

МЕТОДИКА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В АГРОНОМІЇ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

*Рекомендовано
Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України
для студентів вищих навчальних закладів*

*«Видавництво
«Центр учбової літератури»
Київ – 2013*

УДК 001.8:631/635(075.8)
ББК 72+4я73
М 54

*Гриф надано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України
(Лист № 1/11-5752 від 26.04.2012 р.)*

Рецензенти:

Іващенко О.О. – доктор сільськогосподарських наук., член-кореспондент УААН, професор (Інститут цукрових буряків УААН);
Ковальов В.Б. – доктор сільськогосподарських наук., професор завідувач відділом біотехнології і розсадництва хмелю (Інститут сільського господарства Полісся УААН).

Автори: Дідора В.Г., Смаглій О.Ф., Ермантраут Е.Р., Гудзь В.П.,
Мойсеєнко В.В., Манько Ю.П., Трофименко П.І., Саюк О.А.,
Деребон І.Ю., Храпійчук П.П.

Методика наукових досліджень в агрономії [текст]: навч. посіб. /В.Г. Ді-
М 54 дора, О.Ф. Смаглій, Ермантраут Е.Р. [та ін.]–К.: «Центр учбової літе-
ратури», 2013. – 264с.

ISBN 978-617-673-195-5

Викладені сучасні методи загальнонаукових і спеціальних методів досліджень в агрономії, теоретичні основи планування експерименту і основні методи статистичного аналізу з використанням прикладної комп'ютерної програми, що застосовуються для оцінки та інтерпретації результатів польових, вегетаційних і лабораторних дослідів, що притаманні агрономічному експерименту.

У навчальному посібнику вперше наведені особливості досліджень основних сільськогосподарських культур: зернових та зернобобових, буряків цукрових, картоплі, льону-довгунця, сумісних посівів та подана енергетична оцінка технології вирощування сільськогосподарських культур.

В додатках наведений допоміжний матеріал стосовно розрахунків ведення польових досліджень.

Навчальний посібник відповідає програмі курсу «Методика наукових досліджень в рослинництві».

Розрахований на студентів вищих аграрних закладів освіти III - IV рівнів акредитації за напрямками: 6.090101 «Агрономія»; 6.090105 «Захист рослин»; 7.130104 спеціаліст «Захист рослин»; ОКР 7.130102 спеціальності «Агрономія»; ОКР 8.130102 магістр з «Агрономії» та аспірантів.

УДК 001.8:631/635(075.8)
ББК 72+4я73

ISBN 978-617-673-195-5

© Дідора В.Г., Смаглій О.Ф., Ермантраут Е.Р.,
Гудзь В.П., Мойсеєнко В.В., Манько Ю.П.,
Трофименко П.І., Саюк О.А., Деребон І.Ю.,
Храпійчук П.П., 2013
«Центр учбової літератури», 2013.

ЗМІСТ

Історична довідка	5
1. Основні терміни методики наукових досліджень	12
1.1 Основні символи, що використовуються в методиці	13
2. Методи наукових досліджень	15
2.1 Класифікація методів досліджень	15
2.2 Спеціальні методи досліджень	21
2.3 Системний підхід до вирішення завдань науки	28
3. Елементи методики і їх вплив на точність польового дослідження	29
3.1 Кількість варіантів	29
3.2 Дослідна ділянка	30
3.3 Норма ділянки та її орієнтація на місцевості	33
3.4 Повторність і повторення у досліді	33
3.5 Методи розміщення варіантів та повторень на площі	36
4. Класифікація польових дослідів	40
4.1 Загальна класифікація польових дослідів	40
4.2 Класифікація дослідів за вирішенням конкретних завдань	43
4.3 Вимоги до польового дослідження	45
5. Планування наукових досліджень	56
5.1 Програма досліджень	56
5.2 Етапи досліджень	57
6. Особливості досліджень зернобобових культур	62
7. Особливості досліджень з буряків цукрових	73
8. Особливості дослідження льону-довгунця	87

