) \cdot 100 / (5)$	
Пористість загальна до загального об'єму ґрунту, %	25	$(18) \cdot 100 / (5)$	
Капілярна пористість до загального об'єму ґрунту, %	26	$(20) \cdot 100 / (5)$	
Некапілярна пористість до загального об'єму ґрунту, %	27	$(21) \cdot 100 / (5)$	
Ступінь насичення ґрунту водою, %	28	$(22) \cdot 100 / (18)$	
Ступінь аерації ґрунту, %	29	$(23) \cdot 100 / (18)$	
Об'ємна маса ґрунту, г/см <sup>3</sup>	30	$(15) / (5)$	

Під **структурністю ґрунту** розуміють здатність розпадатися на агрегати за впливу механічної дії. Розрізняють морфологічну та агрономічну оцінки структурності ґрунту. Для морфологічного опису ґрунтів С. А. Захаров розробив класифікацію структур, яка включає три типи (з розділенням на роди):

- кубоподібна (глибчаста, комкоподібна, горохувата, зерниста);
- призмоподібна (стовпчаста, призматична);
- плитоподібна (плитчаста, лускоподібна).

Роди поділяють на види за величиною агрегатів.

Для агрономічної оцінки структури Н. І. Савінов запропонував класифікацію, згідно з якою до агрономічно цінних відносяться агрегати розміром від 0,25 до 10 мм, крупніші агрегати вважаються глибчастою частиною ґрунту, а дрібніші – розсипчастою. Ці три роди поділяються на види (табл. 10).

Таблиця 10

#### Агрономічна класифікація ґрунтової структури (за Н. І. Савіновим)

Роди	Види	Розмір агрегату (діаметр), мм
Глибчаста	Крупні брила	> 100
	Середні брила	50–100
	Дрібні брила	10–50
Грудкувата	Крупні грудочки	3,0–10,0
	Середні	1,0–3,0
	Дрібні грудочки	0,5–1,0
	Зернисті грудочки	0,25–0,5
Розсипчаста	Мікроструктурні елементи	0,01–0,25
	Пилувато-глинисті частинки	< 0,01

Дослідження структури ґрунту проводиться шляхом визначення загальної кількості агрегатів у ґрунті («сухий» метод) водомісних агрегатів («мокрый» метод). Більш поширений та легкий у виконанні перший метод.

За сухого методу зі зразка нерозтертого повітряно-сухого ґрунту відбирають середню пробу масою 0,5–2,5 кг, із якої вибирають коріння, гальку та інші включення. Для скорішого підсихання ґрунту його періодично перемішують. Середню пробу просівають через колону сит з отворами 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,5 і 0,25 мм. У результаті просівання

відібрана проба розподіляється на дев'ять фракцій: частки крупніші 10 мм; 10–7 мм; 7–5 мм; 5–3 мм; 3–2 мм; 2–1 мм; 1,0–0,5 мм; 0,5–0,25 мм; дрібніші 0,25 мм.

На нижньому ситі має бути закріплений піддон. Ґрунт просівають невеликими порціями, без сильних струшувань. Після того, як сита роз'єднують, кожне з них злегка постукують долонею по ребру, щоб звільнити застрягли агрегати. Далі агрегати з сит переносяться в окремі порцелянові або алюмінієві чашки. Коли всю середню пробу просіють і розділять на фракції, кожну фракцію зважують на технічних терезах і розраховують її вміст у відсотках від маси повітряно-сухого ґрунту. Робочі записи ведуть за такою формою [6]:

Глибина відбору проб, см	Показник	Розмір фракцій ґрунтових агрегатів, мм							
		> 10	10–7	7–5	5–3	3–1	1–0,5	0,5–0,25	< 0,25
Номер варіанта _____									
	Маса агрегатів, г								
	Вміст агрегатів, %								

### 2.3. Вологість ґрунту

Вологість ґрунту показує вміст у ньому води. Вона виражається у відсотках до маси абсолютно сухого ґрунту. Не вся волога, яка міститься в ґрунті, однаково доступна кореням рослин. Під час проведення досліджень ураховують дві основні форми ґрунтової вологи: сорбовану (зв'язану) – недоступну рослинам і вільну, яку прийнято називати продуктивною вологою (за вирахуванням вологості стійкого в'янення).

Відомі різні методи визначення вологості ґрунту: термостатно-ваговий, тензометричний, органолептичний, електричний та ін. На практиці більш поширеними та популярними є термостатно-ваговий і органолептичний методи. Перший – точніший, а другий займає мінімум часу та не потребує спеціального обладнання.

Сутність термостатно-вагового методу полягає у визначенні втрати вологи під час висушування ґрунту. За цим методом ґрунтовим буром АМ-16 проводять відбір проб через кожні 10 см до глибини 50 або 100 см (інколи до 150 см). Із нижньої третини бурового стаканчика ґрунт перекладають в алюмінієві, заздалегідь зважені

та пронумеровані стаканчики і закривають кришками. Повторність відбору проб – мінімум трикратна. Після відбору проб стаканчики заповнюють на 2/3 середніми зразками ґрунту, доставляють їх у лабораторію та зважують з точністю до 0,1 г.

Після зважування стаканчики з відкритими кришками ставлять у термостат і за температури 100–105 °С висушують ґрунт до тих пір, поки маса стаканчиків при послідовних зважуваннях починає відрізнятися не більш ніж на 0,1 г. Ґрунти з високим вмістом органічної речовини за повторного зважування можуть мати більшу масу, ніж за попереднього, через окислення органічної речовини під час висушування. Зазвичай тривалість висушування супіщаних ґрунтів становить 6–7 год, суглинкових – 7–8 год.

Масове відношення вологи в ґрунті ( $W$ ) у відсотках визначають за формулою:

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} \cdot 100,$$

де  $m_1$  – маса вологого ґрунту разом зі стаканчиком і кришкою, г;  $m_0$  – маса повітряно-сухого ґрунту зі стаканчиком і кришкою, г;  $m$  – маса порожнього стаканчика з кришкою, г.

*Максимальна гігроскопічність ґрунту* – кількість води, що поглинається поверхнею ґрунтових часток з навколишнього простору, насиченого парами води, тобто за відносної вологості 100 %. Рослинами така волога не засвоюється. Під час визначення водних констант її показник застосовують для оцінки вологості стійкого в'янення.

У лабораторії максимальну гігроскопічність ґрунту визначають методом насичення ґрунту парами сірчаного калію або 10 % сірчаної кислоти. Для цього з проби пінцетом видаляють крупні рослинні рештки і висушують зразок на відкритому повітрі до повітряно-сухого стану. Після цього зразок вручну подрібнюють у ступці з гумовим наконечником. Подрібнений ґрунт просівають через сито, після чого методом квартування відбирають дві аналітичні проби масою 10–15 г кожна.

Відібрані аналітичні проби поміщають у пронумеровані, висушені та зважені стаканчики, підбираючи діаметр стаканчиків таким чином, щоб шар ґрунту в них не перевищував 4 мм. Відкриті стаканчики з ґрунтом поміщають в ексікатор, на дно якого наливають насичений розчин сірчано-кислого калію або 10 %-ний розчин сірчаної

кислоти (з розрахунку від 100 до 300 см<sup>3</sup> залежно від розміру ексікатора). Ексікатор герметично закривають кришкою та ставлять у темне місце з відносно постійною температурою. Допускається насичення ґрунту у вакуумних ексікаторах або у вакуумних шафах.

Перше зважування на аналітичних терезах проводять через сім днів, наступні – через три дні до встановлення постійної маси. За потреби в проміжках між зважуваннями додають невеликі порції цих розчинів для підтримання відносної вологості повітря в ексікаторі на рівні 98–100 %. Коли маса стаканчиків із ґрунтом стане постійною, їх переміщують у сушильну шафу на 7–8 год за температури 100–105 °С. Далі вміст максимальної гігроскопічної вологи в ґрунті визначають так само, як і при визначенні польової вологості ґрунту.

На відміну від максимальної гігроскопічної вологи, яка є стійкою величиною, *гігроскопічна волога* – величина менш постійна. Її вміст у ґрунті зазвичай коливається залежно від насичення повітря водяними парами. Необхідність визначення цього показника виникає через те, що значна кількість ґрунтових аналізів потребує перерахунку на абсолютно сухий ґрунт.

Вміст гігроскопічної вологи визначають із повітряно-сухої наважки тим самим методом, що й польову вологість. Для цього з середньої проби повітряно-сухого ґрунту, попередньо просіяного через сито, у стаканчики поміщають три-чотири наважки по 5–8 г, зважують і ставлять у сушильну шафу за температури 105 °С на 6–8 год із доведенням наважок до постійної маси; протягом останніх 2-х год проводять контрольні зважування, причому різниця за масою при повторному зважуванні не повинна перевищувати 0,001 г.

*Вміст доступної вологи* в ґрунті знаходять за різницею між польовою вологістю та вологістю стійкого в'янення рослин.

*Для визначення вологості стійкого в'янення* у попередньо зважені та пронумеровані бюкси з усіх шарів ґрунту (до потрібної глибини) у трьох повтореннях відбирають наважку ґрунту масою 40–50 г. Ґрунт зволожують і висівають у нього чотири-п'ять пророслих насінини ячменю. Бюкси ставлять у темне місце, а після появи сходів рослин переносять в освітлене місце та зволожують зразки до оптимальної вологості.

Через деякий час (дві-три доби), для зменшення випаровування поверхню накривають ватою, переносять бюкси в затінене місце і проводять спостереження за рослинами. Коли рослини почнуть

зав'язати, у ґрунті залишається тільки недоступна для них волога. Тоді їх разом з корінням вибирають з б'юксів, а наважки ґрунту в б'юксах переносять до сушильної шафи. Порядок визначення вологості стійкого в'янення рослин такий самий, як і загальної вологості.

Відсоток доступної вологи – це різниця між загальною вологістю та вмістом недоступної вологи. Кількість доступної вологи у певному шарі ґрунту визначають за формулою:

$$K_{д.в.} = B_d \cdot H \cdot O,$$

де  $K_{д.в.}$  – кількість доступної вологи в шарі ґрунту, т/га;  $B_d$  – вміст доступної вологи, %;  $H$  – висота шару ґрунту, см;  $O$  – об'ємна маса ґрунту, г/см<sup>3</sup>.

Для визначення запасів доступної вологи (в мм), потрібно показник кількості доступної вологи в ґрунті помножити на коефіцієнт 0,1, оскільки маса шару води висотою 1 мм на площі 1 га становить 10 т.

#### 2.4. Водопроникність ґрунту

Водопроникність – здатність ґрунту поглинати та пропускати через себе вологу в глибші шари. Вона сприяє нормальному повітряно-вологісному режиму ґрунту та його біологічній активності. Водопроникність ґрунту залежить від його структурності, механічного складу, об'ємної маси, а також від будови орного шару. Серед інших чинників, які впливають на водопроникність ґрунту, слід указати на присутність у ґрунті затисненого повітря, ізольовані бульбашки якого займають окремі пори або системи пор, через які вода просочуватися не може. Водопроникність визначає ту частку дощових і талих вод, яка поступає у ґрунт і може бути в подальшому використана рослинами.

Існує ряд методів визначення водопроникності ґрунту в польових умовах, серед яких найбільш поширений метод рам, метод трубок і лізиметричний метод. Крім цього, для визначення водопроникності ґрунту використовують прилад Доспехова-Васильєва.

Суть метода рам полягає в наступному. У ґрунт на глибину 10 см врізають зовнішню раму розміром 50 × 50 см, а потім внутрішню – 25 × 25 см. Уздовж стінок зовнішньої і внутрішньої сторін обох рам ущільнюють ґрунт вузькою (1–2 см) смугою. На висоті 5 см від поверхні ґрунту на стінках рам відмічають рівень заливання площадок

водою або для його контролю встановлюють лійки. Для обліку температури води в обидва каркаси поміщають термометри.

В обидві рами швидко заливають воду до відмітки, фіксують час початку визначення та кількість води, що пішла на заливку. Рівень води у зовнішній і внутрішній рамі підтримують на висоті 5 см від поверхні ґрунту впродовж усього часу визначення. Внутрішня площадка виконує облікову функцію (за нею враховують витрату води), а зовнішня – захисну.

Облік води, яка просочується за певний проміжок часу, ведуть за кількістю води, яку доливають за допомогою літрового мірного циліндра у внутрішню раму. Час між відліками залежить від фільтруючих властивостей ґрунту. У перший час досліду враховують витрати води через кожні 10 хв, у другий – через 30 хв, а в подальшому – через 60 хв. На незрошуваних площах визначення водопроникності ґрунту триває від 3-х до 6-ти годин, на зрошуваних – більше 6-ти год. Повторність аналізу – трикратна.

Водопроникність ґрунту визначають для кожного інтервалу спостережень за формулою:

$$A = O \cdot 10 / P \cdot T,$$

де  $A$  – водопроникність ґрунту, мм/хв;  $O$  – об'єм води, яка просочилась за певний період, см<sup>3</sup>;  $P$  – площа меншого квадрата, см<sup>2</sup>;  $T$  – тривалість періоду, хв; 10 – показник для перерахунку сантиметрів кубічних у міліметри.

У спекотну погоду роблять поправку на випаровування. Для цього поряд с площадкою ставлять посуд із водою. За кількістю води, що випаровується з поверхні посуду з розрахунку на одиницю площі, вносять поправку в показники водопроникності ґрунту.

#### 2.5. Розрахунок витрат вологи в посівах за вегетаційний період

Для розрахунку сумарних витрат вологи потрібно знати запаси вологи напередодні сівби культури, перед збиранням, а також надходження вологи у вигляді атмосферних опадів за вегетаційний період.

Для визначення запасів вологи перед початком та в кінці вегетації відбирають зразки ґрунту через кожні 10 см до глибини 100 або

150 см залежно від програми досліджень і досліджуваної культури. У цих зразках визначають вміст вологи за методикою, представленою у підрозділі 2.3 цієї частини підручника.

З урахуванням об'ємної маси розраховують запаси вологи в міліметрах і тоннах. Віднімаючи від запасів вологи на час сівби запас вологи на період збирання, знаходять зменшення запасів вологи за період вегетації. Додавши до цієї різниці кількість опадів за проміжок між двома визначеннями, визначають сумарні витрати вологи посівами, в міліметрах. Щоб перевести цей показник у тонни, його треба помножити на 10.

Коефіцієнт використання вологи посівами сільськогосподарських культур за вегетацію розраховують за рівнянням:

$$K_e = C_e / Y,$$

де  $K_e$  – коефіцієнт водовитрачання;  $C_e$  – сумарні витрати вологи за вегетацію, т/га;  $Y$  – урожайність основної та побічної продукції, т/га абсолютно сухої речовини.

Робочі записи доцільно подавати у вигляді табл. 11.

Таблиця 11

**Розрахунки сумарних витрат вологи та коефіцієнт водовитрачання посівами**

Шар ґрунту, см	Об'ємна маса ґрунту, г/см <sup>3</sup>	Вологість ґрунту, %		Запаси вологи, мм		Зменшення запасів вологи за вегетацію, мм	Кількість опадів за вегетацію, мм	Сумарні витрати вологи за вегетацію		Урожайність, т/га сухої речовини	Коефіцієнт витрачання вологи
		на момент сівби	на час збирання	на момент сівби	на час збирання			мм	т/га		
0–10							-	-	-	-	-
10–20							-	-	-	-	-
...							-	-	-	-	-
140–150							-	-	-	-	-
0–100	-	-	-								
0–150	-	-	-								

### 3. Визначення агрохімічних показників ґрунту

Результативність агрохімічних досліджень значною мірою залежить від правильного відбору проб ґрунту з дослідних ділянок.

Для визначення динаміки рухомих форм поживних елементів у ґрунті зразки не можна відбирати одразу після зрошення або випадіння значної кількості опадів. За цих умов їх відбирають не раніше ніж через п'ять-шість днів після опадів або зрошення.

Зразки ґрунту відбирають у зоні, де закінчується розподіл надземної частини рослин. В умовах зрошення по борознах їх беруть з валика між рослинами. У спеціальних експериментах можливий роздільний відбір ґрунтових зразків із рядків і міжрядь.

На ділянці ґрунт беруть у кількох місцях. Із цих проб складають змішаний зразок. Необхідну кількість проб з ділянки, яка дозволить отримати достовірні дані, встановлюють дослідним шляхом. На дослідній ділянці доцільно виділити невелику (5–10 м<sup>2</sup>) пробну площадку, з якої потім відбирати всі зразки ґрунту.

Свердловини розміщують рівномірно по площі ділянки. План їх розміщення складають на початку досліджень з таким розрахунком, щоб при кожному наступному бурінні не виявлялися ушкодження, зроблені під час попереднього (відстань від попередніх свердловин має бути не менше 0,7–1,0 м). Після буріння свердловини засипають ґрунтом, узятим, за можливості, з тих же горизонтів.

Глибина відбору зразків ґрунту для аналізу та їх розподіл за горизонтами визначаються метою дослідження і залежать від особливостей ґрунту. Найкраще їх відбирати у 10- або 20-сантиметровому шарі. Глибина відбору зразків має відповідати генетичним горизонтам, щоб в один зразок не потрапив ґрунт із різних горизонтів.

Число проб з ділянки, з яких потрібно скласти аналітичний змішаний зразок, уточнюють наступним чином. ґрунтовим буром відбирають не менше 50-ти зразків ґрунту, рівномірно розподілених по площі ділянки. Проби аналізують окремо, результати аналізів обробляють статистично для встановлення точності роботи за різної кількості проб. Якщо немає можливості визначити його дослідним шляхом, слід відбирати з ділянки не менше 10–15-ти проб для змішаного зразка. ґрунтові зразки відбирають з двох несуміжних

і типових повторень досліду. Маса середнього зразка має становити 400–500 г.

У вегетаційних дослідах зразки ґрунту відбирають з кожної посудини окремо з обох боків від рослин буром С. Ф. Неговелова на всю глибину ґрунту.

У лізіметричних дослідах проби ґрунту відбирають після збирання врожаю. Для цього площу лізіметра ділять на рівні квадрати площею по 0,25 м<sup>2</sup>, з яких потім відбирають проби ґрунту. Проби перемішують і відбирають середній зразок ґрунту масою 300–400 г. Решту ґрунту повертають у свердловини, з яких його відібрали.

Відібрані для лабораторного аналізу ґрунтові зразки мають бути відповідно підготовлені. Для цієї мети кожний зразок поміщають на папір, розсипають тонким шаром і проसують до повітряно-сухого стану, розминаючи руками грудочки та відбираючи пінцетом непотрібні вclusions: каміння, корені рослин тощо. Під час просування ґрунт перемішують.

Після цього відбирають середню пробу. Для цього весь ґрунт розподіляють на листі паперу рівномірним шаром і розбивають по діагоналі на чотири трикутники: два протилежно розміщених трикутники пересипають у коробку, а ті, що залишилися, перемішують.

Відібраний середній зразок розтирають у порцеляновій ступці та просівають крізь сито з отворами в 1 мм. Частину ґрунту, яка не пройшла крізь сито, знову розтирають і просівають. Цю операцію повторюють до тих пір, поки на ситі не залишаться камінці. Просіяний крізь сито ґрунт поміщають у папір і кладуть у ту саму коробку, де знаходиться нерозтертий ґрунт. У подальшому всі агрохімічні аналізи виконуються з підготовленого зразка.

### 3.1. Розрахунок вмісту нітратного та лужногідролізованого азоту, рухомих форм фосфору та калію

Нітрати містяться в ґрунті у вигляді водорозчинних солей азотної кислоти. Вони відрізняються високою рухливістю, у зв'язку з чим їх вміст у ґрунті значно змінюється. З ґрунту нітратна форма азоту може вимиватися атмосферними опадами, поливними водами вниз по профілю або за його межі. Визначення вмісту нітратів у ґрунті та забезпеченості азотом рослин проводять в день відбору проб за при-

родної вологості (табл. 12). Одночасно визначають вологість ґрунту із урахуванням поправки.

Таблиця 12

#### Забезпеченість рослин нітратним азотом з ґрунту

Вміст нітратного азоту, мг/кг ґрунту		Забезпеченість рослин
0–20 см	20–40 см	
< 10	< 5	Дуже низька
10–15	5–10	Низька
15–20	10–15	Середня
> 20	> 15	Висока

Найбільш поширений *іонометричний метод* визначення нітратного азоту в ґрунті. За цього методу концентрацію нітратів у ґрунті визначають за допомогою іоноселективного електрода в сольовій суспензії 1 %-ного розчину алюмокалієвого галууну [Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>•K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>•24H<sub>2</sub>O] за відношення ґрунт : розчин = 1,0 : 2,5.

Суть аналізу полягає в такому. На технічних терезах відбирають наважку ґрунту масою 20 г (з точністю до 0,1 г) і кладуть у хімічний стаканчик на 100 мл. Далі в стаканчик наливають 50 мл 1 %-го розчину алюмокалієвого галууну та перемішують 3 хв. Суспензії дають відстоятися 30 хв, після чого електродом вимірюють ЕДС на іонометрі «ЕВ-74». Перед вимірюванням суспензію збовтують. Показники приладу знімають не раніше ніж через хвилину після занурення електродів і припинення помітного дрейфу показників приладу. Далі готують зразкові розчини. Для цього 10,11 г висушеного за температури 100 °С нітрату калію розчиняють у 1 %-му розчині алюмокалієвого галууну, довівши цим розчином об'єм колби до 1 л. Для виготовлення калібрувального графіка застосовують розчини KNO<sub>3</sub> з концентрацією 0,01; 0,001; 0,0001 моль/л, які мають рСNO<sub>3</sub><sup>-</sup> відповідно 2, 3 і 4.

Далі на міліметровому папері креслять калібрувальний графік, на якому по осі ординат відкладають показники рСNO<sub>3</sub><sup>-</sup>, а по осі абсцис – показники приладу. Знаючи ЕДС розчину за графіком знаходять рСNO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Вміст нітратів у продукції знаходять за допомогою табл. 13. Нітрати переводять у нітратний азот за рівнянням: N-NO<sub>3</sub>, мг/кг ґрунту = 0,226 · NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, де 0,226 – коефіцієнт перерахунку вмісту нітратів (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) у нітратний азот (N-NO<sub>3</sub>).



Таблиця 13

Перерахунок  $pCNO_3^-$  у масову частку нітратного азоту ґрунту,  $млн^{-1}(мг/кг)$  [6]

$pCNO_3^-$	Соті частки $pCNO_3^-$									
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
2,5	109,0	107,0	105,0	102,0	100,0	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	38,9	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	16,5	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

Визначення лужногідролізованого азоту в ґрунті зазвичай проводять методом М. О. Корнфільда. Кількість азоту, визначеного цим методом характеризує ступінь окультуреності ґрунтів, а також ступінь забезпеченості азотом, оскільки вміст його характеризує тісну кореляційну залежність між азотом, який вилучається із вмістом гумусу, загальним вмістом азоту та нітрифікаційною здатністю в основних типах ґрунтів.

Згідно з цим методом 2 г ґрунту вміщують у периферійну частину чашки Д. Х. Конвея. У внутрішню частину наливають 2  $см^3$  2 %-го розчину  $H_3BO_3$  і додають дві краплі індикатора Гроака. Потім у зовнішню частину чашки додають 5  $см^3$  1 моль/ $дм^3$  розчину NaOH, не допускаючи змочування ґрунту. Для цього чашку слід тримати злегка нахиленою до перегородки. Не змінюючи положення, чашку накривають кришкою. Обережно круговими рухами чашки впродовж 1 хв ґрунт змішують з розчином NaOH. Потім чашку ставлять

у термостат і за температури 28 °C витримують 48 год. Після цього її виймають, знімають кришку і відтитровують аміак, що поглинувся борною кислотою. Титрують з мікро бюретки 0,01 моль/ $дм^3$  розчином сірчаної кислоти до переходу зеленого забарвлення у фіолетово-червоне.

Вміст азоту у міліграмах на 1 кг ґрунту обчислюють за формулою:

$$N = K \cdot (V \cdot 0,28 \cdot 1000 \cdot K) / m,$$

де  $V$  – кількість 0,01 моль/ $дм^3$  розчину сірчаної кислоти витраченої на титрування зв'язаного аміаку,  $см^3$ ; 0,28 – кількість азоту, яка відповідає 1  $см^3$  0,01 моль/ $дм^3$  розчину сірчаної кислоти, мг; 1000 – коефіцієнт для перерахунку маси наважки ґрунту, в грамах на кілограм, г;  $K$  – перевідний коефіцієнт для перерахунку на абсолютно суху масу ґрунту;  $m$  – маса наважки ґрунту.

Групування ґрунтів за вмістом гідролізованого азоту, рекомендоване для обласних проектно-пошукових станцій хімізації, наведено в табл. 14.

Таблиця 14

Групування ґрунтів за вмістом гідролізованого азоту, визначеного методами Тюріна-Конової і Корнфільда

Колір забарвлення	Вміст гідролізованого азоту	Метод	
		Тюріна-Конової	Корнфільда
мг/кг ґрунту			
Лимонний	Дуже низький	< 30	< 100
Салатовий	Низький	31–40	101–150
Світло-зелений	Середній	41–50	151–200
Трав'яний	Підвищений	51–70	> 200
Зелений	Високий	71–100	
Темно-зелений	Дуже високий	> 100	

Під час визначення азоту методом Корнфільда з ґрунту його вилучається в чотири рази більше порівняно з показниками нітрифікаційної здатності і у два рази більше, ніж за методом Тюріна-Конової. Кількість лужногідролізованого азоту становить для більшості ґрунтів 4–6 %, а інколи 8–10 % від загального азоту. Звичайно, відносити всю цю кількість до засвоюваного рослинами

азоту не можна. Рослини використовують лише частину азоту, яка вилучається, а решта становить потенційний запас і може бути використана ними найближчим часом.

На основі зіставлення даних урожайності в польових умовах із результатами визначення легкогідролізованого азоту за Корнфілдом запропоновано орієнтовні індекси забезпеченості рослин азотом, в міліграмах на 1000 г ґрунту: 80 мг – висока потреба в азотних добривах; 80–160 – середня; 160–200 мг – низька і більше 200 мг – потреби в азотних добривах немає.

*Вміст рухомих форм фосфору та калію* в ґрунті визначають за методикою Кірсанова. Валовий вміст фосфору в ґрунті коливається від сотих часток до 0,7 %. Рухомі форми фосфору становлять 2–10 % від їх валового вмісту. Засвоюваними є водорозчинні фосфати, вміст яких варіює в межах від 0,015 мг до 1,5 мг  $P_2O_5$  на 1 л. Однак водорозчинні сполуки фосфору задовольняють потреби рослин у цьому елементі не більш ніж на 1 %. Валовий вміст калію в ґрунті коливається в межах від 1,0 до 2,5 %. Легкорозчинні сполуки калію становлять 0,5–1,2 % від валової кількості.

Суть методу Кірсанова полягає в тому, що рухомі форми фосфору та калію «витають» з ґрунту 0,2 Н розчином  $HCl$ . Фосфати визначають колориметрично за молібденовою синню, що утворюється при відновленні фосфорно-молібденової кислоти металевим цинком, а обмінний калій на полум'яному фотометрі.

Для проведення аналізу беруть наважку ґрунту 10 г і пересипають у склянку. Далі в склянку наливають 50 мл 0,2Н розчину  $HCl$ , перемішуючи ґрунт із розчином упродовж 1 хв. Суспензії дають відстоятися 15 хв. Після цього суспензію відфільтровують через складчастий фільтр і з отриманого фільтрату піпеткою відбирають у пробірку 5 мл витяжки, додаючи 5 мл реактиву, дві краплі хлористого олова та перемішують. Через 15 хв визначають вміст фосфору на електронному фотоелектроколориметрі.

Вміст калію визначають на полум'яному фотометрі при світлофільтрі, який пропускає аналітичні лінії калію з довжиною хвиль 766,5 і 769,9 нм.

Оцінку вмісту рухомих форм фосфору і калію проводять, порівнюючи отримані результати з табличними показниками (табл. 15).

Таблиця 15

### Групування ґрунтів за забезпеченістю рухливим фосфором і калієм

Номер групи	Вміст, мг/кг ґрунту		Забезпеченість
	$P_2O_5$	$K_2O$	
1	0–25	0–40	Дуже низька
2	26–50	41–80	Низька
3	51–100	81–120	Середня
4	101–150	121–170	Підвищена
5	151–250	171–250	Висока
6	250	250	Дуже висока

### 3.2. Методика визначення вмісту гумусу

Гумус ґрунту – складний динамічний комплекс органічних сполук, який утворюється під час розкладання та гуміфікації органічних решток у ґрунті. При визначенні сумарного вмісту гумусу враховують усі форми органічної речовини ґрунту. Тому під час підготовки ґрунту до аналізу ретельно відбирають корінці та всі органічні залишки, щоб виключити всі речовини негумусової природи.

Для визначення загального вмісту вуглецю органічної речовини у вихідному зразку ґрунту з повітряно-сухого розтертого зразка, просіяного крізь сито з отворами 1 мм, беруть 5 г ґрунту, відбирають з нього корінці, розтирають в агатовій ступці та просівають крізь сито з отворами 0,25 мм.

Вміст гумусу визначають методом І. В. Тюріна в модифікації І. Н. Сімакова. Принцип цього методу заснований на окисненні вуглецю гумусових речовин до  $CO_2$  0,4 М розчином двохромокислого калію, виготовленого на сірчаній кислоті. За кількістю хромової суміші, яка витрачається на окислення органічного вуглецю, судять про його кількість. Наважку ґрунту відбирають на аналітичних терезах із розрахунку, представленого в табл. 16.

Наважку ґрунту пересипають у колбу. З бюретки в колбу додають 10 мл хромової суміші та обережно перемішують круговими рухами. Далі в колбу вставляють маленьку воронку, яка слугує зворотним холодильником, ставлять колбу на азбестову сітку, доводять до кипіння та кип'ятять рівно 5 хв з моменту появи великих пазирків



### 3.4. Визначення реакції ґрунтового розчину

#### 3.4.1. Обмінна кислотність

Реакцію ґрунтового розчину, яка характеризується рівнем рН, визначають під час вапнування ґрунтів. Найчастіше кислотність ґрунту вимірюють за допомогою приладів – рН-метрів.

Суть методу полягає у витісненні обмінних іонів  $H^+$  і  $Al^{3+}$  1 моль/дм<sup>3</sup> розчином КСІ (рН = 5,5–6,0) за співвідношення ґрунту до розчину 1,0:2,5 для мінеральних ґрунтів і 1:25 для торф'яних з подальшим вимірюванням активності іонів водню потенціометричним методом.

Прилад (рН-метр) підготовляють до роботи згідно з інструкцією. Його настроюють за допомогою буферних розчинів з рН, що дорівнюють 4,01; 6,86 і 9,18.

Для аналізу беруть 20 г ґрунту переносять у склянку на 100 см<sup>3</sup> і заливають 50 см<sup>3</sup> 1 моль/дм<sup>3</sup> розчину хлориду калію. Вміст склянки збовтують протягом 1 хв і залишають на ніч. Потім, не збовтуючи розчину, занурюють у нього скляні електроди і за допомогою рН-метра через 1 хв визначають рН сольової витяжки. Щоб установити ступінь кислотності ґрунту, користуються табл. 17.

Таблиця 17

#### Групування ґрунтів за ступенем кислотності, визначеним у сольовій витяжці

Колір забарвлення	Ступінь кислотності ґрунтів	рН (КСІ)
Червоний	Дуже сильно кислі	Менше 4,0
Рожевий	Сильно кислі	4,1–4,5
Оранжевий	Середньо кислі	4,6–5,0
Жовтий	Слабо кислі	5,1–5,5
Світло-зелений	Близькі до нейтральних	5,6–6,0
Зелений	Нейтральні	Більше 6,0

Найбільш поширений у світовій практиці спосіб визначення доз вапна за показником рН сольової витяжки з урахуванням гранулометричного складу ґрунту показано в табл. 18.

Таблиця 18

#### Орієнтовні дози $CaCO_3$ , потрібні для встановлення слабокислої реакції ґрунту (з урахуванням його гранулометричного складу)

Гранулометричний склад ґрунту	рН сольової витяжки					
	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4–5,5
Супіщані ґрунти та легкі суглинки	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0
Середні та важкі суглинки	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5

#### 3.4.2. Гідролітична кислотність

Кислотність, яка виявляється під час взаємодії ґрунту з гідролітично лужною сіллю ( $CH_3COONa$ ), називається гідролітичною. Лужна реакція розчину цієї солі є головною причиною більш повного витіснення обмінного водню з ґрунту.

Визначення гідролітичної кислотності ґрунтується на тому, що за взаємодії розчину  $CH_3COONa$  з ґрунтом утворюється оцтова кислота, яка відтитровується лугами. За кількістю лугів, використаних на титрування, судять про величину гідролітичної кислотності.

Для проведення аналізу на технічних терезах зважують 20 г повітряно-сухого ґрунту, просіяного крізь сито з отворами 1 мм, і висипають у посудину на 200 мл. До зразка додають 50 мл 1,0 М розчину  $CH_3COONa$  і збовтують упродовж години. Суспензію відфільтровують крізь сухий складчастий фільтр. Перед фільтруванням зразок знову збовтують і переносять ґрунт на фільтр. Якщо фільтрат буде мутним, то його слід знову профільтрувати крізь той же фільтр.

Після цього піпеткою відбирають 25 мл прозорого фільтрату та переносять у конічну колбу на 100 мл. Далі додають одну-дві краплі фенолфталеїну та відтитровують фільтрат без підігрівання розчином  $NaOH$  до появи рожевого забарвлення, яке не зникає протягом хвилини.

Гідролітичну кислотність розраховують за формулою:

$$H = (a \cdot K_{NaOH} \cdot 100 \cdot 0,1 \cdot 1,75) / C,$$

де  $H$  – гідролітична кислотність, м-екв. / 100 г;  $a$  – кількість 0,1 М  $NaOH$ , яку використали на титрування взятого об'єму фільтрату, мл;  $K_{NaOH}$  – поправка до титру; 100 – коефіцієнт переведення на 100 г ґрунту; 0,1 – коефіцієнт переведення в м-екв.; 1,75 – поправка на повноту витіснення іонів водню;  $C$  – важка ґрунту, яка відповідає взятому для титрування об'єму фільтрату, г.

Робочі записи доцільно вести за такою формою:

Горизонт, глибина взяття зразка, см	Наважка, г	Об'єм		Наважка, що відповідає об'єму фільтрату (С), г	Кількість NaOH, яку використали на титрування (а), мл	Гідролітична кислотність (Н), м-екв. / 100 г
		CH <sub>3</sub> COONa, мл	Фільтрату, взятого для титрування, мл			

### 3.4.3. Ступінь насичення основами

Ступенем насичення ґрунту основами називається відношення суми обмінних основ до ємкості катіонного обміну. Цей показник застосовують для визначення потреби ґрунтів у вапнуванні. Ступінь насичення ґрунтів основами ( $V$ , %) розраховують за формулою:

$$V = S \cdot 100 / S + H,$$

де  $S$  – сума увібраних основ, м-екв. / 100 г ґрунту;  $H$  – гідролітична кислотність, м-екв. / 100 г ґрунту; 100 – коефіцієнт переведення у відсотки.

## 4. Гербологічні обліки

Рівень забур'яненості полів можна прогнозувати на підставі аналізу їх забур'яненості в попередній рік вирощування та засміченості верхнього шару ґрунту насінням і органами розмноження бур'янів.

### 4.1. Забур'яненість посівів

Існують різні методи визначення рівня забур'яненості посівів. Якщо ці дані потрібні для прийняття об'єктивного рішення щодо доцільності профілактичних і захисних заходів, обліки проводять окомірним методом. Якщо ж метою є детальне вивчення чисельності та видового складу бур'янів, динаміки засміченості, впливу систем за-

хисту рослин тощо, то користуються кількісним і кількісно-ваговим методами обліку.

Фактичну забур'яненість посівів визначають за щорічним обстеженням у строки, на які припадає поява всіх основних видів бур'янів. Зокрема, в посівах зернових колосових основне обстеження проводять у фазі колосіння, просапних – у середині їх вегетації. Для складання конкретних планів застосування гербіцидів у післясходовий період облік бур'янів проводять навесні після масової появи їхніх сходів.

Найпростіший метод обліку, яким користуються на великих ділянках, – окомірний. Він дозволяє визначити поширеність бур'янів на кожному полі та їхній ботанічний склад. Забур'яненість оцінюють за бальними шкалами. Найчастіше користуються семибальною шкалою покриття ґрунту бур'янами: 0 балів – бур'яни відсутні; 1 бал – бур'яни трапляються поодинокі, ступінь покриття близький до одного-трьох бур'янів на 10 м<sup>2</sup>; 2 бали – ступінь покриття до 5 % (три-п'ять бур'янів на 1 м<sup>2</sup>); 3 бали – 5–20 %, (5–15 бур'янів на 1 м<sup>2</sup>), культурні рослини домінують над бур'янами; 4 бали – 20–50 % (20–30 бур'янів на 1 м<sup>2</sup>), культурні рослини ще домінують над бур'янами; 5 балів – 50–70 %, бур'янів стільки ж або більше, ніж культурних рослин, культура під загрозою; 6 балів – 75–100 %, бур'яни помітно переважають над культурними рослинами.

Окомірний метод передбачає постійне спостереження впродовж вегетаційного періоду, оскільки відбуваються зміни у видовому складі бур'янів: влітку закінчують вегетацію та зникають деякі ярі та зимуючі, восени з'являються багаторічні сходи зимуючих і озимих, закінчують вегетацію пізні ярі.

Кількісний метод визначення забур'яненості посівів ґрунтується на підрахунку кількості бур'янів на облікових майданчиках. Для цього користуються рамками відповідних розмірів. У польовому досліді в п'яти місцях, віддалених на однакову відстань одне від одного, по діагоналі поля накладають на поверхню ґрунту облікові квадратні рамки площею 0,25 м<sup>2</sup> або 1 м<sup>2</sup>. В умовах виробництва на полях площею до 50 га по діагоналі поля накладають п'ять рамок, на полях із площею від 50 до 100 га – 10 рамок, від 100 до 150 га – 20 рамок і більше 150 га – 30 рамок.

Після підрахунку кількості бур'янів у рамках визначають їхню середню кількість на одну рамку та на 1 м<sup>2</sup>. Для визначення кількості

бур'янів з розрахунку на 1 м<sup>2</sup>, обчислених у рамках площею 0,25 м<sup>2</sup>, їх кількість множать на чотири. Далі знаходять відсоток бур'янів від кількості культурних рослин, яку беруть за 100 %. Ступінь засміченості посівів бур'янами визначають за відповідною шкалою (табл. 19).

Таблиця 19

**Шкала визначення забур'яненості посівів**  
(за Арешниковим, Гончаренком, Костюковським й ін., 1992)

Кількість бур'янів на 1 м <sup>2</sup>	Бал забур'яненості	Ступінь забур'яненості
1–5	1	Дуже слабкий
6–15	2	Слабкий
16–50	3	Середній
51–100	4	Сильний
Понад 100	5	Дуже сильний

Більш точний метод визначення забур'яненості – *кількісно-ваговий*. Ним користуються на стаціонарних полях, де проводиться робота з удосконалення захисту посівів від комплексу шкідливих організмів, зокрема від бур'янів. Облік бур'янів проводять одночасно з обліком інших шкідливих організмів на одних і тих же облікових майданчиках у відповідні строки. При цьому підраховують кількість бур'янів за видами, їхню загальну кількість, визначають їхню висоту, фазу розвитку та біомасу. Для визначення останньої на обліковому майданчику виривають усі бур'яни, відрізають коріння та зважують. Після висушування до повітряно-сухого стану знову зважують. Масу визначають у грамах на 1 м<sup>2</sup> (г/м<sup>2</sup>) або в тоннах на 1 га (т/га). Цей метод дає змогу виявити, як бур'яни впливають на культурні рослини, збіднюють запаси вологи та поживних елементів ґрунту.

Важливою характеристикою забур'яненості посівів є тип засміченості (співвідношення бур'янів різних біологічних груп).

Найбільш поширеними типами засміченості є:

- однорічний злаковий – переважають мишій, куряче просо, озимі та зимуючі злаки;
- однорічний дводольний – переважають редька дика, гірчиця польова, триреберник непахучий, волошка синя;
- багаторічний кореневищний – переважають пирій повзучий, хвощ польовий;

- змішаний – трапляються представники різних біологічних типів і груп бур'янів. Останній є найбільш характерним для всіх ґрунтово-кліматичних зон України.

#### 4.2. Засміченість ґрунту насінням та органами вегетативного розмноження бур'янів

Для розробки системи захисту посівів від бур'янів проводять аналіз їх засміченості насінням верхнього шару ґрунту, оскільки від цього залежить рівень забур'яненості майбутніх посівів.

Для визначення потенційної забур'яненості полів восени після основного обробітку проводять визначення засміченості ґрунту насінням бур'янів. Проби відбирають буром Калентьєва по діагоналі поля на однаковій відстані одна від одної. У разі відсутності бура проби можна відібрати лопатою. У польовому досліді мінімальна повторність відбирання проб на ділянці – п'ятиразова. В умовах виробництва, на полях площею до 50 га, відбирають п'ять проб, від 50 до 100 га – 10 проб і більше 100 га – 20 проб.

Відбір проводять із шарів ґрунту 0–5 і 5–10 см. З більшої глибини відбирати зразки недоцільно, оскільки насіння бур'янів з більшої глибини фактично не сходять. Проби, відібрані з шару ґрунту 0–5 см, висипають в один пакет, з шару ґрунту 5–10 см – у другий. На кожному пакеті відмічають номер варіанта (поля), глибину відбору проб, їхню кількість. Маса кожного зразка має становити 1 кг. Для аналізу кожен зразок ділять навпіл – на дві паралельні наважки по 500 г, з яких відбирають по одному середньому зразку масою по 100 г.

Існують різні методи визначення засміченості ґрунту насінням бур'янів, серед яких найбільш поширений і простий для виконання – метод промивання. Він передбачає промивання ґрунтового зразка водою на лавсановому ситі з отворами 0,25 м. Для економної витрати води середню пробу за 2–3 год до аналізу зволожують. Після промивання на ситі залишаються насіння бур'янів, рослинні рештки та камінці. Дрібніше насіння разом з водою вимивається крізь отвори сита в попередньо підставлений піддон (будь-яка посудина). Для відокремлення насіння бур'янів осад переливають у порцелянову посудину на 500–750 мл, заповнену на 2/3 концентрованим розчином звичайної кухонної солі. У цьому розчині важчі мінеральні

частинки ґрунту осідають на дно, а легше насіння бур'янів і органічні рештки спливають на поверхню. Потім на лійку з фільтрувальним папером зливають верхню частину розчину з насінням бур'янів. Насіння, що не пройшло крізь отвори сита й те, що відфільтрували із сольового розчину, об'єднують і просушують за кімнатної температури до повітряно-сухого стану.

Підрахунок виділеного насіння бур'янів проводять на склі, покладеному на білий папір. Для підрахунку бажано користуватися лупою зі збільшенням у 5–10 разів. Для полегшення ідентифікації виділеного насіння доцільно мати колекцію насіння бур'янів.

Якщо зразки відбиралися буром, засміченість ґрунту насінням бур'янів розраховують за формулою:

$$З = 10000 \cdot K / H \cdot П,$$

де  $З$  – засміченість шару ґрунту насінням бур'янів, шт./м<sup>2</sup>; 10000 – площа 1 м<sup>2</sup>, см<sup>2</sup>;  $K$  – кількість насіння бур'янів у зразку, шт.;  $H$  – кількість проб, з яких був сформований зразок, шт.;  $П$  – площа внутрішньої поверхні бура, см<sup>2</sup>.

Для перерахунку насіння бур'янів у мільйони штук на 1 га (млн шт./га) розрахований показник засміченості ( $З$ ) слід поділити на 100.

Якщо зразки ґрунту відбиралися без урахування площі відбору проб, його засміченість насінням бур'янів розраховують за формулою:

$$З = [(100 + B) \cdot K] / 100 \cdot M,$$

де  $З$  – кількість насіння бур'янів у 1 кг абсолютно сухого ґрунту, шт.;  $B$  – вологість ґрунту перед відмиванням насіння бур'янів, %;  $K$  – кількість насіння в ґрунтовій пробі, шт.;  $M$  – маса ґрунтової проби перед промиванням, кг.

Для переведення засміченості певного шару ґрунту в мільйони штук на 1 га (млн шт./га), застосовують таку формулу:

$$З = (H \cdot O \cdot K) / M,$$

де  $З$  – кількість насіння в шарі ґрунту, млн шт./га;  $H$  – товщина шару ґрунту, з якого відбиралися проби, см;  $O$  – об'ємна маса ґрунту, г/м<sup>3</sup>;  $K$  – кількість насіння в пробі, шт.;  $M$  – маса зразка ґрунту перед промиванням, кг.

Важливо пам'ятати, що реальну загрозу посівам культурних рослин становитиме лише життєздатне насіння бур'янів, тож у про-

бі потрібно визначити відсоток насіння бур'янів, спроможного прорости. Для цього розділене на окремі види насіння бур'янів кладуть на зволожений фільтрувальний папір і пророщують у термостаті за температури 21–26 °С впродовж 20 днів. Облік пророслого насіння проводять через кожні три-чотири дні з наростаючим підсумком. Через 20 днів (після закінчення пророщування) непроросле насіння кладуть у чашки та заливають 10 мл 0,5 %-го розчину хлорфенілтетразолію хлористого і після добової експозиції в термостаті за температури 20 °С, роздавлюючи оболонки, визначають за різницею в забарвленні тканин кількість мертвих і живих насінин, які перебувають у стані спокою.

У підсумку схожість насіння бур'янів розраховують за формулою:

$$P = a \cdot 100 / \epsilon,$$

де  $P$  – схожість насіння, %;  $a$  – кількість пророслого насіння цього виду, шт.;  $\epsilon$  – загальна кількість насіння цього виду в пробі, шт.

За цією ж формулою можна визначити також частку схожого насіння, підставивши замість кількості пророслого кількість схожого насіння.

Крім насіння, ґрунт засмічують органи вегетативного розмноження бур'янів, кількість яких за потреби визначають наприкінці вегетації. Для цього використовують рамки розміром 0,5 × 0,5 м. З посівної ділянки площею до 200 м<sup>2</sup> по її діагоналі слід відбирати не менше п'яти проб. В умовах виробництва з одного поля відбирають 10–20 зразків. За допомогою лопати або інших підручних засобів ґрунт розкопують на глибину 30 см, оскільки в цьому шарі розміщується основна маса органів вегетативного розмноження переважної більшості бур'янів.

Для цього на попередньо очищену поверхню місця відбору зразка кладуть облікову рамку, а далі вертикально до внутрішніх стінок рамки ножем обводять контур, у межах якого виймають ґрунт. Глибину розкопки контролюють лінійкою. Ґрунт перебирають, подрібнюючи грудки руками, та дістають з нього всі вегетативні органи розмноження бур'янів. При цьому рахують кількість підземних пагонів, вимірюють їхню довжину та підраховують кількість бруньок, які є потенційним джерелом засміченості посівів бур'янами певного виду. Отримані дані перераховують на площу 1 м<sup>2</sup> або 1 га.

Оцінюють засміченість ґрунту за шкалою, наведеною в табл. 20.

Таблиця 20

**Шкала для оцінки засміченості орного шару ґрунту насінням і органами вегетативного розмноження бур'янів**

Ступінь засміченості	Бал	Показник, млн шт./га		
		загальна кількість фізично нормального насіння	у тому числі кількість схожого насіння	кількість бруньок на органах вегетативного розмноження
Слабкий	1	Менше 10	Менше 2	Менше 0,1
Середній	2	10–50	2–10	0,1–0,5
Високий	3	Більше 50	Більше 10	Більше 0,5

### 4.3. Оперативне обстеження посівів на забур'яненість

Метою оперативного обстеження полів на забур'яненість є визначення доцільності застосування післясходових гербіцидів, ручних прополок або інших агрозаходів для догляду за посівами. Цю роботу здійснюють на початку вегетації культурних рослин.

У ролі критерію рівня забур'яненості під час оперативного обстеження, як і під час основного, береться питома вага бур'янів у загальній масі агрофітоценозу посівів. Цей показник дозволяє в декілька разів точніше визначити можливі втрати врожаю від бур'янів, порівняно з тим, коли за критерій забур'яненості брати їхню кількість.

Згідно з дослідженнями Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, втрати врожаю (у відсотках від забур'яненості посівів) приблизно дорівнюють усередненій за період вегетації питомій вазі бур'янів у загальній масі культурних рослин і бур'янів. Недобір урожаю через бур'яни можливо спрогнозувати, знаючи початкове та кінцеве значення питомої ваги бур'янів у загальній масі агрофітоценозу, за допомогою формули:

$$П = (Вн + Вк) / 2,$$

де  $П$  – втрати врожаю, % до незабур'яненого посіву,  $Вн$  – початкове значення питомої ваги бур'янів у загальній масі культурних рослин та бур'янів, яке визначається до проведення заходів із знищення бур'янів;  $Вк$  – значення питомої ваги бур'янів на кінець вегетації культурних рослин.

Під час оперативного обстеження посівів визначають початкову питому вагу бур'янів ( $Вн$ ), а в подальшому прогнозують значення їхньої кінцевої питомої ваги ( $Вк$ ) і за вищенаведеною формулою розраховують можливі втрати врожаю за кожним конкретним полем. Якщо затрати на захист посівів від бур'янів менші від вартості можливого недобору врожаю, то приймається рішення про доцільність того чи іншого прийому захисту посівів від бур'янів.

У посівах кожної культури складаються їх певні конкурентні взаємовідносини з бур'янами, які залежать від темпів наростання вегетативної маси рослин, періоду їхньої вегетації та біологічних особливостей компонентів цього агрофітоценозу. Це дозволяє спрогнозувати кінцеве значення питомої ваги бур'янів на основі початкового значення за допомогою коефіцієнта  $К$ . У такому випадку раніше наведена формула може бути видозмінена таким чином:

$$П = (Вн + К \cdot Вк) / 2$$

На підставі багаторічних досліджень Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН наводимо значення  $К$  для деяких найбільш типових ситуацій (табл. 21). Техніка виконання оперативного обстеження посівів на забур'яненість передбачає прохід по найбільшій діагоналі поля з визначенням усіх видів виявлених бур'янів та фіксацією ступеня їхнього домінування в посівах. Одночасно з цим залежно від розміру поля в 10–15-ти точках беруть рослинні проби. Об'єднані проби в подальшому розділяють на групи рослин: культура, дводольні малорічні, злакові однорічні, коренепаросткові тощо та окремо зважують.

При цьому дводольні малорічні бур'яни можуть бути розділені на зимуючі з коротким, середнім і довгим вегетаційним періодом, а також на ярі бур'яни. Після цього вираховують у відсотках питому вагу кожної групи рослин у складі загальної маси агрофітоценозу.

Відбір рослинних проб здійснюють за допомогою проволочних рамок таких розмірів: у посівах культур суцільного посіву –  $0,3 \times 1,0$  м; у посівах просапних культур з шириною міжрядь 70 см –  $0,7 \times 0,71$  м, а з шириною 45 см –  $0,45 \times 1,1$  м. У посівах просапних культур оперативне обстеження слід проводити після першого міжрядного обробітку ґрунту. Якщо такого обробітку не було, то рослинну пробу слід відбирати лише в межах захисної зони рядка. Одержані результати для кожного поля (видовий склад бур'янів, кількість площадок



Таблиця 21

**Значення коефіцієнтів зміни питомої ваги бур'янів у посівах польових культур (за В. С. Зузою, С. І. Поповим, 2000)**

Культура	Значення К
Пшениця озима	0 – грицики звичайні ( <i>Capsellabursa-pastoris</i> L.), горобейник польовий ( <i>Zithospermum arvense</i> L.) та інші зимуючі бур'яни, які мають значно менший період вегетації, ніж пшениця озима; 1,0 – підмаренник чіпкий ( <i>Galium aparine</i> L.), кудрявець Софії ( <i>Descurainia sophia</i> L.), фіалка польова ( <i>Viola arvensis</i> Murr.) та інші зимуючі бур'яни, які мають близький період вегетації до пшениці озимої; 4,0 – коренепаросткові: березка польова ( <i>Convolvulus arvensis</i> L.), осот рожевий ( <i>Cirsium arvense</i> (L) Scop.), осот жовтий ( <i>Sonchus arvensis</i> L.) та ін.; 1,0 – для змішаного типу забур'яненості
Ячмінь, горох	1,0
Просо	0,45 – для коренепаросткових бур'янів; 1,65 – для малорічних бур'янів
Соя	0,5 – для коренепаросткових бур'янів; 1,4 – для малорічних бур'янів
Кукурудза	0,2 – для коренепаросткових бур'янів; 1,0 – для малорічних бур'янів
Соняшник	0

відбору, загальна площа відбору проб, маса об'єднаної проби) заносять у заздалегідь підготовлений бланк і визначають очікуваний недобір (втрату) урожаю від наявних у посіві бур'янів.

## 5. Обліки з ураженості посівів хворобами та шкідниками

Проведення огляду й обстеження посівів на заселеність і зараження шкідливими організмами передбачає інспектування, під час якого здійснюється фітосанітарний моніторинг за допомогою візуальних, інструментальних і дистанційних методів.

Для обліку шкідників використовують методи ґрунтових розкопок, облікових ділянок, облікових рядків і облікових рослин, рослинних проб, косіння ентомологічним сачком, пасток.

Візуальні методи обліку, що характеризуються високою точністю даних щодо чисельності шкідників та інтенсивності розвитку хвороб, є доволі трудомісткими, їхнє вдосконалення спрямоване на мінімізацію кількості, зручне для обліковця розміщення по полю облікових проб чи рослин та уніфікацію методів виявлення комплексу шкідників за один облік.

Приладні методи виявлення та обліку шкідників і хвороб сільськогосподарських рослин засновані на використанні різних пристроїв – від найпростіших (типу ентомологічного сачка) до складних електронних приладів із підключенням мікрокомп'ютерів. Ними можна ефективніше та значно швидше визначити заселеність угідь тим чи іншим шкідником і виявити враженість рослин хворобами.

**Облік хвороб зернових колосових.** Виявлення *кореневих гнилей* проводять у фазу кушіння, колосіння та молочної стиглості. Для цього в типових місцях відбирають вісім проб по 0,5 погонного метра з одного рядка. Якщо плями, смуги розкидані, їх візуально складають і встановлюють ступінь ураження. Для оцінки ураження кореневої системи використовують чотирибальну шкалу: 0 балів – ознаки ураження відсутні; 1 бал – одиничні плями ураження; 2 бали – плямами охоплені половина або більше половини ураженого органа; 3 бали – основа стебла вкрита плямами, корені наполовину або повністю відмерли.

Інтенсивність ураження хворобою – це відсоток ураження листової поверхні, при цьому всю площу листка, включаючи піхву, приймають за 100 %. Наприклад, хворобою охоплено 1/5, 1/2 частини стебла, що відповідає 20 і 50 % інтенсивності ураження. Якщо плями хвороби розкидані по всьому листку, їх візуально підсумовують і визначають відсоток площі листка, уражений хворобою. Цей принцип обліку можна застосовувати і для інших широколистяних рослин.

Ступінь ураження *борошнистою россою* визначають восени у фазу кушіння та навесні після відновлення вегетації до цвітіння. Для цього аналізують 100 стебел, відібраних у 10 рівновіддалених місцях.

Всі *сажкові хвороби* пшениці, жита, ячменю й вівса обліковують у кінці молочної – на початку воскової стиглості зерна, а проса

й рису – після забарвлення квіткових плівок у верхній частині волоті. Летючу сажку визначають з чотирьох проб, рівномірно розміщених по полю, відступивши від краю вглиб поля 50 м. Розмір проби визначають візуально – це ділянка розміром  $2 \times 5$  м.

Відсоток уражених рослин вираховують на основі їхньої середньої густоти стояння на  $1 \text{ м}^2$  (умовно 500 екз. на  $\text{м}^2$ ). Наприклад: на одній пробній ділянці ( $2 \times 5 = 10 \text{ м}^2$ ) нараховується 5 тис. рослин, де виявлено чотири уражені рослини. Склавши пропорцію, встановлюємо, що на цій ділянці уражено 0,08 % рослин. Для визначення ураженості на полі підсумовують всі уражені рослини, які виявлені на чотирьох ділянках, і за вищевказаним принципом розраховують середній відсоток уражень сажковими хворобами.

Ураженість *сніговою пліснявою* визначають навесні перед боронуванням озимих зернових окомірно на всіх повтореннях дослідів з урахуванням площі, яку займають уражені місця, у відсотках до загальної площі ділянки.

Ураженість рослин *стебловою іржею* на посівах озимих зернових визначають перед початком зими, оглядаючи листя на п'яти рівновіддалених площадках розміром  $0,25 \text{ м}^2$  ( $50 \times 50 \text{ см}$ ) в кожному повторенні дослідів. Ураженість стебел оцінюють за шкалою, представленою на рис. 31.

*Іржасті хвороби.* Обліки проводять у фазу виходу в трубку, колосіння, молочної стиглості. Аналізують 10 проб по 10 продуктивних стебел, відібраних у рівновіддалених місцях. Ступінь ураження пшениці *бурою* та *жовтою*, а вівса *корончастою іржею* оцінюють за двома верхніми листками. За другим і третім верхніми листками оцінюють ступінь ураження *карликовою* і *жовтою іржею* рослин ячменю та *бурою* і *жовтою іржею* – жита. Інтенсивність ураження визначають за відсотком охоплення площі листка. Для цього використовують шкалу, зображену на рис. 32.

*Плямистості листя.* Обліки проводять у фазу початку виходу в трубку та колосіння. У випадку відсутності хвороби обліки повторюють. Для цього в 10-ти місцях беруть по 10 рослин, аналізують здебільшого три верхні листки на кожній обстежуваній рослині за вищезазначеним принципом (вся поверхня листка – 100 %, а уражена – за відповідного відсотка, візуально визначеного). Відсоток розповсюдження та бал стійкості визначають за шкалою, зображеною на рис. 33.

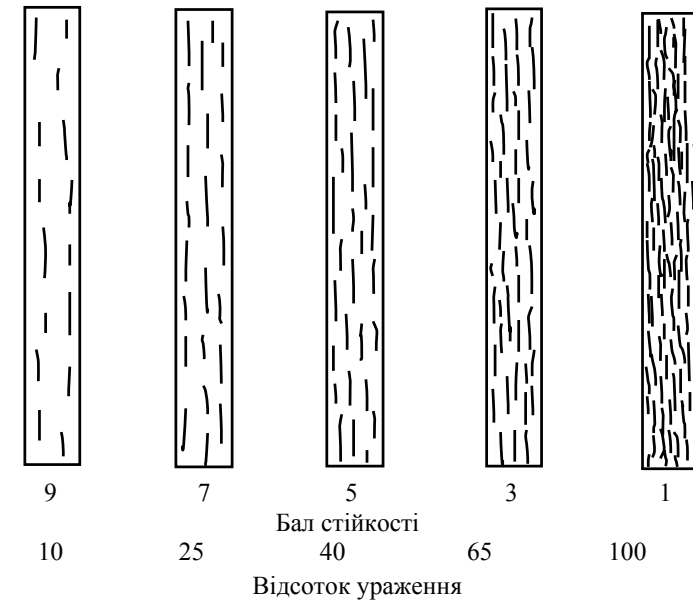


Рис. 31. Шкала Кобба для обліку ураженості стебловою іржею

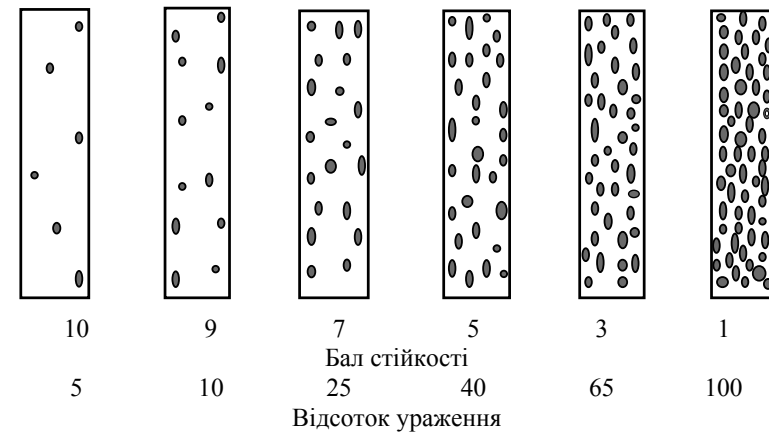


Рис. 32. Шкала Кобба для обліку ураженості бурою, жовтою, корончастою та карликовою іржею

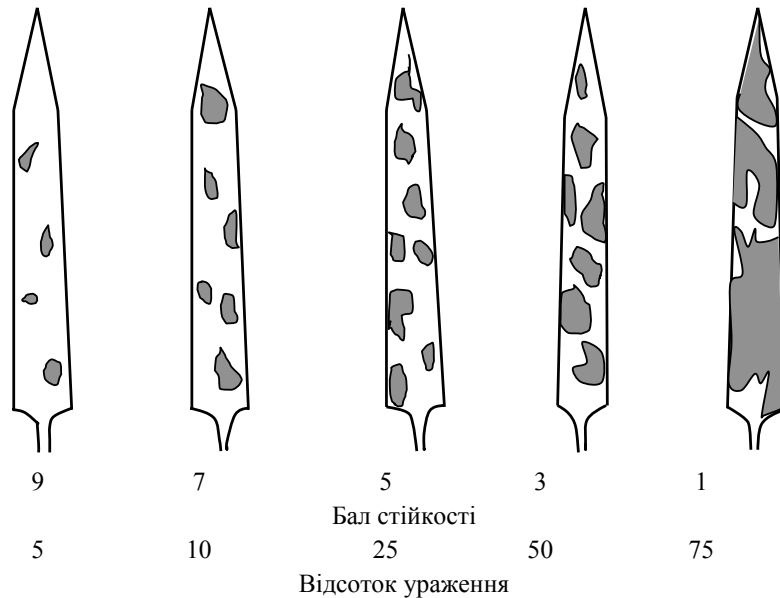


Рис. 33. Шкала для обліку ураженості збудниками плямистостей

**Фузаріоз.** Кількість проб – 10, по 10 колосків у кожній. Ступінь розвитку визначають шляхом умовного поділу колоса на частини, наприклад 1/2, 1/4, що відповідає 50 і 25 % ураження колоса.

**Септоріоз і жовту іржу колоса** оцінюють, оглядаючи перед збиранням урожаю 200 колосків, відібраних у п'яти рівновіддалених місцях по діагоналі ділянки (по 40 шт. з кожного).

Крім зазначених вище, зернові культури можуть уражатися бактеріальними хворобами, а саме: *бактеріозом (базальний, чорний, бактеріальний опік)*, *бактеріальними гнилями*, які істотно знижують продуктивність рослин; із вірусних – *мозаїкою і смугастою мозаїкою пшениці, жовтою карликовістю ячменю* та ін. Ці хвороби уражують фактично всю рослину, включаючи колос та зерно, на яких помітні симптоми хвороб. Рослини по-різному реагують на зараження цими хворобами, тому й симптоми, як правило, різні. Однак при цьому є й спільні ознаки – це здебільшого деформований колос із щуплим зерном, висихання листків, карликовість рослин. Їх

окомірно розпізнають і обліковують за зовнішнім виглядом 100 продуктивних стебел рослин на ділянці.

При ураженні вірусними хворобами молоді листки деяких сортів пшениці набувають антоціанового забарвлення під час фази виходу рослин у трубку – колосіння. Вірус жовтої карликовості ячменю (ВЖКЯ) проявляється в появі золотисто-жовтого забарвлення листя, яке стрілкою йде вниз листка, і карликовості рослин. Схожі симптоми можуть з'явитися при неінфекційному хлорозі через нестачу азоту, але в цьому разі жовтіють ділянки листка впродовж його великих жилок.

Останнім часом дедалі більшого поширення набуває таке захворювання зернових, як *альтернаріоз*, через що вражене зерно темніє (чорний зародок) і стає фізіологічно недорозвинутим, має понижену енергію проростання та схожість. Рослини з такого насіння відстають у рості й розвитку, на них розвиваються кореневі гнилі, інші хвороби, які різко знижують урожай.

**Облік шкідників зернових колосових.** Перед початком обліку шкідників, як і в процесі виявлення хвороб, на полі бажано визначити типові ділянки для обстеження рослин.

**Злакові попелиці.** Обліковують попелиць восени та навесні у фазі кушіння та виходу в трубку. Для цього на полях, незалежно від площі, відбирають вісім проб по 0,5 погонного метра у двох суміжних рядках посіву. У фазах цвітіння та молочної стиглості відбирається 10 зразків, у кожному зразку по 10 колосків. Якщо в перших п'яти зразках чисельність шкідників вища від економічного порогу шкодочинності (ЕПШ), облік припиняють.

**Шкідлива черепашка та інші види клопів.** Незалежно від строків, місць обліку, площі оглядають вісім ділянок розміром 50 × 50 см. Для оперативності за масових обстежень в погожу днину використовують метод косіння сачком у різних місцях поля. При цьому кількість комах, зібраних з 30 помахів, множать на три і ділять на 10, що з деякою похибкою відповідає 1 м<sup>2</sup>.

Пошкодження зерна різними видами клопів розраховують у відсотках. Для цього слід знати характерні особливості завданої кожним видом клопів шкоди.

Найбільш поширені *клопи-черепашки*, що залишають на нижній частині зернівки поодинокі глибокі проколи діаметром до 0,25 мм, овальні за формою, з нерівними краями. Ушкоджена частина має блідо-жовте забарвлення, а місце проколу на цьому фоні темно-сіре.

*Клопи-сліпняки* наносять невеликі проколи (у діаметрі менше 0,1 мм) в стрічці на вужчому боці зернівки. Форма пошкодження овальна чи продовгувата, забарвлення – червоно-коричневе.

Для обліку ушкодження зернівок *хлібними жуками, клопами, зерновими совками*, а зерна ячменю та вівса ще й *шведськими мухами* аналізують 500 зернин, відібраних із 500 обмолочених колосів (по 100 шт. у п'яти рівновіддалених місцях по діагоналі ділянки). Зернівки ячменю та вівса під час аналізу розрізають, щоб виявити всередині зернівки личинку шведської мухи.

Пошкоджене хлібними жуками зерно може бути частково або повністю згризене, однак під час аналізу враховується не ступінь ушкодження, а кількість пошкоджених зернин у пробі.

*Внутрішньостеблові шкідники.* Для цієї групи шкідників (шведська, гессенська, яра й озима, чорна пшенична та інші мухи) на озимих злаках проводять обліки: восени – у кінці вегетації, навесні – у період виходу в трубку; на ярих колосових – навесні та в період колосіння. Для проведення обліків на полі відбирають і обстежують рослини з восьми відрізків у двох суміжних рядках по 0,5 м, що становить вісім погонних метрів рядка, або близько 1 м<sup>2</sup>. Чисельність імаго визначають за допомогою косіння сачком.

Облік шкоди, заподіяної прихованостебельними шкідниками, проводять під час огляду на ділянці 100 рослин, відібраних підряд у день проведення аналізу в п'яти рівновіддалених місцях. На озимих посівах проби відбирають два рази – перед настанням зими та навесні. Ярі посіви обстежують у фазі виходу рослин у трубку. Серед 100 рослин виділяють мертві. На решті рослин видаляють нижні листки, голкою розкривають стебло до вузла куштиння та виявляють шкідника або сліди його пошкодження.

*Злакові п'явиці.* Облік чисельності та шкідливості п'явиць на посівах зернових колосових проводять у фазі куштиння, виходу в трубку та колосіння. На кожному полі, незалежно від його розмірів, обраховують жуків з восьми пробних ділянок (50 × 50 см) з перерахунком на 1 м<sup>2</sup>. Щільність яєць, личинок визначають в 10-ти пробах по 10 рослин. За цією ж схемою визначають пошкодження рослин.

*Хлібні смугасті блішки.* Облік їх чисельності проводять всіма наявними засобами (ящик Петлюка, косіння сачком та ін.), з перерахунком на м<sup>2</sup>. Пошкодження рослин обліковують шляхом відбору 10-ти проб по 10 рослин ячменю й пшениці на сходах кожного поля.

*Хлібна жужелиця.* Незалежно від площі, строків обстеження, шкідника обліковують на восьми облікових ділянках розміром 50 × 50 см на глибині 10–25 см.

*Стеблові пильщики.* Основний метод обліку чисельності і динаміки льоту пильщиків – це косіння сачком (100 п. с.), незалежно від розміру поля. Для обліку пошкоженості стебел у фазі молочної та молочно-воскової стиглості зернових колосових культур на кожному полі слід брати вісім проб по 0,5 метра у двох суміжних рядках. Зимуючий запас визначається шляхом відбору восьми проб, кожна з яких має розмір 50 × 50 см. Для обліку пошкоженості рослин стебловими пильщиками аналізують пробу зі 100 продуктивних стебел (по 10 стебел відібраних у 10-ти рівновіддалених місцях по діагоналі ділянки). Пошкодження зерна визначають безпосередньо перед збиранням урожаю. Для цього на ділянці відбирають проби зі 100 колосів, які аналізують за відсотком і ступенем пошкодження (останнє – візуально).

*Пшеничний трипс.* Дорослих трипсів обліковують на початку колосіння пшениці, а личинок – у фазі молочної стиглості. При цьому в п'яти пробах аналізують по чотири колоси.

Оцінку пошкоженості проводять, відбираючи в мішечки по 100 колосів з кожної ділянки у фазі молочно-воскової стиглості зерна. Після струшування мішечків підраховують чисельність шкідників, а потім роблять перерахунок на один колос. Далі з проби відбирають 10 колосів і визначають у них відсоток ушкоджених зернівок.

*Облік хвороб зернових хлібів другої групи та гречки.* На посівах *кукурудзи* для визначення ураженості пухирчастою та летючою сажками, а також стебловими хворобами аналізують 20 рослин на кожній ділянці. Поширення хвороб визначають у відсотках, а плямистість листя і стебел – за ступенем ураження. Для визначення враженості качанів відбирають і аналізують пробу з 30 шт. (по 10 качанів, відібраних по діагоналі в трьох рівновіддалених місцях ділянки). Ступінь ураження поверхні качанів хворобою розраховують за формулою:

$$A = [(a_1 \cdot n_1) + (a_2 \cdot n_2) + \dots + (a_{10} \cdot n_{10})] / N,$$

де  $A$  – поширеність хвороби, %;  $a_1, a_2, \dots, a_{10}$  – поширення хвороби на качані становить відповідно 10, 20, ..., 100 %;  $n_1, n_2, \dots, n_{10}$  – кількість качанів з відповідним відсотком розвитку хвороби;  $N$  – кількість качанів у пробі, шт.

На насінневих посівах кукурудзи обліки проводять у три строки: фазу утворення 8–10 листків, цвітіння волоті і качанів – початок формування качанів та за два тижні до збору качанів (воскова стиглість зерна). На всіх інших посівах проводять маршрутні обстеження за п'ять днів до збору на силос та за 10 днів до збору на зерно. Для аналізу відбирають по 10 рослин в 10-ти місцях.

На посівах *проса* ураженість *бактеріальною плямистістю листя* визначають у фазі молочної стиглості зерна під час огляду листя в різних ярусах на 10-ти рослинах.

*Бактеріальне в'янення* виявляють через 10 днів після появи сходів та в період викидання волоті, аналізуючи 100 рослин, відібраних у 10-ти рівновіддалених місцях ділянки (по 10 рослин з кожного).

*Сажку* виявляють у період дозрівання зерна, аналізуючи 100 рослин, відібраних у п'яти рівновіддалених місцях ділянки (по 20 рослин з кожного).

На посівах *сорго* ураженість рослин *сажкою* визначають, аналізуючи 100 рослин, відібраних у 10-ти рівновіддалених місцях напередодні збирання.

*Бактеріальну плямистість* листя сорго обліковують, аналізуючи пробу з 25 рослин, відібраних на п'яти рівновіддалених місцях ділянки (по п'ять рослин у кожному).

На посівах *рису* для оцінки та обліку *загнивання сходів, пирикуляріозу та склероційної гнилизни* аналізують 100 рослин, рівномірно відібраних у 10 рівновіддалених місцях ділянки. Відсоток ураження посівів визначають за кількістю уражених рослин. Різні види *плямистості листя* виявляють окомірно з визначенням ураженості верхні листя за спеціальною шкалою.

*В'янення сходів і фітофтороз гречки* обліковують, оглядаючи 100 рослин (по 10 шт. у 10-ти різних місцях) після появи сходів. Ураженість рослин *борошнистою россою, аскохітозом, фітофторозом* визначають візуально на початку досягання зерна на кожній ділянці.

**Оцінка ураженості шкідниками посівів зернових хлібів другої групи.** Найбільшої шкоди посівам *кукурудзи* та *сорго* завдають *кукурудзяний метелик* і *шведська муха*.

Оцінку ураженості посівів *кукурудзяним метеликом* проводять перед збиранням урожаю. Для цього з кожної ділянки у п'яти рівновіддалених місцях відбирають 50 рослин (по 10 рослин з кожного

місця) і детально аналізують кожне стебло та качан. Інтенсивність ураження рослин характеризують за п'ятибальною шкалою: 1 бал – на стеблі та качані міститься 1–5 червоточин; 2 бали – кількість червоточин така сама, стебло зламане над качаном; 3 бали – на стеблі та качані міститься 6–10 червоточин, стебло також зламане над качаном; 4 бали – червоточин більше 10-ти, стебло так само зламане над качаном; 5 балів – стебло зламане під качаном або зламана ніжка качана.

Для обліку ушкодження рослин *шведською мухою* аналізують пробу з 50 рослин, відібраних у п'яти місцях на захисних смугах ділянки у фазу шести-восьми листків. Ступінь ушкодження оцінюють за п'ятибальною шкалою: 1 бал – рослини ростуть нормально, деякі листки гофровані, з поодинокими дірками; 2 бали – міжвузля дещо зближені, на більшості листків помітні дірки зі світлою каймою; 3 бали – рослини відстають у рості, на листках є великі отвори, трапляються окремі розриви листкової пластинки; 4 бали – рослини значно відстають у рості і на них формується значна кількість пасинків, усі листки уражені, пошкоджений конус наростання; 5 балів – рослини гинуть через знищення конуса наростання.

Ураженість рослин *кукурудзи* та *сорго* *попелицями* визначають так само, як і на посівах зернових колосових.

Найбільшої шкоди рослинам *проса* завдають *просяний комарик, просяна муха* та *кукурудзяний метелик*. Ушкодження посівів цими шкідниками визначають під час повного виходу волоті з піхви листка.

Для оцінки ушкодження рослин *просяним комариком* аналізують 10 суцвіть *проса*, відібраних у різних місцях ділянки. До ушкоджених належать зернівки, всередині яких немає зав'язі і є личинки чи лялечки *просяного комарика*, а також зерна, у яких між верхніми плівками збереглася світла оболонка від лжекокона, з якого вилетів *комарик*.

Ушкодження рослин *проса* *просяною мухою* визначають, аналізуючи пробу зі 100 рослин відібраних у 10-ти рівновіддалених місцях ділянки. Шкідника у вигляді личинок можна знайти в піхві листка або в основі суцвіття. Стебла, пошкоджені *просяною мухою*, частково або зовсім не викидають волоті, а якщо волоть і вийшла з піхви листка, то вона безплідна.

*Кукурудзяний метелик* завдає шкоди рослинам *проса* перед викиданням волоті. Для обліку ушкодження стебел у 10-ти рівновід-

далених місцях ділянки відбирають і аналізують 100 рослин проса. Ознакою ураження рослин проса метеликом є наявність на стеблі отвору з червоточиною та блідої, засохлої і часто обламаної волоті.

Найбільшої шкоди *рису* завдають *просяна муха* та *попелиці*. Оцінку ушкодженості рослин *рису* просяною мухою проводять так само, як і на посівах проса. Ушкодженість проса попелицями визначають за п'ятибальною шкалою, аналізуючи 100 рослин, відібраних у 10-ти рівновіддалених місцях ділянки (так само, як і на посівах зернових колосових культур). Ступінь ушкодженості рослин *рису* *рисовою п'явицею*, *рисовим трипсом* та *рисовим комариком* обліковують візуально за помітної ушкодженості посівів.

**Облік ушкодження хворобами зернобобових культур.** Значної шкоди рослинам бобових завдають *фузаріоз* і *в'янення сходів*, *біла та сіра гнилі*, *фомопсис*, *церкоспороз*, *склеротиніоз*, *смуґасті*, *плямисті*, *бактеріальні мозаїки (звичайна та жовта)*, *чорна ніжка*, *ризотоніоз*. Для оцінки пошкодження цими хворобами у 10-ти різних місцях ділянки (поля) оглядають по 10 рослин.

Оцінку рівня ураженості листя і стебла *антрактозом*, *аскохітозом*, *бактеріозом*, *борошнистою россою* та *іржею* проводять за чотирибальною шкалою: 1 бал – на окремих бобах поодинокі маленькі, майже не вдавнені плями; 2 бали – плями різної величини, неглибокі, слабовдавнені (шість-вісім плям на біб); 3 бали – плями покривають третину поверхні плоду, вони глибокі, спостерігається слабке враження окремих насінин; 4 бали – глибокі плями покривають понад 50 % поверхні бобу, насіння вражене.

*Аскохітоз*, *антрактоз* і *бактеріоз бобів та насіння* виявляють, визначаючи одночасно поширення хвороб і ступінь ураження рослин.

**Оцінка ураженості шкідниками посівів зернобобових.** Облік чисельності *попелиць* здійснюють через косіння сачком – 10 одинарних помахів за високої чисельності та до 100 помахів за низької чисельності. Оцінку пошкодження рослин цим шкідником проводять, аналізуючи пробу зі 100 рослин, відібраних у 10-ти рівновіддалених місцях ділянки за п'ятибальною шкалою (її використовують і для зернових колосових).

Чисельність *бульбочкових довгоносиків* у посівах визначають на восьми пробних площадках по 0,25 м<sup>2</sup> кожна, у тому числі в чотирьох пробах по краях ділянки (поля) в теплі години дня, коли вони активні та перебувають на рослинах. Ушкодженість листків довго-

носиком; пошкодження підземної частини проростків *ростовими мухами* та *лучним метеликом*; об'їдання листків, бутонів і квітів *гусеницями багатойдних совок* оцінюють, аналізуючи пробу зі 100 рослин, відібраних у 10-ти рівновіддалених місцях ділянки.

Активність льоту *горохового комарика* визначають косінням сачком на 100 помахів, а шкідливість – аналізом у 10-ти місцях поля по 10 бутонів, суцвіть або зав'язей.

Оцінку пошкодженості бобів *гусеницями багатойдних совок*, стебла люпину *кравчиком*, суцвіття вики *личинками фітономусів* проводять, аналізуючи пробу зі 100 рослин, відібраних на 10-ти рівновіддалених місцях ділянки (поля).

Ушкодження зернобобових культур *гороховим та іншими зерноїдами*, *плодожеркою гороховою*, *вогнівкою* тощо визначають у період збирання врожаю, аналізуючи 500 зерен проби, відібраної для проведення різних аналізів. Зернини розтинають і визначають ураженість шкідниками.

**Оцінка ушкодження хворобами буряків цукрових і соняшнику.** Оцінку ушкодженості посівів буряків цукрових *коренейдом* проводять через 10 днів після появи сходів, оглядаючи 100 рослин по діагоналі ділянки.

Ураженість *несправжньою борошнистою россою*, *жовтухою та мозаїкою* визначають у другій половині літа, оглядаючи 100 рослин на двох середніх рядках ділянки.

Поширення *плямистостей (церкоспороз, борошнеста роса* тощо) аналізують, оглядаючи 20 рослин на двох несуміжних рядках ділянки.

Хвороби буряків цукрових визначають у період збору врожаю, відбираючи 20 коренеплодів із проби, призначеної для хімічного аналізу.

На посівах *соняшнику* проводять п'ять обліків: 1-й – по сходах; 2-й – у фазу трьох-чотирьох пар справжніх листків; 3-й – у період формування кошиків; 4-й – у період цвітіння; 5-й – перед збиранням урожаю.

Оцінку ураженості соняшнику *аскохітозом*, *церкоспорозом*, *гельмінтоспоріозом*, *жовтою та зеленою мозаїкою*, *бурою та коричневою плямистостями*, *сірою та білою гнилями кошиків* тощо проводять, оглядаючи 20 рослин, рівновіддалених одна від одної по площі ділянки.

**Ентомологічні обліки посівів буряків цукрових та соняшнику.**

Облік ушкодження сходів буряків довгоносиками, буряковою ци-  
тоноскою та іншими шкідниками достатньо провести двічі: у фазі  
вилочки і за появи однієї-двох пар справжніх листків. Ступінь шко-  
дочинності цих шкідників оцінюють, оглядаючи 100 сходів рослин  
на двох середніх рядках ділянки.

Шкодочинність *лучного метелика* (гусениця з'їдає листя), *бу-  
рякової мухи* (личинки виїдають паренхіму листків, утворюючи по-  
рожнини в листі), *бурякової мінуючої молі* (згризають паренхіму  
листка і роблять проходи в черешках) також визначають, оглядаючи  
100 рослин у фазу змикання листя в рядках і міжряддях.

Під час вегетації у балах визначають ступінь заселення рослин  
буряків цукрових попелицями за шкалою, наведеною для оцінки  
зернових колосових культур.

Для встановлення ушкоджених під час вегетації рослин буряків  
*личинками довгоносиків, капустиянками та багатойдними совками*  
аналізують 100 рослин, відібраних у 10-ти рівновіддалених місцях  
ділянки. Ознаками ураженості рослин *личинками довгоносиків* є ви-  
гризання головного кореня. *Капустиянка* завдає шкоди рослинам,  
прогризаючи головний корінь. *Багатойдні совки* перегризають коре-  
неву шийку, об'їдають пластинки та черешки листків.

*Соняшник* пошкоджує велика група шкідників, більшість з яких –  
багатойдні. За характером пошкоджень їх поділяють на такі групи:

шкідники сходів – *дротяники* (личинки), *несправжні дротяники*  
(личинки чорнишів, мідляків і пилкоїдів), *кравчик звичайний, довго-  
носики: звичайний сірий і чорний буряковий, степовий цвіркун, коник*  
*шкідливий, личинки підгризаючих совок;*

шкідники стебел – *соняшникова шипоноска, соняшниковий вусач;*

шкідники листя – *лучний метелик, листогризучі совки, павутин-  
ний кліщ, саранові;*

шкідники кошиків і насіння – *соняшникова міль, кліщі рослино-  
їдні: ягідний, польовий, люцерновий та ін.*

Шкоду, заподіяну шкідниками, визначають, обліковуючи 100 рос-  
лин (по 10 рослин у 10-ти рівновіддалених місцях ділянки).

Для обліку *шкідників і хвороб картоплі* відбираються про-  
би по п'ять рослин у 10-ти місцях. Для аналізу бульб на вияв-  
лення гнилей та інших хвороб також відбирають по п'ять плодів  
у 10-ти місцях.

На картоплі для обліку колорадського жука оглядають 100 ку-  
щів (по 10 кущів у 10-ти місцях). Чисельність і шкідливість коло-  
радського жука на картоплі визначають на 10-ти кущах (по одному  
кущу в 10-ти місцях).

**Обліки хвороб багаторічних трав.** Ураженість посівів багато-  
річних трав *іржею, борошнистою россою та несправжньою борош-  
нистою россою* проводять, оглядаючи рослини на площадках по  
0,25 м<sup>2</sup> (50 × 50 см) у п'ятикратній повторності.

Для виявлення *раку конюшини*, різних видів *сажки, бактеріаль-  
ної гнилі коріння, фузаріозного в'янення, мозаїки конюшини* обстежу-  
ють по 10 рослин у 10-ти рівновіддалених місцях ділянки. Кількість  
уражених рослин відповідатиме відсотку поширення певної хвороби.

Оцінку ушкодження *антрактозом конюшини* проводять, огляда-  
ючи листя та стебла на 100 рослинах (по 10 рослин у 10-ти місцях).

*Стеблову, буру іржу та борошнисту росу* злакових трав обліко-  
вують, аналізуючи 20 окремих стебел рослин на ділянці за допо-  
могою спеціальної шкали.

**Ентомологічні обліки на посівах багаторічних трав.** Одним  
з найнебезпечніших шкідників багаторічних бобових трав є *буль-  
бочковий довгоносик*, який робить характерні овальні отвори по кра-  
ях листків. Ступінь ушкодження довгоносиком визначають у різні  
періоди вегетації, оглядаючи листя на 20-ти рівновіддалених одна  
від одної рослинах.

Оцінку шкоди, заподіяної *насіннідом* на посівах конюшини,  
проводять під час огляду 100 головок, зірваних у 10-ти рівновідда-  
лених місцях поля під час їхнього побуріння. Якщо при відриванні  
зав'язі від квітконоса виявляються личинки чи лялечки шкідника, то  
головка вважається пошкодженою.

Для визначення ураження *люцерновим насіннідом* перед скошу-  
ванням люцерни для аналізу відбирають 100 продуктивних стебел.  
Зі стебел зривають бобики та відбирають з них пробу зі 100 бобиків.  
Бобики розкривають для виявлення пошкоджень насіннідом. Слід  
мати на увазі, що *рижій насіннід* знищує насіння повністю, а *жов-  
тий* – залишає в бобі оболонку.

Для визначення ступеня пошкодження насіння конюшини *тов-  
стоніжкою* перед збиранням урожаю у 10-ти різних місцях ділянки  
зривають і вручну обмолочують 100 головок. З отриманого насіння  
відбирають середню пробу з 200-т насінин, яку вміщують у термостат

з температурою 20–25 °С. Скланку з насінням накривають подвійним шаром марлі. У термостаті слід підтримувати високу вологість, для цього в нього ставлять ванночку з водою. Після того як через 8–10 днів з пошкодженого зерна вилетять товстонижки, всю пробу висипають у посудину з водою. Насіння, яке спливає, розрізають і обчислюють кількість пошкодженого (пошкоджене насіння продірявлене).

Для визначення пошкодженості насіння *еспарцету еспарцетовою зернівкою* аналізують проби насіння, вимолочені зі 100 бобів, зірваних на 100 стеблах. При натисканні з пошкоджених насінин витікає рідина від роздавлених личинок.

Для визначення пошкодженості *багаторічних злакових трав* шкідниками в 10-ти рівновіддалених місцях ділянки відбирається по 10 стебел для проведення подальшого аналізу. За цією пробєю визначають ступінь пошкодження листя *блішками* (виїдена паренхіма на верхньому боці) і *п'явцями* (виїдена тканина листків), оцінюють пошкодження стебел *колосовою мухою* (знищений зародок волоті або обгризені зачатки колосків волоті), *стебловими блішками* (вигрижена серцевина молодих стебел) і *шведською мухою* (личинка в молодому віці стебла ушкоджує його серцевину, через що засихає центральний листок).

Для оцінки пошкодження злакових багаторічних трав *житняковою мухою* та *житняковим комариком* з ділянки в різних місцях відбирають і обмолочують 20 колосків чи волотей. З вимолоченого насіння відбирають середню пробу з 200-т насінин. Пошкодженими вважаються насінини, всередині яких після розрізання скальпелем виявляють личинки (їхній розмір у комариків становить до 1,1 мм, а в мух – до 2,8 мм) або їхні лжекоконі.

## 6. Фенологічні спостереження

У будь-яких польових дослідженнях, об'єктом вивчення яких є рослина, обов'язкове здійснення фенологічних спостережень, до завдань яких входить реєстрація фаз розвитку рослин, які візуально легко відрізняються за зовнішніми ознаками. З погляду морфології фенофази – це періоди в житті рослин, коли з'являються певні органи або змінюється їхній зовнішній вигляд, консистенція тощо. На

підставі фенологічних спостережень проводять оцінку впливу едафічних й абіотичних чинників на розвиток дослідної культури, визначають тривалість міжфазних періодів зокрема і вегетації в цілому.

У *хлібних злаків* (крім *кукурудзи*) розрізняють такі фенофази: *проростання, сходи, куціння, вихід у трубку, стеблування, колосіння (викидання волоті), цвітіння, водяниста передмолочна фаза, а також фази молочної, тістоподібної, воскоподібної, технічної і твердої стиглості*. У хлібів першої групи фаза твердої (збиральної) стиглості виходить за межі періоду вегетації рослин. Крім того, для озимих відзначають дати припинення вегетації восени й відновлення навесні.

Початок будь-якої фази відмічають у момент її настання не менше ніж у 10 % рослин, а повну фазу – не менш ніж у 75 %.

Для фіксації фенофаз розвитку хлібних злаків (крім *кукурудзи*) слід чітко відрізнити між собою всі фази розвитку.

За початок фази сходів вважають момент появи першого листка не менше ніж у 10 % проростків, повна фаза відмічається коли 75 % проростків мають перший листок.

Фаза куціння починається з появи першого листка на бічному стеблі. У хлібів першої групи ця подія збігається з появою четвертого листка на головному стеблі. Проби для аналізу відбирають раз на тиждень. Кількість проб і рослин у пробі залежать від розміру ділянки (поля): на площі до 1 га – 5 проб, від 1 до 50 га – 10 проб, понад 50 га – додатково по одній пробі на кожні 10 га (чим більше проб, тим точніші результати). Проби беруть у декількох місцях по двох діагоналях, або в шаховому порядку. Для цього викопують підряд 5–10 рослин, усього – не менше 25–50 рослин з ділянки (поля).

Для визначення фази трубкування аналізують підряд 20–25 стебел у чотирьох-п'яти типових місцях ділянки (усього 100 стебел). Фазу трубкування визначають за допомогою вимірювання довжини цієї трубки. У хлібних злаків ця фаза починається, коли довжина трубки з піхв листків головного стебла досягне 10 см від поверхні ґрунту.

Початком фази колосіння вважається період, коли з піхви верхнього листка суцвіття вийшло не менш як на половину своєї довжини. Спостереження за настанням цієї фази проводять щоденно або раз на дві доби. Для цього у чотирьох типових, але кожного разу в інших місцях ділянки оглядають підряд 25 стебел, які вийшли в трубку,



і підраховують суцвіття, у тому числі квітучі. Обчислюють суму суцвітть чотирьох повторень, яка у хлібів першої групи означає відсоток суцвітть відносно до загальної кількості стебел (100 шт.), а також суму та відсоток квітучих суцвітть відносно до їх загальної кількості.

Цвітіння визначають у перехреснозапильних рослин (жито, сорго, кукурудза) та у факультативних самозапильників (пшениця, рис, овес, тритикале) за наявністю пиляків або приймочок, які вийшли за межі квіткових лусок; у типових самозапильників (ячмінь) – за наявністю зрілого пилку. Кінець фаз колосіння та цвітіння відмічають у той день, коли виколосились (зацвіли) останні суцвіття.

Фази стиглості колосових хлібів визначають за зовнішнім виглядом і консистенцією зерна. Визначення починають через 12–15 днів після фази повного цвітіння рослин і повторюють тричі. Для цього в чотирьох типових місцях ділянки (поля) аналізують підряд 25 озернених колосів (загалом 100 суцвітть). Із середньої третини кожного колоса беруть дві-три зернівки, оглядають, роздавлюють пальцями чи розрізають нігтем, визначаючи фазу розвитку:

*молочна стиглість* – зерно білувато-зелене, під час натиснення виділяється «молочко», вологість > 50 %;

*тістоподібна стиглість* – вміст зерна тістоподібний, під час розминання пальцями утворюються тяжі, вологість – 35–40 %;

*воскоподібна стиглість* – зерно легко розрізається нігтем, розминається як віск, але тяжі не утворюються, вологість – 26–34 %;

*технічна стиглість* – зерно не розрізається, але під час натиснення нігтем на його поверхні залишається слід, вологість – 20–25 %;

*тверда (збиральна) стиглість* – зерно тверде, сухе, ендосперм склоподібний або борошністий, вологість – 15–19 %.

Кожного разу підраховують відсоток суцвітть, які перебувають у певній фазі. Початок фази відмічають тоді, коли в ній перебуває не менше 15 % суцвітть, повну – не менше 75 %, кінець – останні суцвіття.

Відомості про фенофази зводять в одну таблицю й отримують цілісну картину розвитку культури залежно від елементів технології вирощування, сорту, погодних умов тощо (табл. 22).

У *кукурудзи* виділяють такі фази розвитку: *проростання*; *сходи*; *утворення третього листка*; *кущіння*; *вихід у трубку* (11–13 лист); *викидання волоті*; *цвітіння*; *формування та дозрівання зерна молочної, воскової і повної стиглості*.

Таблиця 22

## Тривалість міжфазних періодів

Міжфазний період	Показник	Варіант			
		1	2	3	4
Сівба–сходи	1*				
	2				
Сходи–кущіння	1				
	2				
Кущіння–вихід у трубку	1				
	2				
Вихід у трубку–цвітіння	1				
	2				
Цвітіння–технічна стиглість	1				
	2				
Сходи–технічна стиглість	1				
	2				

\* 1 – Дата настання повної фази; 2 – тривалість періоду, днів.

Вважається, що викидання волоті відбулося, якщо волоть повністю вийшла з піхви листка.

Початок цвітіння волоті відмічають у день появи перших пиляків на її головному стрижні, цвітіння качана – з часу виходу стовпчиків маточки за межі обгорток не менш як на 2,5–3,0 см.

Спостереження проводять через день, починаючи з часу появи пиляків на волотях поодиноких рослин. Оглядають підряд 25 рослин у чотирьох (щоразу інших) місцях ділянки (поля) – усього 100 рослин. Підраховують волоті й качани тільки головного стебла. Станом на кожну дату обчислюють відсоток квітучих волотей і квітучих качанів відносно до їх загальної кількості.

Фази стиглості кукурудзи визначають за консистенцією та вологістю зерна. Однак достовірність таких визначень невисока, особливо щодо такої важливої фази, як технічна стиглість. Найбільш об'єктивні результати забезпечує визначення технічної стиглості за масою сухої речовини зерна.

Для аналізу кожні три дні беруть озернені качани однієї рослини в 10–15-ти місцях поля. З кожного качана вилущують зерно

чотирьох рядів – по одному з чотирьох протилежних боків, змішують і відбирають проби по 20 зернівок. Проби зважують, висушують до абсолютно сухого стану, результати перераховують на 100 або 1000 зернівок, визначають середнє. Технічна стиглість настає в той день, коли абсолютно суха маса зернівок досягає максимальних значень.

Виявлено, що при досяганні кукурудзи виникає темний (алеїроновий) шар у вигляді кільця біля основи зернівки на місці її прикріплення до стрижня качана. За наявності цього шару визначають технічну стиглість кукурудзи. Проби зернівок (дві по 100 шт.) переглядають і підраховують зернівки з темним шаром. Технічну стиглість відмічають тоді, коли зернівок з темним шаром не менше 75 %.

У *сорго* виділяють такі фази розвитку: *початок сходів* (зійшло 15 % рослин), *повні сходи* (зійшло не менше 75 % рослин), *кущіння*, *повного викидання волоті*, *початку* та *повного цвітіння*, *молочно-воскової*, *воскової* і *повної стиглості зерна*.

У *гречки* виділяють фенофазу *сходів* (*початок* і *повні*), *цвітіння* (*початок* і *повне*), *побуріння перших плодів* і *господарську стиглість*. За початок фази сходів вважають момент, коли на поверхні ґрунту з'являються сім'ядолі. Цвітіння припадає на період, коли з'являються перші квітки на 10–15 % рослин, а повне цвітіння – на 75 % рослин.

Спостереження за цвітінням та плодоутворенням гречки проводять через кожні три дні. Оглядають підряд 25 рослин у чотирьох місцях ділянки (загалом 100 рослин). Підраховують суцвіття: квітучі без плодів, квітучі з плодами, з плодами без квіток, без квіток і плодів – які ще не зацвіли, і ті, що вже засохли. Станом на кожну дату обчислюють відсоток суцвітть різних категорій відносно до їх загальної кількості.

У *бобових культур* (*сої*, *гороху*, *чини*, *сочевиці*, *люпинів*, *квасолі*, *нуту*, *бобів*, *вики*, *середели*) відмічають такі фази розвитку: *повні сходи*, *гілкування*, *початок* і *повне цвітіння*, *початкова* та *господарська стиглість*. На відміну від хлібних злаків у бобових не існує чіткої межі між фазами розвитку, тобто на певному етапі розвитку одночасно відбувається гілкування, цвітіння, формування та досягання плодів. Це обумовлено тривалим ростом більшості бобових (крім люпинів), у яких точка росту майже до кінця вегетації постійно продукує листя, вузли, міжвузля та квітки.

Спостереження починають з часу появи перших сходів і повторюють щоденно. Сходи підраховують у чотирьох типових місцях ділянки (поля) на двох суміжних рядках 83 см завдовжки за ширини міжрядь 15 см (0,25 м<sup>2</sup>) або 2,2 м за міжрядь 45 см (1 м<sup>2</sup>).

Фазу *гілкування* на посівах бобових починають обліковувати з часу появи перших бічних гілок у поодиноких рослин і повторюють через два-три дні. Для цього підряд зрізають п'ять рослин у п'яти типових місцях по діагоналі ділянки (усього 25 рослин).

Відмічають дати початку фази – при появі бічних гілок не менш ніж у 15 % рослин, повної фази (75 %) і закінчення фази (поява останніх гілок). Обчислюють тривалість фази (початок–кінець гілкування).

Між бобовими культурами є певні відмінності у встановленні фази *збиральної стиглості*. У *сої* фаза збиральної стиглості настає при досяганні 70 % бобів на рослинах; у *гороху*, *сочевиці* та *вики* – при досяганні на більшості рослин 60–70 % бобів; у *квасолі* та *нуту* – при дозріванні більшості бобів; у *кормових бобів* – після побуріння двох-трьох нижніх ярусів бобів; у *люпину* – при досяганні 80–90 % бобів на центральній китиці.

У *буряків цукрових* і *кормових* розрізняють такі фази розвитку: *початок сходів*, *повні сходи*, *вилочка*, *перша-п'ята пара листків*, *змикання листків у міжряддях*, *розмикання листків у міжряддях*.

Для визначення фаз розвитку буряків на ділянці (полі) оглядають по 25 рослин у чотирьох, кожного разу різних місцях (усього 100 рослин). За аналогію із зерновими хлібами та рештою культур, початок фенофази відмічають у той день, коли вона настала в 10–15 % рослин, повну фазу – не менше ніж у 75 %.

Фазу *змикання листя* в міжряддях відмічають у той час, коли листки не менш ніж у 75 % рослин сусідніх рядів стикаються в міжряддях. Як правило, в повну фазу змикання листків на рослинах налічується понад 14 листків.

Фазу *розмикання листя* в міжряддях відмічають тоді, коли листки не менш ніж у 75 % рослин сусідніх рядів не торкаються один одного. Ця фаза настає внаслідок посухи, збідніння ґрунтів на поживні речовини. За сприятливих умов (достатньо вологи та елементів живлення) листя в міжряддях не розмикаються.

У *соняшнику* від сівби до збирання відмічають такі фенофази, як *проростання*, *сходи*, *поява кошика*, *цвітіння*, *водяниста фаза*, *фази жовтої*, *технічної*, *збиральної* та *повної стиглості*.

*Проростки* та *сходи* підраховують у п'яти місцях ділянки в ряду 14,3 м завдовжки, що за ширини міжрядь 0,7 м становить 10 м<sup>2</sup>, обчислюють середнє та визначають відсоток проростків і сходів станом на кожену дату спостережень, визначають дати початку та повної фази.

Для визначення фази «*появи кошика*» щодня переглядають верхівки 20 рослин у п'яти різних місцях ділянки по діагоналі поля (усього 100 рослин). Підраховують рослини з потовщеннями на верхівці стебла діаметром не менше 0,5–1,0 см. У цей час верхівка має вигляд «зірочки». Щоразу обчислюють відсоток рослин з кошиком, за остаточною результатом визначають дати початку та повної стиглості.

Фазу *жовтої стиглості* визначають за кольором зворотньої сторони кошиків. Спостереження починають з часу появи поодиноких білувато-жовтих кошиків і повторюють кожні п'ять днів. Щоразу підряд аналізують 20 рослин у п'яти, кожного разу різних місцях по діагоналі ділянки (поля), підраховують зелені, жовті, бурі та сухі кошики, обчислюють відсоток кошиків різної стиглості. Жовта стиглість настає за наявності в посівах не менше 85 % жовтих кошиків.

*Технічну стиглість* (вологість сім'янок 25–30 %) зазвичай визначають *ваговим методом*, починаючи з жовтої стиглості. Для цього щоденно беруть проби сім'янок із 10-ти кошиків у п'яти різних місцях по діагоналі ділянки (поля). З кожного кошика виймають три сім'янки – по одній із периферійної, середньої та центральної зон, формуючи три проби по 50 сім'янок. Проби зважують, висушують у сушильній шафі за температури 130 °С до абсолютно сухого стану, знову зважують і розраховують їх вологість. Час настання *технічної стиглості* (завершення наливу) відмічають тоді, коли маса сухої речовини сім'янок досягла максимального рівня.

У фазу *збиральної стиглості* в посівах не менше 85 % бурих і сухих кошиків (решта – жовті, зелені), вологість сім'янок становить 12–14 %, листки й стебла більшості рослин сухі, коричневі.

Під час вегетації *однорічних хрестоцвітних (ріпак, гірчиця біла та сарептська, рижій)* відмічають такі фенологічні фази: *проростання, сходи, розетка листя, стеблуння, гілкування, бутонізація, досягання і технічна стиглість*.

Фаза *розетки листя* характеризується наявністю на рослині трьох-шести листків, які сидять на дуже короткому міжвузлі, через що вони зближені між собою й утворюють так звану *розетку*.

*Стеблуння* починається з появи стебла 0,5–1,0 см заввишки над розеткою листя, а також видовження міжвузлів між розетковими листками.

Характерною ознакою фази *гілкування* є поява бічного стебла завдовжки не менше 1 см. Поява перших гілок у 10–15 % рослин свідчить про початок цієї фази.

Фазу *технічної стиглості* в посівах однорічних хрестоцвітних відмічають, коли вологість насіння зменшується до 20–25 %, а маса його сухої речовини досягає найбільшого значення.

У період вегетації *картоплі* відмічають такі фенофази, як *сходи, бутонізація, початок бульбоутворення, цвітіння, плодоутворення, збиральна стиглість*.

У найбільш поширеної прядивної культури України – *льону-довгуницю* відмічають такі фази: *сходи, «ялинка», бутонізація, цвітіння та фази досягання – зелена, рання жовта, жовта, повна; у льону-межеумка та кучерявцю*, крім того, фазу *кущіння*, яка настає вслід за фазою «ялинка», та фазу *гілкування*.

Фаза «*ялинка*» характеризується наявністю на стеблі рослини п'яти-шести пар щільно розміщених листочків – рослина подібна до гілки ялинки. Висота рослин у цю фазу становить близько 10 см.

Початок фази *бутонізації* відмічається з часу появи бутона на верхівці головної осі суцвіття в 10–15 % рослин, повна фаза – не менше ніж у 75 % рослин.

Фази *досягання* визначають за зовнішнім виглядом рослин. У фазу *зеленої стиглості* коробочки зеленого кольору, *ранньої жовтої стиглості* – жовтувато-зелені, *жовтої стиглості* – солом'яно-жовті або коричневаті, *повної стиглості* – блідо- та буро-коричневі.

У *багаторічних трав* проводять фенологічні спостереження, перелік яких представлений у табл. 23.

Таблиця 23

## Фенологічні фази розвитку багаторічних трав [6]

Фенологічні фази	Бобові			Злакові		
	першого року	наступного року		першого року	наступного року	
		на корм	на насіння		на корм	на насіння
Сходи: початок повні		–	–		–	–
Початок відростання навесні	–			–		
Початок кущіння	–	–	–	–	–	–
Початок колосіння, викидання волоті	–	–	–			
Цвітіння: початок повне				–	–	–
Стиглість: початкова господарська	–	–	–	–	–	–

## 7. Оцінка реакції посівів на екзогенні чинники

Загальний стан посівів визначають візуально в основні фази розвитку рослин. Їх стан оцінюють за шестибальною шкалою: 5 – відмінний; 4 – добрий; 3 – задовільний; 2 – поганий; 1 – дуже поганий; 0 – повна або майже повна загибель посівів.

Стан посівів оцінюють після різного роду таких стресових ситуацій, як сильні зливи, град, шквальний вітер, різке зниження температури тощо.

Зафіксовані результати спостережень можуть бути використані для вибраковки окремих ділянок, повторень досліду або частини поля в умовах виробництва. За результатами візуального обстеження можна в деякій мірі зробити висновки стосовно умов живлення рослин, беручи до уваги те, що світле жовто-зелене забарвлення листків свідчить про дефіцит азоту, а краснувате, у вигляді опіків країв листків – про нестачу калію.

### 7.1. Оцінка морозо- та зимостійкості озимих зернових

*Зимостійкість* є одним із головних чинників адаптивності озимих культур, який визначає ступінь реалізації їх ресурсного потенціалу продуктивності.

*Зимостійкість* – здатність озимих культур переносити несприятливі умови перезимівлі. Під *морозостійкістю* розуміють здатність озимих культур витримувати тривалий вплив мінусових температур у зимовий період. Здатність рослин витримувати низькі позитивні температури називається *холодостійкістю*.

За станом озимих культур потрібно слідкувати взимку, особливо в перехідний період від зими до весни. Для спостережень за ходом перезимівлі зернових хлібів упродовж зими відбирають проби (моноліти) на відрощування. *Метод монолітів* є одним із найбільш точних і дуже поширених заходів оцінки зимостійкості сортів. Місця, з яких відбирають моноліти, очищають від снігу та за допомогою сокири, лому та лопати вирубують моноліти розміром 25 × 25 см (на глибину 15–20 см) з таким розрахунком, щоб взяти два рядки рослин. У кожний моноліт має попасти не менше 15 рослин кожного рядка. Моноліти та етикетку кладуть у пронумеровані дерев'яні ящики, вкривають мішковиною та перевозять у тепле приміщення (10–12 °С) на два-три дні для поступового відтавання. Далі моноліти переносять у добре освітлене, більш тепле приміщення (18–22 °С) на 12–14 днів для відрощування. Ґрунт підтримують у вологому стані. Після цього рослини обережно виймають з ґрунту, коріння відмивають і підраховують живі та загиблі рослини. У живих рослин, за період перебування моноліту в теплі, починає відростати листя та з'являються нові корінці. Визначають густоту рослин на 1 м<sup>2</sup> і відсоток живих рослин, який розраховують за формулою:

$$M = a \cdot 100 / v,$$

де  $M$  – морозостійкість рослин, %;  $a$  – кількість живих рослин у моноліті, шт.;  $v$  – загальна кількість рослин у моноліті, шт.

Для швидкого визначення стану озимих культур використовують прискорений метод визначення життєздатності рослин за інтенсивністю відростання вузла кущіння (*донський метод*). Суть методу полягає у тому, що у відібраних рослин зрізають стебла на

відстані 1,0–1,5 см від вузла кушіння, а корені зрізають повністю. Далі ці рослини поміщають у посудину на зволожений субстрат, накривають кришкою та залишають на добу за температури 24–26 °С. Рослини, які добре збереглися, дають приріст стебла до 10 мм, а ослаблені – 3–5 мм. Потім підраховують живі, ослаблені та відмерлі рослини.

До сильно зріджених відносять посіви, де на 1 м<sup>2</sup> нараховується не більше 100–120 здорових рослин, до середньо зріджених – 130–200, до слабо зріджених – ті, де випадіння рослин не перевищує 15–20 %. Таке визначення стану озимих проводять до настання весни, щоб завчасно виявити площі зріджених або загиблих посівів.

*Візуальна оцінка перезимівлі.* Навесні, коли рослини починають відростати і живі рослини можна відрізнити від загиблих, поступово оглядають посіви та оцінюють їх стан за п'ятибальною шкалою: 5 балів – слідів загибелі рослин у ході перезимівлі немає; 4 бали – пошкодження рослин незначні; 3 бали – загинуло близько 50 % рослин; 2 бали – загинуло більше 50 % рослин; 1 бал – збереглися лише поодинокі рослини.

Для оцінки стійкості рослин до низьких температур застосовують *експрес-метод*, оснований на визначенні електроопору тканин проростків. Цей метод дозволяє за один робочий день визначити морозостійкість 1000 рослин. Використовують й інші непрямі методи визначення морозостійкості рослин.

## 7.2. Визначення посухостійкості рослин

*Псухостійкість* – здатність рослин переносити значне зневоднення, а також перегрів клітин, тканин і органів.

Псухостійкість рослин візуально оцінюють за п'ятибальною шкалою: 5 балів – в'янення рослин відсутнє; 4 – спостерігається слабка в'янення в поодиноких рослин; 3 – в'янення середнє; 2 – в'янення значне; 1 – в'янення сильне.

Існує ряд методів вивчення посухостійкості рослин: 1) *польовий* – безпосереднє вивчення стану рослин у посушливих умовах; 2) *випробування рослин у посушниках*; 3) *метод в'янення*, за якого рослини випробовують у вегетаційних посудинах із дефіцитом води без поливу.

До *лабораторних* методів вивчення посухостійкості відноситься здатність рослин витримувати зневоднення, при цьому оцінюють використання недостатнього водопостачання на ранніх етапах росту.

Суть одного з найпоширеніших лабораторних методів полягає у визначенні кількості пророслого насіння на розчинах сахарози з високим осмотичним тиском, чим створюються штучні умови фізіологічної посухи, які дають змогу визначити відносну посухостійкість рослин. Для цього в чотири чашки Петрі вміщують фільтрувальний папір і наливають у кожну чашку по 10 мл розчинів сахарози такої концентрації: перша чашка – 2 М; друга – 1 М; третя – 0,5 М; четверта – 0,25 М. Після цього відбирають чотири порції неушкодженого насіння та рівномірно розкладають їх у чашки по 10 шт. у кожну. Чашки закривають кришками, підписують і поміщають у темне місце. Через тиждень підраховують кількість пророслого насіння в кожному варіанті та розраховують осмотичний потенціал розчинів сахарози. Дослід проводять у чотириразовому повторенні. За результатами досліджень роблять висновок про посухостійкість рослин.

## 7.3. Оцінка стійкості посівів до вилягання, поникання, осипання зерна та проростання його в колосі

Ступінь вилягання посівів зазвичай визначають візуально за п'ятибальною шкалою: 5 балів – вилягання немає, стебла стоять вертикально; 4 – слабка вилягання відмічається лише в деяких місцях; 3 – вилягання середнє, нахилені рослини займають до 45 % площі або серед неполеглого стеблостою є місця (до 25 % площі) з полеглими рослинами; 2 – вилягання сильне, механізоване збирання ускладнюється; 1 – надмірне вилягання на більшій частині площі, за якого механізоване збирання можливе лише із застосуванням спеціальних заходів і пристроїв.

Ступінь вилягання визначають у той же день, коли воно відбулося, або протягом наступної доби. Під час оцінки вилягання відмічають фазу розвитку, вказують причину та особливості (прикореневе чи стеблове) вилягання. Для визначення здатності рослин підніматися після вилягання проводять повторне обстеження через п'ять-десять днів, а для з'ясування можливості механізованого збирання – ще раз перед збиранням.

На посівах кукурудзи оцінка посівів до вилягання має дещо інші критерії. Зокрема, невилягаючі рослини оцінюють у 5 балів, відхилення рослин від вертикального положення менше ніж на  $30^\circ$  – у 4 бали, відхилення рослин від вертикального положення на  $30\text{--}60^\circ$  – 2 бали і, якщо відхилення рослин від вертикальної осі перевищує  $60^\circ$ , то стійкість оцінюють у 0 балів.

Середній бал стійкості рослин кукурудзи до вилягання розраховують за формулою:

$$B_s = [(K_1 \cdot 1) + (K_2 \cdot 2) + (K_3 \cdot 3) + (K_4 \cdot 4)] / K_s,$$

де  $B_s$  – середній бал стійкості до вилягання;  $K_1, K_2, K_3, K_4$  – кількість рослин оцінених відповідно 1, 2, 3 і 4-ма балами вилягання; 1, 2, 3, 4 – бали вилягання;  $K_s$  – загальна кількість рослин.

На кожній ділянці оглядають 100 рослин і розраховують відсоток зламаних або надломлених стебел нижче місця прикріплення качанів, а також відсоток рослин із пониклими качанами (верхівка яких нижче основи).

Істотний вплив на втрати врожаю під час збирання зернових колосових має ступінь пониклості суцвіть у період дозрівання зерна. Це насамперед стосується ячменів. Ступінь пониклості суцвіть визначають візуально та оцінюють за чотирибальною шкалою: 4 бали – пониклість відсутня, суцвіття стоять вертикально; 3 – пониклість слабка, більшість суцвіть має нахил близько  $45^\circ$ ; 2 – пониклість середня, більшість суцвіть має нахил до  $90^\circ$  або трохи більше; 1 – пониклість сильна – у більшості рослин стебло вигинається і суцвіття сильно нахилиється вниз.

Ступінь осипання зерна оцінюють упродовж досягання врожаю за п'ятибальною шкалою: 5 балів – обсипання зерна немає; 4 – має місце незначне осипання; 3 – осипання середнє; 2 – осипання вище за середнє; 1 – осипання сильне.

Для оцінки осипання застосовують точніший метод. За цим методом на кожній ділянці виділяють по чотири пробних діляночки площею  $0,5\text{--}1,0\text{ м}^2$ , на яких збирають зерно, яке осипалось, підраховують і зважують його для визначення втрат від осипання з  $1\text{ м}^2$  та з  $1\text{ га}$ .

Оцінку стійкості до проростання зерна в колосі проводять за чотирибальною шкалою: 4 бали – зерно не проростає; 3 – спостеріга-

ється незначне проростання; 2 – проростання середнє; 1 – сильне проростання.

Різні сорти та гібриди зернових і олійних культур характеризуються неоднаковою здатністю до вимолочування. Вона оцінюється теж за чотирибальною шкалою: 4 бали – зерно вимолочується дуже легко; 3 – зерно вимолочується легко; 2 – зерно вимолочується посереднє; 1 – зерно вимолочується погано.

## 8. Облік біометричних показників

### 8.1. Визначення щільності посівів

Урожай культури залежить від продуктивності кожної рослини та їх числа на одиниці площі. Тож визначення густоти рослин має важливе значення під час оцінки якості посівів.

Перша оцінка стану посіву зернових хлібів проводиться одразу за фазою повних сходів. Визначення щільності рослин у цей період має й інше значення. Воно дозволяє визначити повноту сходів, тобто відсоток рослин, які зійшли, від числа висіяного схожого насіння.

Для визначення повноти сходів на дослідній ділянці або на полі виділяють чотири облікові ділянки площею по  $0,25\text{ м}^2$  кожна. Для обстеження беруть два рядки довжиною по  $83,3\text{ см}$ , що відповідає площі в  $0,25\text{ м}^2$ . На великих полях, особливо за невіривняності рельєфу та строкатості ґрунту, їх кількість потрібно збільшувати. Облікові ділянки розташовують по діагоналі поля на рівній відстані одна від одної або на типових за характером сходів місцях. Для подальшого обліку густоти рослин виділені облікові ділянки потрібно відмітити невисокими кілочками, щоб вони не ускладнювали проведення технологічних операцій під час догляду за посівами.

На виділених ділянках підраховують сходи, визначають їх середню кількість і розраховують повноту сходів. Припустимо, що норма висіву тритикале становить  $250\text{ кг/га}$ , а маса  $1000$  зерен  $50\text{ г}$ . Отже, на  $1\text{ м}^2$  ділянки (поля) висіяно  $25\text{ г}$ , або  $500$  зерен. Якщо схожість висіяного насіння становить  $99\%$ , то на  $1\text{ м}^2$  було висіяно  $495$  схожих насінин. Припустимо також, що середня кількість сходів на

0,25 м<sup>2</sup> становить 103 (412 на 1 м<sup>2</sup>). Тоді повнота сходів, виражена у відсотках від числа висіяного схожого насіння, буде становити:  $(412 \cdot 100) / 495 = 83,2 \%$ , а щільність на гектарі – 4,16 млн. шт.

На вузькорядних посівах льону-довгунцю для підрахунку рослин виділяють чотири ділянки розміром по 0,1 м<sup>2</sup>, беручи для цього два рядки довжиною 66,7 см. Відмічені кілками облікові ділянки використовуються також для визначення щільності рослин на гектарі під час вегетації. Ці обліки, які проводяться через установлені проміжки часу, дозволяють слідкувати за динамікою зрідження посівів. Останній облік щільності рослин проводиться перед збиранням врожаю та служить для визначення біологічного врожаю. Вживаність рослин протягом вегетації розраховують за формулою:

$$B = (Z \cdot 100) / C,$$

де  $B$  – вживаність рослин, %;  $Z$  – кількість рослин перед збиранням, шт./м<sup>2</sup>;  $C$  – кількість рослин на час повних сходів, шт./м<sup>2</sup>; 100 – число для перерахунку у відсотки.

На рядкових посівах озимих культур і багаторічних трав за представленою методикою щільність рослин додатково розраховують перед входженням у зиму та після відновлення весняної вегетації, що в разі потреби дасть змогу розрахувати зимостійкість рослин.

На посівах просапних культур, за маленької площі облікової ділянки (до 150 м<sup>2</sup>), густоту рослин визначають суцільним способом, тобто підраховують число рослин на всій ділянці. За великої площі ділянки для обліку повноти сходів або щільності рослин у широко-рядних посівах виділяють у різних місцях поля 10 типових рядків по 10 м кожний. У рядках підраховують число рослин і встановлюють середню відстань між ними в рядку, а потім, знаючи ширину міжрядь, визначають площу живлення однієї рослини та розраховують їх число на гектарі.

За квадратно-гніздового способу сівби визначають середнє число рослин у гнізді, у 25-ти або 50-ти гніздах (у чотириразовій повторності) і, знаючи число гнізд на гектарі, на основі величини відстані між гніздами розраховують щільність рослин.

### 8.2. Визначення глибини загортання насіння

Існує ряд методик визначення глибини загортання насіння, серед яких найбільш поширеною є методика С. С. Рубіна. Суть цієї методики полягає в наступному. У фазу кущіння (для зернових культур) на кожному варіанті досліджень, мінімум у триразовому повторенні, на площі 0,25 м<sup>2</sup> рослини зрізають на рівні ґрунту та обережно викопують. Базальну зону рослин обережно очищують від ґрунту та кладуть у підписаний паперовий пакет.

Потім усі проби аналізують у лабораторії. Для цього вимірюють довжину від місця зрізу до зернини кожної рослини, яка і відповідає глибині загортання насіння. Далі визначають середню глибину загортання для цілого повторення, складають усі показники довжини та ділять їх на число рослин. У кінці розраховують середній показник глибини загортання насіння у варіантах, для чого середні показники повторень додають і ділять на кількість повторень. Розрахунки доцільно вести за такою формою:

Варіант	Повторення	Глибина загортання насіння кожної рослини, см	Середнє повторень	Середнє варіанта

Рівномірність глибини загортання насіння оцінюють за відхиленням середньої глибини сівби від заданої і коефіцієнтом вирівняності ( $B$ ), за п'ятибальною шкалою: 5 балів – рівномірність глибини загортання відмінна ( $B > 95 \%$ ); 4 бали – добра ( $B$  у межах від 90 до 94,9 %); 3 бали – задовільна ( $B$  у межах від 85 до 89,9 %); 2 бали – погана ( $B$  у межах від 80 до 84,9 %); 1 бал – дуже погана ( $B < 80 \%$ ).

### 8.3. Методика визначення динаміки росту рослин

Висоту рослин (см) визначають в основні фази їх росту та розвитку за допомогою мірної лінійки. Вимірюють висоту 50 типових рослин – по 10 рослин у кожній з п'яти проб, відібраних на одній ділянці. У перші фази росту – до початку трубкування – висоту рослин вимірюють від поверхні ґрунту до кінця листової пластинки верхнього листка; від повного трубкування до початку колосіння

(викидання волоті) висоту вимірюють двічі – від її основи до верхньої пластинки листка; при масовій появі суцвіть – до їх верхівки (без урахування довжини остюків у остистих хлібів); перед збиранням – вимірюють висоту рослин із суцвіттям і без нього.

#### 8.4. Облік біомаси рослин

Для спостереження за динамікою приросту біомаси рослин у зернових культур через рівні проміжки часу або в момент проходження тієї чи іншої фази росту визначають кількість утвореної біомаси.

На рядкових посівах колосових культур приріст біомаси рослин, як правило, ураховують у повітряно-сухому стані. Для цього в потрібний час, проходячи по діагоналі ділянки, у 10-ти рівновіддалених типових місцях відбирають по 10 рослин підряд. У 100 викопаних рослин відрізають коріння, а надземну частину в'яжуть у снопи, позначаючи їх етикеткою, на якій відмічають необхідні дані (номер ділянки, варіант, назву сорту і т. ін.) і дату відбору проби. Після цього рослини висушують до повітряно-сухого стану та зважують. Облік біомаси рослин проводиться в трьох повтореннях на кожному варіанті досліду.

Періодичне взяття проб дозволяє визначити динаміку приросту повітряно-сухої біомаси посіву впродовж вегетаційного періоду у 100 рослин, а маючи дані про щільність рослин на полі, – провести розрахунок приросту цієї маси на гектарі.

На посівах буряків цукрових облік біомаси рослин проводять тричі: за два місяці, за місяць та безпосередньо перед збиранням. Для цього на лабораторних і захисних смугах ділянки в 10-ти місцях відбирають по три-чотири рослини, очищують від ґрунту та зважують. Приріст рослин визначають за різницею маси рослин із проби останнього та попереднього строків відбору. За необхідності визначають добовий приріст маси однієї рослини, для чого загальний приріст ділять на кількість рослин і тривалість періоду. Для паралельного визначення приросту абсолютно-сухої речовини, після кожного зважування з сирової проби відбирають середній зразок (10 коренеплодів). Відібрані в металеві чашки подрібнені зразки масою близько 100 г зважують і висушують до постійної маси за температури 100–105 °С. Після зважування чашки із сухим зразком розраховують масу сирого та сухого зразків. Розділивши масу сухого зразка на

масу сирого і помноживши отриманий результат на 100, визначають відсотковий вміст сухої речовини в рослинній пробі. Цей показник використовують для переводу маси сирової проби в абсолютно суху.

#### 8.5. Визначення площі листової поверхні рослин, чистої продуктивності фотосинтезу та фотосинтетичного потенціалу

Площу листової поверхні рослин визначають для встановлення фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу. Для визначення площі листової поверхні використовують рослини з проб, на яких проводять оцінку стану посівів у різні фази росту й розвитку.

Існує кілька методів визначення площі листя, серед яких більш поширеним є *метод висічок*. За цим методом, з відібраних на ділянці 10–15-ти типових рослин зрізають усі листки та зважують їх із точністю до 1 г. Після цього листки складають один на одного в купку і спеціальним лабораторним пробивачем (трубкою) пробивають її наскрізь. Вирізані кружки зважують. Після зважування висічок загальну листову площу в пробі розраховують за формулою:

$$P = (M \cdot n \cdot K) / m,$$

де  $P$  – загальна площа листя в пробі, см<sup>2</sup>;  $M$  – маса листя в пробі, г;  $n$  – площа однієї висічки, см<sup>2</sup>;  $K$  – кількість висічок, шт.;  $m$  – маса висічок, г.

Знаючи площу листя в пробі, знаходять середню площу листя однієї рослини, а з урахуванням щільності рослин визначають загальну листову поверхню в метрах квадратних на 1 га.

Другим методом є *контурний метод* визначення площі листя. Розкладені на папері листки з пробних рослин обводять олівцем, після чого планіметром вимірюють контури і визначають загальну площу облікових листків. Якщо планіметра немає, контури листків на папері вирізають і зважують. Одночасно також зважують такий самий папір певної площі.

За відношенням маси паперу до його площі визначають масу 1 см<sup>2</sup> паперу. Подальші розрахунки проводять за методикою вищезазначеного методу.



Незважаючи на дещо меншу точність, значного поширення через простоту і можливість обліку без видалення листків набуває *параметричний метод* обліку площі листків. Суть методу полягає в наступному. Для аналізу на ділянці обирають по 10 рослин у чотирьох типових місцях. Визначення проводять у трьох повтореннях на кожному варіанті досліду. На кожній рослині вимірюють площу кожного листка, для чого його довжину множать на ширину та на перевідний коефіцієнт, який для колосових хлібів становить 0,67, кукурудзи, просо та сорго – 0,74. Наприклад, якщо довжина листка пшениці становить 15 см а ширина 1,2 см, то його площа становить:  $15 \cdot 1,2 \cdot 0,67 = 12,1 \text{ см}^2$ .

Після того як визначили площу всіх листків на рослині, знаходять її суму, далі визначають площу листків 40 рослин проби і за густотою рослин розраховують загальну листову поверхню (у  $\text{м}^2/\text{га}$ ).

*Листковий індекс* розраховують за співвідношенням сумарної листової поверхні до площі ділянки (поля) за формулою:

$$L_i = P_{л} / P_{д},$$

де  $L_i$  – листковий індекс;  $P_{л}$  – площа листя,  $\text{м}^2$ ;  $P_{д}$  – площа ділянки,  $\text{м}^2$ .

**Чиста продуктивність фотосинтезу** (ЧПФ) показує питому продуктивність асиміляційного апарату, тобто накопичення біомаси одиницею площі листків за одиницю часу та характеризує не фотосинтез у чистому вигляді, а добову різницю між фотосинтезом і диханням цілої рослини, віднесена до одиниці площі листків. Цей показник розраховують за формулою Кріда:

$$\text{ЧПФ} = (M_2 - M_1) / [0,5 \cdot (P_1 + P_2) \cdot D],$$

де  $M_1, M_2$  – маса рослин на одиниці площі на початку в кінці певного періоду, г;  $P_1, P_2$  – площа листового апарату в ці самі періоди визначення,  $\text{см}^2$ ;  $D$  – тривалість періоду, діб.

**Фотосинтетичний потенціал посівів** (ФПП) характеризує можливість використання посівами сільськогосподарських культур сонячної радіації для фотосинтезу впродовж вегетації. Цей показник розраховується множенням листового індексу (у  $\text{м}^2/\text{га}$ ) на число днів активної роботи листків. Формула для визначення фотосинтетичного потенціалу має вигляд:

$$\text{ФПП} = (P_1 + P_2) T / (2 \cdot 1000),$$

де  $P_1, P_2$  – площа листового апарату в певні фази розвитку, тис.  $\text{м}^2/\text{га}$ ;  $T$  – довжина міжфазного періоду, діб.

Розрахунок ФПП необхідний також для визначення коефіцієнта корисної дії поглинання радіації, програмування та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур.

## 9. Облік урожаю

Збирання та облік урожаю вимагають уваги та обережності. Недбалість і квапливість під час обліку врожаю можуть спричинити значні прорахунки та привести до повного знецінення результатів досліду. За кілька днів до збирання слід оглянути площу досліду, виділити кілочками кожну облікову ділянку та, за необхідності, зробити виключки.

*Виключка* – частина ділянки, виключена з обліку внаслідок випадкових uszkodжень або помилок, допущених під час проведення досліду. У разі необхідності можуть вибракуватися цілі ділянки.

Підставою для вибракування частини чи всієї ділянки є:

- пошкодження, викликані стихійними явищами природи, які нерівномірно пошкоджують досліджувану культуру, за умови, що вони не є наслідком досліджуваних причин;
- випадкові пошкодження в результаті потрапи худобою, птахами, гризунами тощо;
- помилки, допущені під час закладання та проведення досліду.

Зменшення облікової ділянки через виключення допускається не більш ніж на 50 %. Якщо загальна площа виключок на обліковій ділянці перевищує цей показник, її вибраковують повністю. Виключки та бракування цілих ділянок вкрай небажані, адже це спричиняє неточність порівняння варіантів і знецінює результати досліду. Для можливості порівняння результатів досліду показники на вибракуваних ділянках мають бути відновлені статистичним методом.

Не можна робити виключки і тим більше бракувати цілі ділянки на підставі чисто суб'єктивного враження дослідника, особливо

після того, як урожай уже зібраний і зважений. Отримані дані можуть викликати підозру, однак якщо варто лише почати їх вибракувати, і не знатимеш коли слід зупинитись.

Таким чином, підставою для виключок або бракування цілих ділянок до збирання врожаю повинні бути лише чіткі об'єктивні причини. Наприклад, не можна бракувати ділянку лише тому, що дослідник вважає її маловрожайною.

Збирання врожаю на облікових ділянках починають лише після збирання врожаю на захисних смугах і виключках. Урожай збирають за загальною вимогою до польових робіт у дослідах – одночасно та якісно. Усі варіанти досліду бажано збирати за один день, одним і тим самим способом. У випадку неможливості зібрати врожай усього досліду за один день допускається цю роботу проводити кілька днів, але ні в якому разі не можна розтягувати збирання врожаю будь-якого повторення на кілька днів. Різні строки та способи збирання в межах повторень можуть бути лише тоді, коли вони самі є об'єктом дослідження.

У дослідницькій роботі необхідно використовувати лише суцільний метод обліку врожаю. Весь урожай з облікової частини кожної ділянки за суцільного обліку збирають та зважують на терезах, які відповідають вимогам Державного стандарту.

Як виняток застосовують *метод пробних ділянок* або *облік за окремими рослинами*, але він ненадійний, тож його недоцільно застосовувати в польових дослідах. Основний недолік цього методу полягає в тому, що врожай зважують не з усієї ділянки, а лише з кількох маленьких пробних ділянок (рядків, метрівок), тож як би ретельно цю пробу не відбирали, вона характеризує врожай з усієї ділянки лише приблизно.

**Облік урожаю зернових колосових рядкового та вузькорядного способу сівби.** Зазвичай врожай зернових культур збирають прямим способом спеціально пристосованим для цього малогабаритним самохідним комбайном. Особливо зручний цей метод збирання на видовжених ділянках. Спочатку цим комбайном збирають урожай на захисних ділянках, потім – на облікових.

Під час збирання врожаю дуже важливо встановити та витримати протягом усього збирання оптимальний режим роботи агрегату. Після збирання врожаю з ділянки комбайн зупиняють, однак молотильний апарат повинен після зупинки комбайна працювати не

менше ніж 3–4 хв для того, щоб повністю обмолотити зерно із зібраної облікової ділянки. Упродовж цього часу з бункера комбайна затарюють зерно в задалегідь підготовлені мішки з етикетками. На етикетках указують номер варіанта, сорт рослин, повторення тощо.

У разі коли розташування досліду та форма ділянок ускладнюють пряме комбайнування, агрегат можна використовувати для обмолоту врожаю, зібраного вручну або простими машинами. Якщо є ймовірність не встигнути зібрати врожай зерна протягом одного дня, збирання проводять не підряд, а за повтореннями, тобто спочатку збирають врожай з першого повторення досліду, потім з другого і т. ін.

Бункерний врожай з кожної ділянки зважують і обов'язково перераховують на стандартну вологість (14 %) та 100 %-ву чистоту. Для визначення вологості та засміченості зерна з кожної ділянки одразу після зважування у задалегідь підготовлені паперові пакети відбирають середню пробу зерна масою близько 1–2 кг.

Первинна обробка врожайних даних зернових культур рядкового та вузькорядного способів сівби полягає у наступному. Спочатку бункерну масу врожаю (кг/ділянку) перераховують на гектар, користуючись перевідним коефіцієнтом ( $K_n$ ), який визначають за рівнянням:

$$K_n = 10000 \text{ м}^2 / П,$$

де 10000 м<sup>2</sup> – площа 1 га, м<sup>2</sup>; П – площа облікової ділянки, м<sup>2</sup>.

Після множення маси зерна з облікової ділянки (у кг/ділянку) на перевідний коефіцієнт ( $K_n$ ) і ділення результату на 1000 (для переведення кілограмів у тонни) отримують бункерну врожайність (у т/га). Далі її перераховують на 100 %-ву чистоту шляхом множення на відсоток чистого насіння та ділення на 100. Чистоту насіння визначають на підставі аналізу проби зерна масою 500 г у трьох повтореннях.

Далі врожайність зібраного зерна, перераховану на 100 %-ву чистоту, приводять до стандартної вологості (14 %) за формулою:

$$V = A (100 - B) / (100 - 14),$$

де  $V$  – урожайність чистого зерна за стандартної вологості, т/га;  $A$  – урожайність чистого зерна за польової вологості, т/га;  $B$  – вологість зерна на час збирання, %; 14 – стандартна вологість для зернових культур, %.

Вологість зерна краще визначати ваговим способом за рівнянням:

$$B = \epsilon \cdot 100 / C,$$

де  $B$  – вологість зерна, %;  $\epsilon$  – маса випаруваної води з бюкса із зерном, г;  $C$  – маса наважки зерна в бюксі до висушування, г.

Усі розрахунки чистоти та вологості ведуть в окремому робочому журналі, а базові та розраховані показники доцільно проводити за формою табл. 24.

Таблиця 24

## Урожайність зерна, т/га

Варіант _____ Дата збирання _____		Повторність				Середнє
Показник	1	2	3	4		
Бункерна маса зерна з ділянки, кг						
Площа ділянки, м <sup>2</sup>						
Перевідний коефіцієнт на площу 1 га						
Бункерна врожайність, кг/га						
Бункерна врожайність, т/га						
Чистота зерна, %						
Урожайність чистого зерна за польової вологості, т/га						
Вологість зерна на час збирання, %						
Перевідний коефіцієнт на стандартну вологість						
Урожайність чистого зерна за стандартної вологості, т/га						

Облік урожайності побічної продукції зернових культур, як правило, розраховують за співвідношенням соломи до зерна. Для цього з кожної ділянки в трьох повтореннях відбирають пробні снопи площею 1 м<sup>2</sup> кожний і зважують. Далі їх обмолочують, визначають масу зерна і за різницею між масою снопа та масою зерна знаходять масу соломи. Потім розраховують перевідний коефіцієнт, для чого масу соломи ділять на масу зерна. Урожайність зерна з ділянки множать на перевідний коефіцієнт і отримують урожайність соломи за польової вологості. Для приведення врожайності соломи до стан-

дартної вологості (16 %) її множать на перевідний коефіцієнт, який розраховують за відношенням –  $(100 - B) / (100 - 16)$ , де  $B$  – вологість соломи на момент збирання. Наприклад, за вологості соломи на момент збирання 17 % перевідний коефіцієнт на стандартну вологість становить:  $(100 - 17) / (100 - 16) = 0,988$ , за вологості 11 % –  $(100 - 11) / (100 - 16) = 1,06$  і т. ін.

**Облік урожаю зернобобових культур.** На посівах бобових культур застосовують двофазне збирання. Спочатку масу скошують у валки, після чого через деякий час рослинну масу обмолочують комбайнами обладнаними підбирачами.

Точніші результати отримують, застосовуючи *суцільний* метод обліку, однак на великих ділянках за відсутності збиральної техніки альтернативою цьому методу є *метод пробних снопів і площадок*.

Суть методу *пробних снопів* полягає в наступному. На кожній ділянці досліду відбирають снопові зразки рослин масою 4–5 кг кожний. Ці снопи формують з рослин, відібраних у чотирьох типових місцях ділянки, рівномірно розосереджених по всій її площі.

На вирівняних масивах і за умови, що між варіантами очікуються значні розбіжності за врожайністю, з кожної ділянки достатньо відібрати для визначення врожайності два снопи. Якщо очікуються незначні розбіжності за врожайністю та на строкатих масивах, кількість повторень відбору снопів з однієї ділянки збільшують до п'яти-семи. Однак слід пам'ятати, що збільшення кількості повторень, особливо в дослідах із великою кількістю варіантів, значно ускладнює роботу.

Після відбору проб, весь урожай із кожної ділянки скошують і зважують, а самі снопи перевозять у приміщення чи під навіси та залишають у підвішеному стані. Після висушування до повітряно-сухого стану снопи зважують та обмолочують. За різницею між масою всього снопа та масою зерна знаходять масу соломи. Для приведення врожайності сухої маси зерна та соломи до стандартних показників, відбираються проби зерна та соломи на вологість.

Урожайність зерна та соломи знаходять за формулою:

$$У = B \cdot Д / C,$$

де  $У$  – урожай повітряно-сухого зерна (соломи) з ділянки, кг;  $B$  – маса зерна (соломи) у снопі після висушування до повітряно-сухого стану, кг;  $Д$  – маса всієї продукції з ділянки, включаючи масу снопів на час їх відбору, кг;  $С$  – маса пробного снопа на момент відбору, кг.

Знаючи вологість зерна (соломи), урожайність основної і побічної продукції приводять до прийнятого стандарту (16 %) за рівнянням:

$$V_c = V(100 - B) / (100 - 16),$$

де  $V_c$  – урожай зерна (соломи), приведений до стандартної вологості, кг;  
 $B$  – вологість продукції у повітряно-сухому стані, %.

Відповідно до *методу пробних площадок*, на кожній ділянці досліді відбирається 10–20 проб-площадок площею 0,25 м<sup>2</sup> кожна. Урожайність з пробних площадок ураховують сумарно з кожної ділянки з перерахунком за формулою:

$$V = 10 \cdot (V_1 + V_2 + \dots + V_{(n-1)} + V_n) / \sum s,$$

де  $V$  – урожайність, т/га;  $V_1, V_2, \dots, V_{(n-1)}, V_n$  – маса врожаю на 1, 2, ... ( $n-1$ ),  $n$  пробних площадках, кг;  $\sum s$  – площа всіх пробних площадок на ділянці, м<sup>2</sup>; 10 – число для переведення кілограмів у тонни.

**Облік урожаю просапних культур.** Під час обліку врожаю *кукурудзи на зерно* з облікової ділянки збирають усі качани, ділять на три групи (зерно повної, воскової стиглості та недозрілі) і зважують окремо кожну групу. Потім з кожної ділянки відбирають по 50 качанів із зерном повної та воскової стиглості (пропорційно їх часткам в урожаї), зважують їх, обмолочують і визначають вихід зерна. З вимолоченого зерна відбирають середню пробу масою 300 г, за якою визначають його вологість. Урожайність чистого зерна, приведену до стандартної вологості (14 %), розраховують на підставі загальної маси качанів на ділянці із зерном повної і воскової стиглості та виходу зерна від урожаю качанів за формулою:

$$V = V_n \cdot \Pi(100 - B) / (100 - 14) 100,$$

де  $V$  – урожайність зерна за стандартної вологості, т/га;  $V_n$  – урожайність качанів під час збирання, т/га;  $\Pi$  – частка зерна в качанах, %;  $B$  – фактична вологість зерна, %.

Урожай *соняшнику* збирають самохідним комбайном (на відносно великих площах ділянки) або вручну (ділянках площею до 100 м<sup>2</sup>). Після обмолочування корзинок насіння зважують і відбирають з кожної ділянки наважку 500 г для визначення вологості та засміченості.

Чистоту насіння визначають за тим самим принципом, що і для зернових культур. За допомогою пропорції визначають урожайність насіння з одного гектара. Після цього розраховану врожайність перераховують на 100 %-ву чистоту і стандартну вологість (12 %) за формулою:

$$V = V_s \cdot K_q(100 - B) / (100 - 12),$$

де  $V$  – урожайність насіння за стандартної вологості, т/га;  $V_s$  – урожайність насіння на момент збирання, т/га;  $K_q$  – коефіцієнт переведення врожайності на 100 % чистоту;  $B$  – вологість на час збирання, %.

Урожай *коренеплодів* або *бульбоплодів* визначають *суцільним методом*, зважуючи його з кожної облікової ділянки в полі одразу після збирання. Перед зважуванням їх обов'язково очищають від ґрунту. За значної забрудненості коренеплодів (бульб) ґрунтом, що буває за їх збирання в дощову погоду, відбираються проби по 15–20 кг для визначення маси ґрунту на них. Відібрані коренеплоди (бульби) зважують до та після видалення ґрунту. Поділивши масу проби після миття на її масу до миття, знаходять коефіцієнт, який використовують як поправку до врожайності на домішку ґрунту та на який множать урожайність (т/га) забрудненої продукції.

**Облік урожаю прядивних культур** (льону-довгунцю і конопель) проводять як суцільним методом, так і за пробними снопами. За обох методів зібрану масу рослин зв'язують у снопи, позначають їх етикетками та ставлять у суслони для висушування до повітряно-сухого стану.

Після висушування снопи обмолочують (очіскують). Після цього окремо зважують солому і насіння. Перед зважуванням насіння очищують від домішок насіння бур'янів. Після зважування з кожної ділянки відбирають середні зразки насіння та соломи для визначення вологості та засміченості. Для насіння льону та конопель маса середнього зразка має становити 150–200 г, для соломи льону – 200–300 г, для соломи конопель – 800–1000 г.

Урожайність насіння льону та конопель приводять до стандартної вологості (12 % – для льону та 13 % – для конопель) та 100 %-ї чистоти за формулою:

$$V = V_s(100 - B)(100 - C) / [(100 - B_s) 100],$$

де  $U$  – урожайність насіння за стандартної вологості, т/га;  $U_3$  – урожайність насіння на момент збирання, т/га;  $B$  – вологість зерна на момент зважування, %;  $B_1$  – стандартна вологість, %;  $C$  – засміченість насіння, %.

Урожайність соломи льону та конопель приводять до стандартної вологості (16 %) за формулою:

$$U = U_3 (100 - B) / (100 - 16),$$

де  $U_3$  – урожайність соломи на час збирання, т/га;  $B$  – вологість соломи на час зважування, %.

Крім урожайності насіння та соломи, у дослідях із прядивними культурами визначають урожайність волокна та його якість. Для визначення частки волокна в соломі після обмолочування та зважування врожаю з кожної ділянки відбирають два зразки соломи масою по 5–7 кг кожний і проводять їх технологічний аналіз. Урожайність волокна розраховують за формулою:

$$U_b = U_c (M_b / M_c),$$

де  $U_b$  – урожайність волокна, т/га;  $U_c$  – урожайність соломи, т/га;  $M_c$  – маса зразка соломи, відібраного для технологічного аналізу, кг;  $M_b$  – маса волокна зі зразка соломи, відібраної для аналізу, кг.

**Облік урожайності сіна багаторічних трав** можна проводити двома способами: *суцільним* або *пробними снопами*. Для визначення врожайності методом пробних снопів, зі скошених покосів зеленої маси відбирають пробний сніп масою 5–7 кг, зважують всю скошену масу з облікової ділянки з урахуванням маси пробного снопа. Потім снопи висушують на спеціальних полицях у добре провітрюваному приміщенні до повітряно-сухого стану, після чого знову зважують і визначають вихід сіна у повітряно-сухому стані з облікової ділянки. Після цього цей показник приводять до стандартної вологості (16 %), попередньо визначивши вологість сіна перед зважуванням, і за допомогою пропорції перераховують у стандартні показники (т/га).

Наприклад, якщо з облікової ділянки площею 150 м<sup>2</sup> маса скошеної трави становить 350 кг, а маса пробного снопа (7 кг) після сушіння – 2,5 кг, то вихід сіна в повітряно-сухому стані з усієї ділянки становитиме –  $(2,5 \cdot 350) / 7 = 125$  кг. Припустимо, що вологість сіна перед зважуванням становить 14 %, тоді за стандартної

вологості (16 %) вихід сіна з облікової площі (150 м<sup>2</sup>) становитиме –  $125 (100 - 14) / (100 - 16) = 128$  кг/га. Отже, урожайність сіна за стандартної вологості (16 %) у стандартних одиницях виміру (т/га) буде становити –  $128 \cdot 10000 / 150 \cdot 1000 = 8,53$  т/га.

*Урожайність насіння бобових і злакових трав* визначають після обмолоту перевезених з поля валків на спеціальних площадках застелених брезентом, щоб не допустити втрат насіння під час обмолоту. Урожайність насіння з ділянки перераховують на гектарну площу, 100 % чистоту і стандартну вологість (13 % – для насіння багаторічних бобових трав і 15 % – для насіння одно- та багаторічних злакових трав) і виражають у т/га.

**Метод поправок на зрідженість посівів.** Вносити поправки на зрідженість посівів просапних культур допускається, якщо випадіння рослин не пов'язане із впливом досліджуваного чинника та якщо воно не перевищує 20 %. Коли зрідження рослин на ділянці більше 20 %, вибраковують усю ділянку, а якщо загальна кількість випавших рослин на ділянці не перевищує 4 % від їх загальної кількості на ділянці або якщо зрідження не пов'язане з досліджуваним чинником, то поправок на зрідженість не роблять.

Для того щоб виключити вплив пустих місць на результати дослідження та отримати дані, допустимі для порівняння, запропоновані спеціальні методи. Найбільш надійний метод полягає у підрахунку числа пустих місць і видаленні рослин, які межують з пустими місцями. Рослини які межують з пустими місцями не видаляють лише тоді, коли випадіння рослин відбулося перед збиранням врожаю і вони не могли помітно вплинути на розвиток сусідніх рослин. Фактичну облікову площу ділянки розраховують за формулою:

$$S = (P - H) П,$$

де  $P$  – розрахункове число рослин на ділянці, шт.;  $H$  – число вибракуваних рослин на ділянці, шт.;  $П$  – площа живлення однієї рослини, м<sup>2</sup>.

За одиничного випадіння окремих рослин можна припустити, що близько половини площі пустих місць використовується сусідніми рослинами та компенсується більш високим їх урожаем. Тому для розрахунку приймається половина рослин, що випали. У цьому випадку врожай розрахункового числа рослин на обліковій ділянці ( $U$ ) визначають за формулою:

$$Y = Y_{\phi} \cdot K / (K - 0,5 \cdot K_{\epsilon}),$$

де  $Y_{\phi}$  – фактичний урожай з ділянки, кг;  $K$  – розрахункове число рослин на ділянці, шт.;  $K_{\epsilon}$  – число випавших рослин, шт.

За іншого способу фактичний врожай приводять до розрахункового числа рослин за формулою:

$$Y = (Y_{\phi} + K \cdot M_{cp}) / 2,$$

де  $Y_{\phi}$  – фактичний урожай з ділянки, кг;  $K$  – розрахункове число рослин на обліковій ділянці, шт.;  $M_{cp}$  – середня фактична маса однієї рослини, кг.

Не викликає сумніву, що точні результати отримують у дослідах, у яких усі рослини нормально зберігаються до моменту збирання, тобто коли немає потреби у відновленні даних, що випали. Тож необхідно робити все для того, щоб зводити до мінімуму ті випадіння рослин, які не викликані впливом досліджуваного чинника.

## 10. Методики проведення аналізу рослинних зразків

*Правила відбору рослинних зразків для аналізу.* Залежно від поставленої мети рослинні проби для аналізів відбирають під час вегетації, збирання врожаю або після певного періоду зберігання продукції. Проби рослин відбирають для визначення вологості, хімічного складу та оцінки технологічних якостей продукції. Проби треба відбирати лише на типових місцях кожної ділянки.

Зразки зерна відбирають із верхньої, середньої і нижньої частини мішків з таким розрахунком, щоб маса відбраного зразку становила: для пшениці м'якої – 2,5 кг; пшениці твердої – 3,5 кг; ячменю, вівса, сої, гороху, рису, проса, гречки – 1,0 кг; зернобобових, крім гороху та сої, – 0,5 кг; соняшнику – 0,7 кг; ріпака, гірчиці, льону, ріжю – 0,25 кг.

Під час відбору проб для аналізу з великої партії (з бургів чи засіків) повторність відбору конусним щупом збільшують, через що

маса проби перевищує зазначену вище масу зразка, потрібного для аналізу. Для того щоб довести відібрану велику пробу до потрібного рівня, її рівномірно стелять тонким шаром на рівній поверхні у формі квадрата, який ділять по діагоналі на чотири рівні трикутники. Після цього зерно (насіння) з двох протилежних трикутників відбирають, а з тих що залишилися, знову формують квадрат. Процес поділу квадрату на рівні трикутники та відбір зерна з протилежних квадратів проводять до тих пір, поки маса зразка в них не наблизиться до рекомендованої для проведення аналізу. Відібрані зразки вміщують у паперові чи полотняні мішечки з етикетками всередині та зовні.

Зразки рослин для хімічних та інших аналізів відбирають паралельно зі збиранням врожаю на кожному повторенні по діагоналі ділянок. Маса відбраної проби має становити 4–5 кг. Після цього рослинну масу подрібнюють на частки 2–3 см завдовжки, перемішують і відбирають з неї дві середні проби по 0,5 кг.

Під час збирання врожаю кукурудзи на силос у фазу молочно-воскової стиглості на кожній ділянці відбирають проби качанів (4 кг) і листостебельної маси рослин (8 кг). Відібрані проби подрібнюють і з них відбирають по 0,5 кг для визначення вологості та хімічного аналізу. Якщо маса однієї рослини більше 1 кг, то перед збиранням на кожній ділянці відбирають чотири-шість типових рослин, які ділять на стебла, качани, листки та суцвіття. Після цього їх зважують, подрібнюють на відрізки 4–6 см завдовжки та формують середню пробу масою 2 кг відповідно до відсоткового співвідношення часток рослин. Далі цю пробу подрібнюють на ще менші частки 2–3 см завдовжки та відбирають із неї два середні зразки масою по 0,5 кг. Для припинення процесів ферментації та мікробіологічної діяльності відібрані для аналізу зразки зеленої маси відразу фіксують у термостаті за температури 80–90 °С.

Для проведення аналізів на посівах буряків цукрових відбирають по 40 типових коренеплідів з кожної ділянки досліді. Їх збирають у поліетиленові пакети з етикетками. Якщо одразу провести аналіз відібраних проб немає можливості, то їх прикопують землею для тимчасового зберігання.

Проби бульб картоплі відбираються під час збирання врожаю на всіх повтореннях досліді. Після цього проби об'єднують і далі з них відбирають 20 типових бульб для аналізів. Їх кладуть у мішки з паперу та перевозять до місця проведення аналізу.

Снопів зразки на посівах зернових і бобових культур відбирають напередодні збирання врожаю з кожного повторення досліду в типових місцях на площі 0,25 або 0,5 м<sup>2</sup>. Викопані рослини разом з бур'янами об'єднують у сніп, який перев'язують у двох місцях (біля суцвіття та нижче від середини рослин). На всі снопи навішують етикетки, на яких указують дату відбору проб, номер варіанта і повторення.

На посівах соняшнику з кожної ділянки відбирають по 10 рослин, одразу зважують їх із урахуванням часток окремих органів. Середній зразок для хімічного аналізу (0,5–1,0 кг) беруть, урахуовуючи частки окремих органів рослин. Відібрані для аналізу рослинні зразки висушують і зберігають у паперових пакетах.

### 10.1. Аналіз снопових зразків рослин

Аналіз снопових зразків *зернових культур* включає визначення: кількості рослин на одиниці площі (на 1 м<sup>2</sup>), загальної і продуктивної куцистості, висоти рослин, довжини колоса, кількості продуктивних і непродуктивних колосків у колосі, числа та маси зерен у колосі, маси 1000 зерен. Аналізуючи ці дані, визначають, які саме з цих елементів забезпечили формування отриманого рівня продуктивності посівів, за рахунок чого він був сформований – чи більшої кількості рослин на одиниці площі, чи більшої озерненості колоса, чи більшої маси 1000 насінин тощо. На підставі даних структурного аналізу оцінюють агротехніку та вносять певні корективи в неї для підвищення рівня реалізації ресурсного потенціалу продуктивності. Наприклад, змінюють систему удобрення рослин, застосовують інший спосіб сівби, обирають інший попередник, змінюють норму висіву тощо.

Методика аналізу структури врожаю полягає в такому. З кожного варіанта досліду в типових місцях ділянок в трьох повтореннях відбирають снопи з площі 0,25 м<sup>2</sup>. У кожному снопі підраховують кількість рослин, кількість продуктивних і непродуктивних стебел. На підставі розрахунків знаходять коефіцієнт продуктивного та загального куціння. Корені рослин відрізають і сніп зважують.

Далі зі снопа підряд відбирають 25 рослин і визначають їхню висоту. Для цього рослини вимірюють від вузла куціння до верхівки останнього колоска на головному стеблі без урахування остей.

Потім беруть підряд 25 суцвіть, визначають їхню довжину, число колосків і масу зерна в кожному. Виводять середні значення за цими показниками (середню масу зерна з колоса визначають діленням загальної маси зерна на їхню кількість).

*Довжину колоса* вимірюють від основи першого нерозвинутого члена колоса до місця прикріплення верхнього колоска.

*Кількість колосків у колосі* визначають підрахунком усіх колосків, у тому числі й нерозвинутих у нижній частині суцвіття.

Далі пробний сніп обмолочують і зерно з нього зважують (разом із зерном 25 суцвіть). Вихід зерна визначають у відсотках від загальної маси рослин. Масу 1000 рослин розраховують за методикою, наведеною в підрозділі 10.3.

Під час аналізу снопових зразків доцільно також установити ураженість рослин (стебел) хворобами та пошкодження шкідниками.

На підставі даних, отриманих під час аналізу пробних снопів, виводять середні показники за варіантами досліду. Робочі записи доцільно вести за формою, наведеною в табл. 25.

Для визначення *структури врожаю кукурудзи* відбирають проби рослин із 10-ти гнізд не менш ніж у чотирьох повтореннях. Рослини зрізають і підраховують: число рослин без качанів, з одним качаном, з двома та більше качанами та визначають середнє число качанів з однієї рослини. Кожну пробу рослин зважують, потім відокремлюють качани і зважують їх окремо. Далі визначають висоту рослин (до верхівки волоті), число зелених і сухих листків. Отримані дані доцільно записувати за формою, наведеною в табл. 26.

Таблиця 25

Структура врожаю зернових культур  
(за методикою М. А. Бобро)

Варіант досліду	Дата відбору проби	На 1 м <sup>2</sup> приходить			Куцистість		Колос				Маса, г/м <sup>2</sup>		Маса 1000 насінин, г	Біологічна врожайність, т/га	
		рослин, шт.	стебел		загальна	продуктивна	довжина, см	колосків, шт.	зерен, шт.	маса зерна, г	рослин	зерна		зерна	соломи
			усього	з колосом											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Таблиця 26

## Структура врожаю кукурудзи

Сорт \_\_\_\_\_ Рік \_\_\_\_\_ Варіант досліді \_\_\_\_\_

Дата відбору проби	Густота рослин, шт./га	Висота рослин, см				Середня маса, г		Частка качанів у загальній масі рослин, %	Біол. врожайність, т/га		Рослин, %			
		качанів	зелених листків	сухих листків	рослини	качана	зеленої маси		качанів	без качанів	з одним качаном	з двома качанами	з трьома качанами та більше	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Коли відокремлені від рослин качани висохнуть до повітряно-сухого стану, проводять їх аналіз за ознаками, наведеними в табл. 27. Для аналізу беруть не менше п'яти качанів, а за сильної їх невіривності – 7–10. Кожний качан аналізують окремо.

Для визначення *структури врожаю зернобобових культур* необхідно відбирати з кожного варіанта досліді снопові зразки з площі 0,25 м<sup>2</sup> в трьох повтореннях.

Таблиця 27

## Аналіз качанів кукурудзи

Сорт рослин \_\_\_\_\_ Рік \_\_\_\_\_ Варіант досліді \_\_\_\_\_

Номер качана	Довжина качана, см	Діаметр качана, см	Маса качана, г	Маса стрижня, г	Маса зерна з качана, г	Частка зерна від загальної маси качана, %	Кількість рядів, шт.	Кількість зерен у ряду, шт.	Число зерен у качані, шт.	Маса 1000 насінин, г	Опис зерна (забарвлення, форма тощо)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Структура врожаю складається з кількості рослин на одиниці площі, кількості бобів на рослині, числа насінин у бобі та маси 1000 насінин. Аналіз снопів із пробних площадок дозволяє отримати всі ці дані. За ними розраховують біологічний урожай. Під час аналізу в рослин відрізають корені, а надземну масу та окремо насіння зважують. Записи ведуть за формою наведеною в табл. 28.

Таблиця 28

## Структура врожаю зернобобових культур

Культура \_\_\_\_\_ Сорт \_\_\_\_\_ Рік \_\_\_\_\_

Варіант досліді	Дата збирання	Кількість рослин на 1 м <sup>2</sup> , шт.	Кількість бобів на одній рослині, шт.	Кількість насінин у бобі, шт.	Маса, г/м <sup>2</sup>		Маса 1000 насінин, г	Біологічна врожайність, т/га		
					рослин	насіння		загальна	насіння	соломи
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Біологічний урожай *олійних культур* визначають на підставі даних урожаю з пробних площадок (для високорослих рослин з площі 1,0 м<sup>2</sup>, для решти – 0,25 м<sup>2</sup>). На квадратно-гніздових посівах відбирають рослини не менш ніж із 10-ти гнізд у чотирьох повтореннях.

Для визначення структури врожаю різних олійних культур потрібно визначити такі її елементи (у середньому):

у *соняшнику*: число рослин на 1 га; кількість кошиків на рослині; висоту рослин; діаметр кошика; масу рослини; число насінин у суцвітті; масу насінин з рослини; масу 1000 насінин;

у *хрестоцвітних олійних (ріпака, гірчиці, суріпиці)*: кількість рослин на 1 м<sup>2</sup>; число плодів на рослині; число насінин у плоді; масу насінин з рослини; масу 1000 насінин; висоту та масу рослин;

у *сафлору та кунжуту*: число рослин на 1 м<sup>2</sup>; число коробочок на одній рослині; кількість насінин в одному суцвітті; масу насінин з однієї рослини; масу 1000 насінин; висоту та масу рослин;

у *рицини*: число рослин на 1 га; число грон на одній рослині; число коробочок у суцвітті; масу насінин рослини; масу 1000 насінин; висоту та масу рослин.



Отримані дані заносять до підсумкової таблиці, яка може мати такий загальний вигляд (табл. 29).

Таблиця 29

## Структура врожаю олійних культур

Варіант	Кількість рослин на 1 м <sup>2</sup> , шт.	Висота рослин, см	Маса рослин, г	Кількість кошиків, китиць або плодів на рослині, шт.	Кількість насінин у кошику, китиці або плоді, шт.	Маса насінин з однієї рослини, г	Маса 1000 насінин, г	Біологічна врожайність, т/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Проби для визначення структури врожаю *льону-довгунцю* відбирають у трьох повтореннях на кожному варіанті з площі 0,25 м<sup>2</sup>. Рослини висмикують з корінням і визначають їхню середню кількість у пробі. У 100 рослин, відібраних підряд, вимірюють висоту, у тому числі кількість рослин вище 100 см, від 80 до 100 см і від 60 до 80 см. Також визначають середню довжину технічної частини стебла.

Після цього відрізають корені та зважують сніп. На 20-ти рослинах, відібраних підряд, підраховують кількість коробочок і насінин та визначають середній показник на одну рослину. Далі сніп обмолочують, солому та насіння зважують і визначають частку виходу насіння від загальної маси рослин. Також визначають масу 1000 насінин. Робочі записи ведуть за формою табл. 30.

Визначення структури врожаю зеленої маси *багаторічних і однорічних трав* проводять перед їх скошуванням. Якщо впродовж вегетації проводять кілька укосів, то для встановлення загального збору зеленої маси такі ж визначення врожаю проводяться перед кожним укосом. Для обліку врожаю чи динаміки накопичення зеленої маси трав на типових місцях ділянки в чотирьох повтореннях виділяють площадки по 0,25 м<sup>2</sup>. Спочатку на цих площадках підраховують бур'яни, зрізають їх на висоті 8–10 см і зважують.

Потім на площадках підраховують кількість рослин бобових і злакових трав, відбирають по 25 рослин кожного компонента, вимірюють їхню висоту і для кожного компонента виводять середній показник.

Таблиця 30

## Структура врожаю льону

Сорт \_\_\_\_\_ Рік \_\_\_\_\_ Варіант досліді \_\_\_\_\_ Повторність \_\_\_\_\_

Кількість рослин, шт.	Середня висота рослин, см	Кількість рослин, шт.				Середня технічна довжина стебла, в см	У середньому на одну рослину		Маса, г			Вихід насіння від маси рослин, %	Маса 1000 насінин, г	Біологічна урожайність, т/га	
		вище 100 см	80–100 см	60–80 см	нижче 60 см		головок	насінин	рослин	соломки	насінин			соломки	насіння
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Далі рослини зрізають на рівні 8–10 см від поверхні ґрунту, розбирають отриманий сніп на дві групи – бобові та злакові трави, окремо зважують рослини кожної групи та підраховують число стебел у них.

Отримані дані щодо маси рослин, числа рослин і стебел окремо для бобових і окремо злакових трав включають до загальної маси. Підраховують відсоток забур'яненості всієї зеленої маси. Отримані дані, що характеризують склад рослинності з 1 м<sup>2</sup>, записують за формою табл. 31.

Таблиця 31

## Структура врожаю кормових трав

Варіант досліді \_\_\_\_\_ Рік використання \_\_\_\_\_

Показники	Перший укос			Другий укос		
	дата обліку _____			дата обліку _____		
	разом	бобових	злакових	разом	бобових	злакових
Кількість кущів на 1 м <sup>2</sup> , %						
Кількість стебел на 1 м <sup>2</sup> , %						
Висота рослин, см						
Маса зеленої маси з 1 м <sup>2</sup> , г						
Урожай зеленої маси, т/га						
Частка забур'яненості за масою						

### 10.2. Визначення сирії та повітряно-сухої біомаси рослин

Після висушування наважки за температури 100–105 °С вміст води в рослинних зразках розраховують за формулою:

$$B = 100 \text{ в} / m,$$

де  $B$  – вміст вологи, %;  $\text{в}$  – вміст вологи у сирій наважці, г;  $m$  – маса наважки, г.

Якщо вміст води в зразку визначили попередньо, то вміст сухої речовини у відсотках можна знайти за рівнянням:

$$C_x = 100 - \text{в}, \text{ або } C_x = 100 C_x / m,$$

де  $C_x$  – вміст сухої речовини, %;  $m$  – маса сирії наважки, г.

### 10.3. Визначення фізичних показників якості зерна

**Маса 1000 насінин.** Визначення маси 1000 за стандартної вологості проводять у такій послідовності. Із фракції очищеного насіння відраховують дві проби по 500 зерен. Відібрані проби зважують з точністю до 0,01 г. Якщо розбіжність між середніми не перевищує 3 %, то масу 1000 насінин розраховують як середнє арифметичне з двох проб з точністю для крупнонасінних культур до 0,1 г, дрібнонасінних – до 0,01 г. Якщо розбіжність між масою 1000 насінин двох проб перевищує 3 %, то відраховують і зважують третю пробу. Масу 1000 насінин при цьому розраховують за тими двома пробами, які мають найменшу розбіжність.

Масу 1000 насінин (клубочків) буряків розраховують інакше. Масу клубочків, які залишаються на ситах під час аналізу на чистоту, ділять на кількість клубочків. Розраховану середню масу одного клубочка множать на 1000.

Іноді визначають абсолютну масу насіння, під якою розуміють масу 1000 абсолютно сухого насіння. Її розраховують за формулою:

$$M_a = M_\phi \cdot (100 - B) / 100,$$

де  $M_a$  – маса 1000 насінин у перерахунку на суху речовину, г;  $M_\phi$  – маса 1000 насінин за фактичної вологості, г;  $B$  – вологість насіння, %.

**Натура зерна** – це маса певного об'єму зерна. Саме тому її називають об'ємною масою зерна, на відміну від маси 1000 зерен. Як правило, натуру зерна визначають *метричними пурками* об'ємом 1 л і 20 л.

Якщо натуру зерна визначають за допомогою літрової мірної пурки, то маса зерна в циліндрі виражає натуру зерна. Натуру зерна визначають із точністю до 0,05 г. Допустимі відхилення у двох паралельних визначеннях одного зразка не повинні перевищувати 5 г, а для вівса та соняшнику – 10 г. Якщо різниця перевищує допустимі показники, аналіз проводять повторно.

**Вирівняність насіння** – важливий показник насінневих властивостей зерна. Вирівняність насіння зернових колосових визначають у такій послідовності. Наважку очищеного насіння масою від 100 до 500 г (чим крупніше насіння, тим більше його потрібно), просівають крізь набір сит із видовженими прямокутними отворами. Різниця за шириною отворів сусідніх сит має становити 0,2 мм. Після просівання набір сит розбирають і окремо зважують насіння, яке залишилося на кожному ситі. Масу насінин з двох суміжних сит, на яких залишилася більша їх кількість, складають і розраховують їхню частку порівняно з усією наважкою. Цей відсоток і показує вирівняність насіння.

Для визначення **вмісту пророслих зерен** із середнього зразка відбирають дві наважки по 50 г. Відібрані зразки ставлять на пророщування. Усі пророслі зерна підраховують і зважують. Середній вміст пророслих зерен кожної наважки визначають у відсотках з точністю до 0,1 %. З розрахованих показників двох проб визначають середнє арифметичне.

**Склоподібність зерна хлібних злаків.** Для визначення склоподібності з чистого зерна відраховують дві проби по 100 зерен. Склоподібність визначають за допомогою діафаноскопів або фаринотомів. Під час визначення склоподібності на діафаноскопі зернівки розбирають на матовому склі, крізь яке проходить світло. Зернівки з різною склоподібністю пропускають світло по-різному. Фаринотом має 50 комірок, у які вертикально кладуть зернівки. Потім їх розрізають ножем навпіл і розділяють на п'ять груп за показниками склоподібності: перша група – насіння повністю склоподібне; друга

група – склоподібність зернівок становить 75 %; третя група – зернівки склоподібні на 50 %; четверта група – склоподібність зернівок становить 25 %; п'ята група – зернівки повністю борошністі.

Після розподілу зернівок на групи підраховують склоподібність кожної з них і переводять на число зерен зі 100 %-ю склоподібністю. У підсумку отримують загальну склоподібність. Наприклад, зі 100 зернівок 25 належать до першої групи, 32 – до другої, 20 – до третьої, 16 – до четвертої і 7 – до п'ятої. Помноживши кількість зерен кожної групи на відповідні показники склоподібності, отримаємо показник кількості зерен 100 %-ї склоподібності. У цьому прикладі в першій групі цей показник становить 25 ( $25 \times 1$ ), у другій – 24 ( $32 \times 0,75$ ), у третій – 10 ( $20 \times 0,5$ ), у четвертій – 4 ( $16 \times 0,25$ ) і в п'ятій – 0 ( $10 \times 0$ ). Сума цих показників і є загальною склоподібністю, вираженою у відсотках, – 63 % ( $25 + 24 + 10 + 4 + 0$ ).

**Схожість насіння.** Для визначення схожості з чистого насіння відраховують чотири проби по 100 насінин у кожній. Ці проби ставлять на пророщування. Субстратом для проростання може бути пісок або фільтрувальний папір. Для пророщування можна брати лише кварцовий пісок. Його попередньо просівають крізь сито з отворами діаметром 1 мм.

Перед пророщуванням насіння, пісок або фільтрувальний папір зволожують. Не можна допускати надлишку води на фільтрувальному папері. Пісок зволожують до 60 %, а для бобових культур – до 80 % його повної вологоємності.

Під час пророщування насіння необхідно слідкувати за температурою термостата або приміщення, перевіряючи її не менш ніж три рази за добу. Субстрат, на якому пророщують насіння, потрібно регулярно змочувати, не допускаючи його підсихання.

Пшеницю, жито, ячмінь та овес пророщують за постійної температури 20 °С. Кукурудзу, просо, сорго та рис перші 6 год пророщують за температури 30 °С, а впродовж останніх 18 год – за температури – 20 °С. Насіння буряків цукрових протягом перших 18 год пророщують за температури 20 °С, останніх 6 год – за температури 30 °С.

Схожість насіння різних культур визначають через певний період перебування в термостаті. Насіння пшениці, жита, ячменю, вівса, сої, кукурудзи, проса, гороху, соняшнику, сафлору, ріпака, гірчиці, льону, конопель проростає через 7 днів; пшениці твердої, гречки, сорго, квасолі – 8; рису, чумизи, люпину, нуту, кормових бобів, ріцини, буряків

цукрових, моркви, маку, всіх бобових трав, гарбузів, суданської трави, райграсу, вівсяниці, житняка – 10; кавунів, тютюну – 12 днів.

Підрахунок пророслого насіння проводять у два строки: перший – через установлене число днів для визначення енергії проростання, другий – через число днів, установлене для визначення схожості. Під *енергією проростання* розуміють здатність насіння дружно проростати в короткий строк. Енергію проростання виражають у відсотках насінин, які проросли за нормативний проміжок часу.

Пророслими вважаються насінини, у яких корінці нормально розвинуті, а головний корінець має довжину, більшу за саму насінину. У пшениці, жита та кукурудзи також звертають увагу на сам росток, який повинен мати довжину не менше половини довжини насінини. Кількість пророслих насінин у 100-насінневій пробі і є показником схожості насіння у відсотках. З чотирьох повторень розраховують середній показник, який характеризує певний варіант (партію) насіння.

**Посівну придатність насіння** знаходять розрахунковим способом. Знаючи чистоту (*A*) та схожість насіння (*B*), розраховують посівну придатність у відсотках за формулою:

$$B = A \cdot B / 100.$$

#### 10.4. Розрахунок хіміко-технологічних показників

##### 10.4.1. Розрахунок вмісту макроелементів (N, P, K)

Азот, фосфор і калій мають дуже важливе значення для рослин. Визначення вмісту цих елементів у рослинах дозволяє зробити висновки про їхнє використання рослинами на формування врожаю культури, про реакцію рослин на умови живлення ними в різні періоди росту і розвитку, про харчові та кормові якості врожаю.

Визначення вмісту загального азоту, фосфору та калію в рослинних зразках проводять за методом Гінсбург-Щеглової. Суть методу полягає в розкладанні органічної речовини рослинного зразка киплячою сірчаною кислотою до мінеральних сполук.

Визначення азоту фотоколориметричним методом базується на взаємодії солей амонію з реактивом Неслера, унаслідок чого утворюються комплексні сполуки типу меркурамонію жовтого кольору,

інтенсивність яких залежить від вмісту солей амонію. Шкідлива дія кальцію та магнію усувається розчином сегнетової солі.

Суть методу визначення фосфору полягає в здатності ортофосфорної кислоти за взаємодії з молібденовокислим амонієм у кислому середовищі в присутності відновника (хлористого олова) утворювати комплексну сполуку, яка має блакитний колір. Інтенсивність забарвлення пропорційна вмісту фосфору в розчині.

Концентрацію азоту та фосфору визначають на фотоелектроколориметрі, калій – на полум'яному фотометрі.

На аналітичних терезах зважують 0,2 г розмеленого рослинного матеріалу та вмішують його в конічну термостійку колбу об'ємом 100 мл, після чого обережно бюреткою додають 6 мл суміші сірчаної і хлорної кислоти (частка сірчаної кислоти в суміші 90 %, хлорної – 10 %), яку виготовляють безпосередньо перед використанням.

Колбу залишають стояти впродовж 50–60 хв. до обвуглення рослинної маси. Після цього вміст колби нагрівають на слабому вогні протягом 5–7 хв до утворення однорідної коричнево-бурої маси. Далі температуру поступово підвищують і продовжують озолення до знебарвлення розчину. У процесі озолення вміст колби часто перемішують і весь час проводять спостереження. Повне озолення триває 15–25 хв. Проте якщо за цей час воно не закінчилось, то додають ще 1–2 краплі хлорної кислоти і продовжують нагрівання.

Після закінчення озолення колбу охолоджують, додаючи в розчин дистильовану воду. Розчин переливають у мірну колбу на 100 мл, додають дистильовану воду до верхньої відмітки та перемішують.

Для контролю паралельно проводять холосте спалювання 6 мл суміші сірчаної і хлорної кислот без рослинного матеріалу впродовж 20 хв. Далі з колби підготовленого рослинного зразка беруть певний об'єм розчину для визначення вмісту азоту, фосфору та калію.

Для визначення вмісту азоту і сирого протеїну беруть 1–2 мл підготовленої витяжки, переносять у колбу, додають 1 мл 25 %-го розчину сегнетової солі та близько 50 мг дистильованої води, добре змішують, після чого розчин у колбі нейтралізують 10 %-м розчином гідроксиду натрію, не допускаючи його надлишку. Його доливають краплями доти, поки кинутий у колбу клаптик червоного лакмусу не стане синім. Потім додають 2 мл реактиву Неслера, збовтують, доводять об'єм до відмітки, ще раз перемішують і через 5 хв колориметрують на фотоколориметрі при синьому світлофільтрі.

Для контролю паралельно беруть такий самий об'єм розчину в іншу колбу на 100 мл і доливають такі ж реактиви, як і в колбу з витяжкою.

Маючи показники приладу, за графіком знаходять кількість  $\text{NH}_4$  у міліграмах на взятую кількість витяжки для колориметрування.

Щоб побудувати калібрувальний графік, готують шкалу зразкових розчинів з перекристалізованої і висушеної до постійної маси хімічно чистої солі  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Наважку  $\text{NH}_4\text{Cl}$  масою 0,3820 г розчиняють у 1 л безаміачної води (запасний розчин).

У 1 мл розчину міститься 0,1 мг азоту. Для одержання робочого розчину запасний розчин розбавляють у 10 разів, тобто 1 мл робочого розчину містить 0,01 мг азоту. З робочого розчину готується серія еталонних стандартних розчинів. Для цього мірні колби на 100 мл нумерують і в кожну наливають з бюретки робочий розчин  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

У колбу додають воду, сегнетову сіль і реактив Неслера, колориметрують. Шкалу зразкових розчинів на визначення вмісту азоту наведено в табл. 32.

Таблиця 32

## Шкала зразкових розчинів на азот

Стандартний розчин	Номер колби									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Об'єм, мл	0	1	2	4	6	8	10	12	14	16
Вміст $\text{NH}_4$ , мг/100 мл	0	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16

Вміст  $\text{NH}_4$  у відсотках ( $X_a$ ) розраховують за формулою:

$$X_a = (a \cdot Y \cdot 100) / (Y_1 \cdot H \cdot K),$$

де  $a$  – кількість  $\text{NH}_4$  у 100 мл розчину, знайдена за графіком мг;  $Y$  – загальний об'єм вихідного розчину, мл; 100 – для перерахунку у %;  $Y_1$  – об'єм вихідного розчину, взятого для колориметрування;  $H$  – наважка, яка відповідає взятому розчину, мг;  $K$  – коефіцієнт перерахунку в суху речовину.

Результат, виражений у відсотках, множать на коефіцієнт 0,778 і отримують вміст азоту в рослинному зразку у відсотках. Для розрахунку вмісту сирого протеїну вміст азоту у відсотках множать на перевідні коефіцієнти, наведені в табл. 33.

Таблиця 33

## Коефіцієнти перерахунку в сирий протеїн

Насіння	Вміст азоту в сирому протеїні, %	Коефіцієнт перерахунку в сирий протеїн
Пшениця, жито, ячмінь	17,60	5,70
Кукурудза, овес, горох, боби	16,66	6,00
Соняшник, льон	18,20	5,50
Вегетативна маса, картопля, кормові культури	16,00	6,25

Для розрахунку вмісту *фосфору* в мірну колбу на 50 мл беруть 2 мл досліджуваного розчину з тієї самої колби, з якої брали зразок для визначення вмісту азоту, додають 30 мл дистильованої води, краплю індикатору бетадинітрофенолу та нейтралізують 10 %-м розчином гідроксиду натрію до жовтуватого забарвлення, яке усувають двома краплями 10 %-ї сірчаної кислоти. Далі додають 2 мл молібденовокислого амонію, доводять водою до верхньої відмітки, додають три краплі хлористого олова та перемішують. Паралельно готують холостий контроль.

Досліджуваний розчин забарвлюється в синій колір, якщо в ньому наявні сполуки фосфору. Через 10 хв розчин фотометрують порівняно з контролем, використовуючи червоний світлофільтр (650 нм). Одночасно готують шкалу зразкових розчинів.

Для приготування стандартної шкали на фосфор готують розчин з хімічно чистої солі  $\text{K}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . Її розчиняють у дистильованій воді з таким розрахунком, щоб у 1 мл розчину містився 0,01 мг  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Далі з робочого розчину готують серію еталонних розчинів, для чого мірні колби на 50 мл нумерують і в кожную наливають з бюретки робочий розчин  $\text{K}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . Кількість розчину наведено в табл. 34.

Таблиця 34

## Шкала зразкових розчинів на фосфор

Об'єм стандартного розчину, мл	Номер колби									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вміст $\text{P}_2\text{O}_5$ , мг/100 мл	0	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16

У колби додають реактиви, як і під час аналізу досліджуваних проб. На основі отриманих показників будують калібрувальний графік і за ним визначають вміст фосфору в досліджуваному розчині.

Загальний вміст фосфору ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) в рослинному матеріалі у відсотках на суху речовину ( $X_\phi$ ) розраховують за формулою:

$$X_\phi = (a \cdot Y \cdot 100) / (100 \cdot H \cdot K),$$

де  $a$  – кількість фосфору, знайдена за калібрувальним графіком, мг;  $Y$  – об'єм вихідного розчину, мл;  $H$  – наважка, яка відповідає взятому розчину, мг; 100 – для переведення у відсотки;  $K$  – коефіцієнт перерахунку в суху речовину.

*Калій* визначають безпосередньо у вихідному розчині, що залишився в мірній колбі на 100 мл після визначення вмісту загального азоту та фосфору. Розчин вводять у полум'я пальника фотометра. Записують показники гальванометра. Щоб визначити концентрацію калію в досліджуваному розчині, будують калібрувальний графік і готують еталонний розчин. Для цього 583 г перекристалізованого хлориду калію розчиняють у мірній колбі на 1 л у дистильованій воді і додають воду до верхньої риски. Цей розчин містить 1 мг калію в 1 мл, що і є вихідним розчином для приготування робочої шкали еталонних розчинів. Для цього в 10 мірних колб на 250 мл доливають із бюретки 0; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 15,0; 20,0 і 25,0 мл еталонного розчину хлориду калію і доводять дистильованою водою до верхньої відмітки. У перерахунку на 1 л розчину вміст калію становить відповідно 0, 2, 4, 10, 20, 30, 40, 60, 80 і 100 мг. Цей розчин використовують для налаштування приладу. Розчин вводять у полум'я пальника приладу та записують показники гальванометра. За даними показників гальванометра та вмістом калію в зразковому розчині будують калібрувальний графік.

Вміст калію в рослинах ( $\text{K}_2\text{O}$ ) у відсотках на суху речовину обчислюють за формулою:

$$X_k = (a \cdot Y \cdot 100) / (1000 \cdot H \cdot K),$$

де  $a$  – кількість калію, знайдена за калібрувальним графіком, мг/л;  $Y$  – об'єм розчину після мокрого озолення, мл; 100 – для перерахунку у відсотки; 1000 – для перерахунку концентрації калію з 1 мг у 1 мл;  $H$  – маса наважки, яка відповідає взятому розчину, мг;  $K$  – коефіцієнт перерахунку в суху речовину.

#### 10.4.2. Розрахунок вмісту білкового азоту і білка

Найбільш поширений і точний метод визначення вмісту білкового азоту – метод К'ельдаля. Послідовність аналізу згідно з цим методом така. У хімічний стакан об'ємом 150–200 мл кладуть 1–2 г дрібно розмеленої наважки, додають 50 мл дистильованої води та нагрівають до кипіння. Після цього розчину дають охолонути. Коли його температура знизиться до 35–40°C, у нього доливають 25 мл 6 %-го розчину мідного купоросу, перемішують та додають ще 25 мл 1,25 %-го розчину їдкового натрію. Через деякий час у стакані з'являється осад у вигляді білка та міді. Розчин відстоюють 30–40 хв, після чого осад фільтрують через беззольний фільтр. Для цього розчин обережно зливають на фільтр, а осад відмивають гарячою водою, поки промивні води перестануть утворювати з хлористим барієм осад.

Після цього відмитий осад разом із фільтром висушують за температури 50–60 °С, переносять у колбу К'ельдаля, доливають 20 мл концентрованої сірчаної кислоти і 0,5 мл мідного купоросу як каталізатора та додають грудочку парафіну для зменшення піноутворення.

У колбу-приймач наливають 40–60 мл 0,1 М розчину сірчаної кислоти, додають 3–4 краплі метилоранжу і занурюють у кислоту колби-приймача кінець трубки-холодильника. Фільтр з осадом спалюють до повного знебарвлення вмісту колби К'ельдаля.

Вміст колби переносять у дистильаторну колбу, туди ж додають 2 г цинку, 1–2 краплі фенолфталеїну, потрохи доливають 70–80 мл 30–40 %-го розчину лугу та швидко сполучають з холодильником.

Як тільки реакція на іони амонію, яку перевіряють за допомогою реактиву Неслера та лакмусового паперу, перестає проявлятися, дистиляцію закінчують. Розчин титрують 0,1 М розчином лугу, після чого визначають вміст білкового азоту за формулою:

$$N = (a \cdot T_1 - v \cdot T) \cdot 0,0014 \cdot 100 / m,$$

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;  $v$  – кількість 0,1 М розчину лугу, витраченого на титрування залишку кислоти, мл;  $T$  – поправка до титру лугу; 0,0014 – кількість азоту, яка зв'язується 1 мл 0,1 М розчину сірчаної кислоти, г; 100 – коефіцієнт для переведення в відсотки;  $m$  – наважка рослинного зразка, г.

Для переведення в сирий протеїн визначену кількість білкового азоту множать на перевідний коефіцієнт, який для пшениці, жита, ячменю, вівса та гороху становить 5,70; кукурудзи та гречки – 6,00; соняшнику, рицини та люпину – 5,50 та для решти культур – 6,25 [6].

#### 10.4.3. Вміст пігментів фотосинтезу у вегетативній масі

Кількість хлорофілу в листках рослин піддається значним коливанням, які визначаються біологічними особливостями рослин, а також абіотичними чинниками – інтенсивністю світла, температури, мінерального живлення тощо. Вміст зелених пігментів і їхня динаміка в рослинах істотно впливають на інтенсивність фотосинтезу та продуктивність рослин. Тому завданням дослідів часто є визначення вмісту хлорофілу, для чого застосовують колориметри та спектрофотометри різних систем.

Визначення вмісту хлорофілу складається з двох етапів: 1) отримання спиртового екстракту пігментів; 2) визначення його концентрації.

Для виготовлення розчину хлорофілу використовують свіже листя рослин. Маса наважки залежить від кількості хлорофілу в листках. Для визначення вмісту хлорофілу у темно-зелених листках достатньо мати їхню наважку масою 0,25–0,50 г, а у слабозабарвлених – 1,0 г і більше.

Відібрану наважку кладуть у фарфорову ступку і розтирають до однорідної маси. Для кращого розтирання тканин перед його початком до наважки додають трохи кварцового піску або битого скла.

Щоб не сталося феофітинізації хлорофілу за рахунок ендогенних кислот, для їх нейтралізації додають шіпку крейди. До розтертої маси додають 2–4 мл етанолу, після чого знову ретельно розтирають. Вміст ступки переносять на воронку з фільтром. Розмір фільтра має бути таким, щоб його краї не були вищими від країв воронки. Дуже важливо обережно перенести зелену масу на фільтр. Ступку та пестик обполіскують невеликими порціями спирту до тих пір, поки не залишиться слідів зелених пігментів на ступці, пестіку та фільтрі. Далі фільтрат збирають у мірну колбу ємністю 25 мл, після чого об'єм колби доводять етанолом до мітки. Вміст колби ретельно перемішують і використовують для кількісного визначення хлорофілу за допомогою фотоелектроколориметра або спектрофотометра.

Концентрацію хлорофілу обчислюють за формулою:

$$B_{chl} = P_1 \cdot 0,000085 \cdot V \cdot O \cdot 100 / P_2 \cdot H \cdot (1 - 0,1 \cdot B),$$

де  $B_{chl}$  – вміст хлорофілу в сухій речовині, %;  $P_1$  – оптична щільність дослідного розчину;  $O$  – об'єм витяжки у колбі, мл;  $P_2$  – оптична щільність стандартного розчину;  $H$  – наважка рослинного зразка, г;  $B$  – вміст води в рослинному зразку, % (його розраховують паралельно з основним аналізом).

#### 10.4.4. Вміст у зерні сирої клейковини

Метод кількісного визначення сирої клейковини ґрунтується на властивості деяких білків зерна (проламінів і глютелінів) утворювати в'язку масу під час набухання з водою. Згусток промивають водою доти, доки відмиють його від крохмалю, клітковини та розчинних домішок, після чого гумоподібну клейковину віджимають і зважують.

Порядок проведення аналізу такий. Наважку зерна масою 30–50 г, відібрану із середнього зразка, очищають від домішок і пошкоджених зернівок досліджуваної культури. Потім наважку подрібнюють на лабораторному млинку до такого стану, щоб залишок розмеленого зерна не перевищував 2 % після просіювання крізь сито з діаметром отворів 0,5 мм. Розмелене зерно перемішують і від нього на хімічних терезах беруть наважку 25 г, переносять у фарфорову ступку, доливають 14 мл водопровідної води, замішують скляною паличкою чи шпателем тісто до однорідної маси. Часточки, які прилипли до шпателя, зчищають ножем і приєднують до тіста, з якого руками роблять балабушку, кладуть у чашку, накривають склом і залишають на 30 хв.

Далі тісто обережно переминають пальцями під струменем водопровідної води, відмиваючи крохмаль і оболонки. Робити це треба над решетом, щоб запобігти можливим втратам клейковини. Коли більша частина крохмалю буде відмита і клейковина, спочатку м'яка і рвучка, стане в'язкою, переминати та промивати починають енергійніше. Це роблять доти, доки відмиватимуться оболонки, а вода, що стікає під час віджимання, стане зовсім прозорою. Час закінчення відмивання встановлюють за допомогою розчину йоду, який з крохмалем дає синє забарвлення. Відмиту клейковину віджимають між долонями, витираючи їх час від часу сухим рушником. При цьо-

му клейковину декілька раз вивертають і знову віджимають, поки вона не почне злегка прилипати до рук.

Білковий згусток переносять у протарений бюкс і зважують. Після першого зважування клейковину ще промивають 5–7 хв, потім знову зважують. Якщо різниця між двома зважуваннями не перевищує 0,1 г, відмивання припиняють.

Вміст сирої клейковини розраховують за формулою:

$$K = m_k \cdot 100 / m,$$

де  $K$  – вміст сирої клейковини, %;  $m_k$  – маса сирої клейковини, г;  $m$  – маса наважки, взята для відмивання, г; 100 – коефіцієнт для перерахунку у відсотки.

Крім сирої, інколи визначають вміст сухої клейковини. Для цього бюкс із сирою клейковиною переносять у сушильну шафу, де просушують за тем ператури 100–105 °С впродовж 20 год.

Висушивши та охолодивши бюкс із клейковиною в ексікаторі, визначають її масу. Підставивши у формулу замість сирої масу сухої клейковини, розраховують її вміст у відсотках. Визначення вмісту сухої клейковини дає приблизне уявлення про вміст білка. Як правило, його на 1–3 % більше, ніж сухої клейковини.

#### 10.4.5. Розрахунок цукристості коренеплодів

Для визначення цукристості коренеплодів відбирають пробу із 40-ка очищених від землі коренеплодів. За допомогою спеціального свердла з кожного коренеплоду відбирають подрібнену пробу. З неї на папір розміром 5 × 5 см беруть дві наважки масою по 13 г. Кожну наважку змивають у стаканчики дистильованою водою з автоматичної піпетки. Вміст кожного стаканчика добре перемішують упродовж 30 хв скляною паличкою.

Потім у кожний стаканчик опускають електрод кондуктометра та за шкалою приладу знімають показники електропровідності розчину, які є вихідними для визначення вмісту кондуктометричної золи за формулою:

$$K_z = C \cdot E \cdot 657,$$

де  $K_z$  – вміст кондуктометричної золи в коренеплодах, %;  $C$  – константа вимірюваної комірки приладу;  $E$  – електропровідність розчину в сименсах без електропровідності води; 657 – емпіричний коефіцієнт перерахунку.

Електропровідність вимірюють за температури суміші 20 °С. У разі, якщо температура відхиляється від потрібної, вміст золи корегують згідно з табл. 35. Якщо температура нижча від 20 °С, поправку додають, а якщо вища – віднімають.

Для визначення цукристості в стаканчик, у якому визначали вміст золи, наливають 1 мл розчину свинцевого оцту, ретельно перемішують скляною паличкою та дають відстоятись 4–5 хв для освітлення. Після цього вміст стаканчика фільтрують у суху чисту посудину та поляризують у трубці завдовжки 40 см. За допомогою цукрометра фіксують вміст цукру в коренеплодах у відсотках.

На підставі показників вмісту кондуктометричної золи та цукру в коренеплодах розраховують втрати цукру з мелясою, вихід цукру, вихід меляси та МБ-фактор.

Таблиця 35

**Поправка на температуру для обчислення вмісту розчинної золи за електропровідністю [6, 7]**

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	0,007	0,008	0,009	0,010	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

Втрати цукру з мелясою визначають за формулою:

$$ПМ = 3,76 \cdot КЗ,$$

де ПМ – втрати цукру з мелясою, % від маси коренеплодів; 3,76 – перевідний коефіцієнт (константа); КЗ – вміст кондуктометричної золи, %.

Вихід цукру розраховують за формулою:

$$В_{ц} = Д - 0,9 - ПМ,$$

де  $V_{ц}$  – вихід цукру, % маси коренеплодів; Д – вміст цукру в коренеплодах, %; 0,9 – середньостатистичні втрати цукру на виробництві, %.

Вихід меляси (М) у відсотках 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, обчислюють за формулою:

$$МБ = М / В_{ц}.$$

#### 10.4.6. Визначення вмісту крохмалю в рослинах

Крохмаль – це основний запасний полісахарид, який міститься в більшості рослин у вигляді зерен діаметром від 0,002 до 15 мм. Він міститься в зелених листках (0,3–2,0 %), частково використовується на побудову нових клітин і тканин, проте основна його маса відкладається в ендоспермі злакових (50–80 %) і бульбах картоплі (11–30 %).

Крохмаль має широке застосування. Це основний продукт харчування людини, корм для тварин і технічна сировина. Вміст крохмалю в рослинах залежить від умов вирощування та удобрення.

Визначення вмісту крохмалю в рослинах проводять ваговим і поляриметричними методами. Поляриметричний метод визначення крохмалю за Еверсом ґрунтується на його гідролізі – перетворенні в глюкозу з подальшим визначенням на поляриметрі. На крохмалепатокових заводах під час прийому картоплі найчастіше застосовують метод визначення крохмалю в бульбах за їхньою питомою вагою, який досить простий, хоча не зовсім точний.

Між питомою вагою та вмістом крохмалю в картоплі знайдено певну залежність, яку визначають за допомогою терез Реймана. Ці



терези мають короткі плечі, до одного з яких підвішено два (один під одним) металеві кошики, а до другого – чашка для гир. Терези закріплюють на бочці, наповненій водою. Нижній кошик опускають у воду і терези врівноважуються пересуванням вантажу по плечу.

У верхній кошик кладуть відмиті від землі сухі бульби картоплі і відважують 5 кг. Відважену картоплю з верхнього кошика висипають у нижній (занурений у воду) і зважують ще раз. Картопля втрачає у своїй масі стільки, скільки важить витіснена нею вода. Якщо позначити через  $m$  масу картоплі у воді, то питома вага становитиме  $5/(5 - m)$ .

За отриманими показниками питомої ваги за допомогою табл. 36 знаходять вміст сухої речовини та крохмалю в картоплі. Вміст крохмалю та сухої речовини в картоплі можна також визначати за масою бульб картоплі під водою (див. табл. 36). Вода, в яку занурюється картопля, мусить бути чистою та мати температуру 17–18 °С.

Щоб установити фактичний вміст крохмалю, який є в картоплі, необхідно з крохмального числа відрахувати вміст цукру, який дорівнює приблизно 1,5 %. Ще простіше визначити вміст крохмалю за питомою масою посуди.

Таблиця 36

**Визначення крохмального числа за питомою вагою (I)  
та вмісту крохмалю за масою 5 кг картоплі під водою (II)**

I			II		
Питома вага	Суха речовина, %	Крохмальне число	Маса 5 кг картоплі під водою, г	Суха речовина, %	Вміст крохмалю, %
1	2	3	4	5	6
1,0606	15,500	9,700	290	15,75	9,5
1,0616	15,748	9,996	295	16,00	9,7
1,0627	15,948	10,232	300	16,25	10,0
1,0638	16,219	10,468	305	16,50	10,2
1,0650	16,476	10,724	310	16,75	10,5
1,0661	16,711	10,959	315	17,00	10,7
1,0672	16,947	11,195	320	17,25	10,9
1,0684	17,204	11,452	325	17,50	11,1
1,0695	17,439	11,687	330	17,75	11,4
1,0707	17,696	11,944	335	18,00	11,6

Продовження табл. 36

1	2	3	4	5	6
1,0718	17,931	12,179	340	18,25	11,9
1,0730	18,188	12,436	345	18,50	12,0
1,0741	18,423	12,671	350	18,75	12,2
1,0753	18,680	12,928	355	19,00	12,5
1,0764	18,916	13,164	360	19,25	12,7
1,0776	19,172	13,420	365	19,50	13,0
1,0778	19,408	13,656	370	19,75	13,3
1,0799	19,665	13,913	375	20,00	13,5
1,0811	19,921	14,169	380	20,25	13,7
1,0822	20,157	14,405	385	20,50	14,0
1,0834	20,614	14,662	390	20,75	14,2
1,0846	20,670	14,918	395	21,00	14,4
1,0858	20,927	15,175	400	21,25	14,6
1,0870	21,184	15,432	405	21,50	14,9
1,0881	21,419	15,667	410	21,75	15,2
1,0893	21,676	15,924	415	22,00	15,4
1,0905	21,933	16,181	420	22,25	15,7
1,0917	22,190	16,438	425	22,50	15,9
1,0929	22,447	16,605	430	22,75	16,2
1,0941	22,703	16,951	435	23,00	16,4
1,0953	22,960	17,208	440	23,25	16,7
1,0965	23,217	17,465	445	23,50	16,9
1,0977	23,474	17,722	450	23,75	17,1
1,0989	23,731	17,979	455	24,00	17,3
1,1001	23,987	18,235	460	24,25	17,6
1,1013	24,244	18,492	465	24,50	17,8
1,1025	24,501	18,746	470	24,75	18,1
1,1038	24,779	19,027	475	25,00	18,4
1,105	25,036	19,284	480	25,25	18,6
1,1062	25,293	19,541	485	25,50	18,9
1,1074	25,549	19,797	490	25,75	19,2
1,1084	25,806	20,054	495	26,00	19,3

#### 10.4.7. Визначення вмісту олії у рослинницькій продукції

Вміст олії у насінні визначають методом знежиреного залишку, суть якого полягає в екстрагуванні олії органічними розчинниками, серед яких найчастіше використовують етиловий ефір.

Послідовність проведення аналізу така. Для аналізу з фільтрувального паперу виготовляють пакет, висушують його за температури 100–105 °С і зважують. Потім у пакет кладуть 1–2 г подрібненої маси, яку висушують впродовж 2–3 год за температури 100–105 °С. Після цього пакет охолоджують і знову зважують. Далі його вміщують у ексікатор апарата Сокслета, а в колбу цього пристрою вище від рівня сифона наливають ефір. Колбу з ефіром сполучають ексікатором за допомогою охолоджувача, через який пропускають холодну воду. Колбу з ефіром нагрівають на водяній бані так, щоб упродовж однієї години ексікатор наповнювався та звільнявся шість-вісім разів.

Після закінчення екстрагування пакет виймають з ексікатора, висушують у вітряній шафі, а потім у сушильній за температури 100–105 °С до постійної маси.

Після охолодження пакет зважують, а вміст олії обчислюють за формулою:

$$X = (m_n - m_{n1}) \cdot 100 / (m_n - m),$$

де  $X$  – вміст олії, %;  $m_n$  – маса пакета з пробєю до екстрагування, г;  $m_{n1}$  – маса пакета з пробєю після екстрагування, г;  $m$  – маса пакета без проби, г.

## 11. Дослідження ерозії ґрунту

Руйнування ґрунту внаслідок ерозії виявляється в різних формах: змиві, розмиві, видуванні, перенесенні ґрунтових часток, утворенні промоїн, пилових бур та ін. Ці явища поширені на значних площах у всьому світі. Водної ерозії зазнає 31, а вітрової – 34 % суші.

В Україні понад 15 млн га земель є еродованими, і ерозія продовжує наступати далі на кожний п'ятий гектар з тих, які поки що не зазнали її. Проте втрати гумусу на цих землях вже досягли 25–35 %.

Термін «ерозія ґрунтів» донедавна використовували в широкому розумінні як будь-яке руйнування (деструкція) і знесення верхньої частини ґрунту, незалежно від того, чим воно спричинюється – водою, вітром чи іншими чинниками.

У вузькому розумінні водна ерозія – це змивання і розмивання ґрунту поверхневим тимчасовим водним стоком. Крім водної ерозії, існують ще такі види деструкції ґрунтів, як дефляція, суфозія, карст, абразія, фізичне, технічне руйнування тощо.

*Дефляція* (вітрова ерозія) – це руйнування ґрунту і перенесення дрібнозему вітром. Максимальний прояв дефляції спостерігається під час ураганних вітрів, коли в повітря підіймається велика кількість пиловатих частинок. Дефляція займає друге місце після водної ерозії щодо негативного впливу на ґрунтовий покрив і призводить до зниження родючості ґрунтів на великих територіях. У зв'язку з цим дефляцію вивчають як один з видів ерозії.

Шкода, якої завдає вітрова ерозія сільському господарству нашої країни, виявляється переважно у видуванні, посіченні та засипанні посівів озимих культур, а також у вилученні з поверхневого шару частини ґрунтового матеріалу, що призводить до значних втрат гумусу і поживних речовин, а в кінцевому підсумку – до зниження родючості ґрунтів.

Об'єктами досліджень у дослідах з вивчення протиерозійних заходів можуть бути обробіток ґрунту, структура посівних площ у сівоозміні, смугове розміщення посівів, лісосмуги тощо.

### 11.1. Водна ерозія

На більшій частині території країни (понад 12 млн га) переважає водна ерозія ґрунтів, яка виявляється як у разі танення снігу, так і під час злив. Унаслідок змивання водою безповоротно втрачаються з полів найродючіші ґрунти, а велика кількість елементів живлення рослин вимивається в річки та моря.

Ерозійну дію дощових крапель різної інтенсивності визначають за допомогою модельного досліду з використанням чашок Елісона. Вони являють собою металеві циліндри діаметром 77 мм і висотою 50 мм. До їхньої нижньої частини прикріплюють тонку і густу металеву сітку. На цю сітку тонким шаром накладають вату, після чого циліндри

заповнюють абсолютно сухим піском і зважують. Потім чашки з піском устанавлюють на піддон з тонким шаром води для забезпечення постійного зволоження 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 їхню інтенсивність.

Після припинення дощу чашки Елісона вміщують у сушильну шафу, висушують за температури 100–105 °С і зважують. Різниця між масами чашок до та після дощу показує масу піску, який був вимитий за межі чашок унаслідок впливу 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 польових і модельних 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). За потреби лотки з однаковим субстратом устанавлюють під різним кутом нахилу. Для підтримання постійної зволоженості ґрунту через отвір у дні лотка надходить з резервуара, у якому підтримується її постійний рівень.

Змитий під час дощу ґрунт разом з водою, що стікає з поверхні ґрунтового середовища в лотку, надходить в резервуар, розміщений дещо нижче від лотка. Після відстоювання визначають масу води та ґрунту в абсолютно сухому стані. Інтенсивність стікання води чи змив ґрунту визначають у грамах на 1 м<sup>2</sup>, а потім перераховують у тонни на 1 га.

Змив ґрунту й інтенсивність стікання води з поверхні поля в польових дослідах 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 встанавлюють лотки, за допомогою яких всю воду і змитий ґрунт збирають у ємкість. Через деякий час, після відстоювання, воду для обліку обережно

зливають з ємкості в мірні посудини, а осад ґрунту висушують до абсолютно сухого стану і зважують.

Змив ґрунту ( $M$ , т/га) розраховують за формулою:

$$M = M_n \cdot 10000 / S,$$

де  $M_n$  – маса змитого ґрунту зі стокової площадки, перерахована в тонни;  $S$  – площа стокової ділянки, м<sup>2</sup>; 10000 – площа 1 га в 1 м<sup>2</sup>.

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 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 розраховують за формулою:

$$M = O \cdot M_1 / O_1,$$

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.

Для визначення інтенсивності змиву ґрунту з верхньої частини схилу та намивання в нижній його частині застосовують *метод 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» встанавлюють 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 кожної з них. Висоту змитого чи намитого ґрунту у «міліметрах» множать на гектарну площу в «метрах квадратних» і отримують об'єм змитого (намитого) ґрунту в «метрах кубічних на 1 га». Для визначення змиву ґрунту в «тонах на 1 га», об'єм змитого ґрунту множать на об'ємну масу верхнього шару ґрунту.

Для точного визначення інтенсивності водної ерозії цим методом на одному рівні схилу залежно від ширини ділянок розміщують 5–10 шпильок.

### 11.2. Вітрова ерозія

Існують різні методики обліку знесеного вітром ґрунту. Частинок ґрунту, які переміщуються по поверхні поля під впливом вітру, вловлюють уловлювачами різної модифікації, а пилюваті фракції, які переміщуються в приземному шарі, вловлюють різними пиловловлювачами.

Найпростіший за конструкцією уловлювач-кювет. Він являє собою довгий ящик, який закопується у ґрунт так, щоб його краї розміщувалися на рівні поверхні поля. Довгою стороною уловлювач розташовується поперек напрямку панівних вітрів. За такого розміщення частки ґрунту, які переміщуються за дії вітрів, потрапляють до уловлювача та осідають на дні ящика. Після припинення вітру або зі зміною його напрямку ґрунт вибирають з уловлювача та зважують.

Масу знесеного ґрунту розраховують за формулою:

$$M_r = m \cdot 10000 / P \cdot 1000 = m \cdot 10 / P,$$

де  $M_r$  – маса знесеного ґрунту, т/га;  $m$  – маса ґрунту в уловлювачі, кг;  $P$  – площа поперечного розрізу уловлювача, м<sup>2</sup>; 10000 – коефіцієнт для перерахунку маси знесеного ґрунту на 1 га; 1000 – перевідний коефіцієнт кілограмів у тонни.

Менш точний, але легший у проведенні *стрижневий метод* обліку знесених вітром ґрунтових часток. Відповідно до цього методу на обліковій ділянці в 10-ти або більше повтореннях у ґрунт встромлюють тонкі стрижні з міліметровими позначками у верхніх частинах. Фарбою або ніпельною гумою на стрижні фіксують рівень поверхні ґрунту (наскільки він заглиблений у ґрунт). Після закінчення спостережень за ерозією ґрунту на стрижнях визначають товщину знесеного (якщо фіксований рівень заглиблення стрижня відкрився) чи нанесеного (якщо фіксованої позначки не видно) ґрунту [6, 7].

### Контрольні запитання

1. Як визначити кількість опадів і їхню інтенсивність?
2. Наведіть методику визначення глибини промерзання ґрунту.
3. Що розуміють під структурністю ґрунту?

4. Як розрахувати витрати вологи за вегетаційний період?
5. Якими методами можна визначити вміст гумусу в ґрунті?
6. Які методи застосовуються для обліку шкідників і хвороб?
7. Які виділяють методи обліку забур'яненості посівів? Надайте їхню характеристику.
8. Охарактеризуйте методику проведення фенологічних спостережень зернових, бобових і технічних культур.
9. За яким принципом визначають початок певної фенологічної фази та її повне настання?
10. Назвіть найбільш поширені методи оцінки перезимівлі зернових хлібів. Що означає поняття «зимостійкість», «холодостійкість» і «морозостійкість»?
11. Як визначити ступінь вилягання посівів?
12. Як правильно розрахувати густоту посівів і глибину загортання насіння? Наведіть приклади.
13. Які методики визначення площі листя ви знаєте? На конкретних прикладах розкрийте механізм визначення площі пшениці, кукурудзи, сої.
14. Охарактеризуйте методологічні підходи визначення чистої продуктивності фотосинтезу та фотосинтетичного потенціалу посівів.
15. Як провести облік урожаю зернових, бобових, технічних культур?
16. Що може бути підставою для виключки частини або всієї ділянки?
17. З чого складається структура урожайності зернових культур? Назвіть послідовність дій під час проведення аналізу структури врожаю пшениці, проса.
18. Назвіть послідовність дій під час проведення аналізу структури врожаю пшениці, кукурудзи, картоплі.
19. Охарактеризуйте методику визначення маси 1000 насінин, натури зерна, схожості насіння.
20. На конкретному прикладі покажіть, як визначити склоподібність зерна?
21. Як розраховується вміст клейковини в зерні?
22. Охарактеризуйте методику визначення вмісту олії у насінні.
23. Надайте характеристику методики визначення вітрової та водної ерозії ґрунту.

## Алфавітний покажчик

Абдукція . . . . .	23	Дослід вегетаційний . . . . .	30	Ерозія вітрова . . . . .	279	Методи наукових досліджень загальнологічні . . . . .	26
Агрофон . . . . .	147	Дослід виробничий . . . . .	47	Ерозія водна . . . . .	277	Методи наукових досліджень спеціальні . . . . .	29
Аналіз . . . . .	20	Дослід географічний . . . . .	48	Ефект . . . . .	117	Метод контрастів . . . . .	76
Аналогія . . . . .	27	Дослід двофакторний . . . . .	47	Журнал дослід . . . . .	122	Метод лабораторний . . . . .	30
Будова ґрунту . . . . .	193	Дослід демонстраційний . . . . .	47	Забур'яненість посівів . . . . .	212	Метод лізіметричний . . . . .	31
Варіант . . . . .	59	Дослід дрібноділянковий . . . . .	45	Завдання дослід . . . . .	102	Метод монолітів . . . . .	238
Варіант дослідний . . . . .	59	Дослідження наукове . . . . .	14	Засміченість ґрунту . . . . .	214	Метод організованих повторень . . . . .	86
Варіант контрольний . . . . .	59	Досліди-проби . . . . .	46	Звіт науковий . . . . .	123	Метод повної рендомізації . . . . .	85
Варіант стандартний . . . . .	60	Дослід короткостроковий . . . . .	43	Зимостійкість рослин . . . . .	237	Метод польовий . . . . .	34
Види наукових досліджень . . . . .	18	Дослід крупноділянковий . . . . .	45	Зразок рослин . . . . .	255	Метод рендомізований (випадковий) . . . . .	84
Виключка . . . . .	247	Дослід лабораторний . . . . .	45	Індукція . . . . .	22	Метод розщеплених блоків . . . . .	95
Відділ науковий . . . . .	12	Дослід лабораторно-польовий . . . . .	45	Кислотність гідролітична . . . . .	210	Метод розщеплених ділянок . . . . .	94
Вміст гумусу . . . . .	207	Дослід лізіметричний . . . . .	47	Кислотність обмінна . . . . .	209	Метод систематичний . . . . .	82
Вміст нітратного азоту . . . . .	203	Дослід масовий . . . . .	48	Кількість варіантів . . . . .	59	Метод стандартний . . . . .	79
Вміст рухомих форм фосфору і калію . . . . .	206	Дослідна ділянка . . . . .	62	Кількість опадів . . . . .	182	Моделювання . . . . .	28
Внесення добрив . . . . .	148	Дослід надтривалий стаціонарний . . . . .	44	Контроль абсолютний . . . . .	40	Моделювання знакове . . . . .	28
Водопроникність ґрунту . . . . .	199	Дослідна справа . . . . .	8	Крива відгуку . . . . .	104	Моделювання математичне . . . . .	29
Вологість ґрунту . . . . .	196	Дослідна станція . . . . .	11	Крок експерименту . . . . .	105	Морозостійкість рослин . . . . .	238
Вологість повітря . . . . .	188	Дослідне поле . . . . .	12	Лабораторія наукова . . . . .	10	Напрямок ділянок . . . . .	70
Гербициди . . . . .	212	Дослід однофакторний . . . . .	47	Латинський квадрат . . . . .	90	Наукове пізнання . . . . .	15
Гігроскопічна волога . . . . .	198	Дослід польовий . . . . .	6	Латинський куб . . . . .	93	Неповні факторіальні схеми . . . . .	108
Гіпотеза . . . . .	26	Дослід поодинокий . . . . .	48	Листковий індекс . . . . .	246	Обліки . . . . .	26
Глибина загортання насіння . . . . .	243	Дослід рекогносцирувальний . . . . .	45	Лізіметр . . . . .	31	Обліки біометричних показників . . . . .	241
Глибина промерзання ґрунту . . . . .	191	Дослід розвідувальний . . . . .	43	Максимальна гігроскопічність ґрунту . . . . .	197	Обліки гербологічні . . . . .	212
Градація чинника . . . . .	105	Дослід тривалий стаціонарний . . . . .	44	Маса ґрунту об'ємна . . . . .	192	Обліки дрібні . . . . .	57
Густота посівів . . . . .	241	Дощомір ґрунтовий . . . . .	183	Матриця планування . . . . .	107	Обліки ентомологічні . . . . .	217
Дактиль-метод . . . . .	79	Екер . . . . .	115	Мета дослідження . . . . .	102	Обліки фітопатологічні . . . . .	217
Дедукція . . . . .	22	Експеримент . . . . .	23	Метеорологія . . . . .	181	Облік урожаю . . . . .	247
Динаміка росту рослин . . . . .	244	Експеримент кількісний . . . . .	24	Метод . . . . .	19	Обробіток ґрунту . . . . .	139
Документація . . . . .	122	Експеримент комплексний (змішаний) . . . . .	25	Метод вегетаційний . . . . .	30	Обсяг вибірки . . . . .	110
Документація первинна . . . . .	122	Експеримент перевірочний . . . . .	25	Метод вегетаційно-польовий . . . . .	33	Опадомір . . . . .	152
Дослід агротехнічний . . . . .	43	Експеримент якісний . . . . .	24	Метод експедиційний (виїзний) . . . . .	35	Опис . . . . .	25
Дослід багаторічний . . . . .	44	Еродованість ґрунту . . . . .	277	Методи досліджень загальнонаукові . . . . .	20	Організоване повторення . . . . .	64
Дослід багатофакторний . . . . .	47			Методи комбінаційні . . . . .	97	Парний метод . . . . .	80
				Методи наукових досліджень . . . . .	20	Площа листкового апарату . . . . .	245
				Методи наукових досліджень агрономічні . . . . .	29	Повторення . . . . .	64

Повторність . . . . .	62	Спостереження . . . . .	25
Показники агрохімічні . . . . .	147	Спостереження метеорологічні . . . . .	181
Помилка випадкова . . . . .	51	Спостереження опосередковані . . . . .	25
Помилка груба . . . . .	50	Статистичний аналіз . . . . .	42
Помилка досліду . . . . .	50	Структура ґрунту . . . . .	195
Помилка систематична . . . . .	51	Судження . . . . .	18
Посів вирівнювальний . . . . .	56	Сума увібраних основ . . . . .	208
Посів розвідувальний . . . . .	212	Схема досліду . . . . .	61
Посухостійкість рослин . . . . .	239	Температура ґрунту . . . . .	189
Правило доцільності . . . . .	38	Температура повітря . . . . .	184
Придатність умов для проведення досліду . . . . .	39	Теорія . . . . .	17
Принцип єдиної логічної різниці . . . . .	37	Типовість ділянки . . . . .	52
Принцип факторіальності . . . . .	106	Типовість досліду . . . . .	36
Продуктивність фотосинтезу чиста . . . . .	246	Точний порівняльний дослід . . . . .	46
Пункт опорний . . . . .	12	Троянський квадрат . . . . .	93
Рендомізація повна . . . . .	85	Узагальнення . . . . .	29
Рівень наукових досліджень . . . . .	15	Умовивід . . . . .	18
Рівень наукових досліджень емпіричний . . . . .	15	Фактор досліду . . . . .	59
Рівень наукових досліджень описово-узагальнюючий . . . . .	17	Фенологічні спостереження . . . . .	230
Рівень наукових досліджень теоретичний . . . . .	15	Форма ділянки . . . . .	69
Розмір посівних ділянок . . . . .	66	Форми наукового пізнання . . . . .	17
Синтез . . . . .	21	Фотосинтетичний потенціал посіву . . . . .	246
Смуга захисна . . . . .	71	Фундаментальне дослідження . . . . .	18
Сорговипробування . . . . .	48	Холодостійкість рослин . . . . .	238
Сорговипробування державне . . . . .	48	Частота контролів . . . . .	60
Сорговипробування конкурсне . . . . .	49	Щоденник науковця . . . . .	122
Сорговипробування станційне . . . . .	48	Явище адитивізму . . . . .	105
		Явище антагонізму . . . . .	105
		Явище синергізму . . . . .	105
		Ямб-метод . . . . .	79

## Список рекомендованої літератури

1. 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.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Кирюшин Б. Д. Основы научных исследований в агрономии / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. – М.: Колос, 2009. – 398 с.
4. Лісовал А. П. Методи агрохімічних досліджень. – К.: НАУ, 2001. – 247 с.
5. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посібник / В. Г. Дідора, О. Ф. Смаглій, Е. Р. Ермантраут [та ін.]. – К.: Центр навч. л-ри, 2013. – 264 с.
6. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко, П. В. Костогриз; за ред. В. О. Єщенка. – К.: Дія, 2005. – 288 с.
7. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, П. В. Костогриз, В. П. Опришко; за ред. В. О. Єщенка. – Вид. 2-ге, випр. і доп. – Вінниця: ПП «ТД “Едельвейс і К”», 2014. – 332 с.
8. Тимошенко І. І. Основи наукових досліджень в агрономії / І. І. Тимошенко, З. М. Майшук, Г. О. Косилович. – Львів: ЛДАУ, 2004. – 111 с.

# Додаток

Таблиця випадкових чисел  
(за Б. О. Доспеховим, 1985)

	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	26	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	64	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	52	42	01
13	83	45	29	96	34	06	28	89	90	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	74	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	63	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	48	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

Навчальне видання

**Рожков Артур Олександрович**  
**Пузік Володимир Кузьмич**  
**Каленська Світлана Михайлівна**  
**Пузік Людмила Михайлівна**  
**Попов Сергій Іванович**  
**Музафаров Наїль Мініярович**  
**Бухало Василь Якович**  
**Криштоп Євген Анатолійович**

## ДОСЛІДНА СПРАВА В АГРОНОМІЇ

Книга перша:  
**Теоретичні аспекти дослідної справи**

Навчальний посібник

Редактори: *А. М. Чорна, О. В. Васильєва*  
Технічні редактори: *О. В. Васильєва, Є. В. Онишко*  
Коректори: *І. О. Бутильська, М. А. Захарченко*  
Комп'ютерний набір і верстка: *А. О. Рожков*

Підп. до друку 20.01.2016. Формат 60×84/16.  
Папір офсетний. Гарнітура Таймс. Друк офсетний.  
Ум.-друк. арк. 17,5. Обл.-вид. арк. 20,2.  
Наклад 300 прим. Зам. № 15-12

Видання і друк ТОВ «Майдан»  
61002, Харків, вул. Чернишевська, 59  
Тел.: (0572) 700-37-30

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців і розповсюджувачів  
видавничої продукції ДК №1002 від 31.07.2002 р.