9. Особливості досліджень картоплі	10
10. Особливості досліджень сумісних посівів сільськогосподарських культур	130
11. Діагностування кислотного стану та поживного режиму ґрунтів	137
12. Енергетична оцінка вирощування сільськогосподарських культур	148
13. Статистичний аналіз результатів досліджень	160
13.1 Описова статистика	161
13.2 Дисперсійний аналіз	167
13.3 Кореляція і регресія	177
14. Множинний лінійний регресійний аналіз	183
15. Нелінійний регресійний аналіз	190
16. Кластерний аналіз	193
17. Метод статистичного оцінювання адекватності емпіричних показників у дослідженнях з агрономії	199
Додатки	203
Список рекомендованої літератури	204

ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ

Рослини першого року життя

Спостереження за ростом і розвитком рослин та облік урожаю, є найбільш важливими елементами експерименту.

У цукрових буряків першого року життя виділяють наступні періоди та фази росту і розвитку:

I. Формування асиміляційного апарату та кореневої системи:

- 1.1. проростання;
- 1.2. вилочка;
- 1.3. 1-а пара листків;
- 1.4. 3-3 пари листків.

II. Інтенсивний ріст надземної частини та коренеплоду:

- 2.1. 4-5 пари листків;
- 2.2. змикання листків у рядках;
- 2.3. змикання листків у міжряддях.

III. Інтенсивне накопичення цукру в коренеплодах:

- 3.1. технічна зрілість.

Від масових сходів до збирання врожаю є повний період вегетації рослин першого року життя. За кожним варіантом досліду встановлюється кількість днів за періодами росту й розвитку і повної вегетації. Спостереження за ростом і розвитком слід проводити однією особою до 10 годин ранку, стаючи спиною до сонця, а лицем до ділянки. Підрахунки рослин проводять на двометрових відрізках рядку у 2-4 місцях, що рівномірно розташовані на діагоналях ділянок.

Фазу поодиноких сходів відзначають в день появи на ділянці 10-15 % рослин; повних сходів (фаза вилочки) – 75 % рослин і чітко проглядаються рядки на ділянці.

Визначення густини сходів і розподіл рослин за довжиною рядка проводять на одних і тих же постійних ділянках. Вони виділяються під час сівби на кожній ділянці всіх повторень в трьох місцях, рівномірно розташованих по діагоналі поля. На кожній ділянці по ширині захвату сівалки через рядок виділяються двометрові відрізки; якщо на першій ділянці обліки проводяться на парних рядках, то на другій – на непарних і т.д. Інтервали між рослинами визначають у фази першої або другої пари справжніх листків.

Густина рослин на площі визначають на десятий день після формування густоти і перед чи під час збирання. В польових дослідах з пло-

щею ділянок до 100 м² і з висівом на кінцеву густину визначають суцільним підрахуванням рослин; на ділянках площею більше 100 м² густоту рослин обліковують на 3 відрізках рядка по 2 м, які рівномірно розташовані по діагоналі I і III повторень.

Появу першої пари справжніх листків відмічають у день, коли їх утворюють 75 % рослин (орієнтовно на 5-8 день після фази вилочки). Аналогічно встановлюють II і III пари. Перерахунок густоти стояння рослин розраховують виходячи з ширини міжрядь посіву буряків, яка у більшості випадків становить 45 см, звідси довжина посіву 1 га буряків цукрових:

$$10000 \text{ м}^2 \div 0,45 \text{ м} = 22222 \text{ м.п.}$$

Зімкнення листків у рядках відмічають у день, коли крайні листки сусідніх у рядках рослин починають змикатися. Зімкнення листків у міжряддях відмічають у день, коли крайні листки сусідніх рядів починають накладатися у 75 % рослин (зазвичай через 15-18 днів після змикання листків у рядках). У польовому досліді зімкнення листків у рядках і міжряддях визначається на двох погонних метрах рядка у 10 місцях, розташованих рівномірно по діагоналі ділянки в двох несуміжних повтореннях. Розмикання листків у міжряддях визначається, коли листки сусідніх рядків перестають стикатися у 75 % рослин.

В'янення листків відмічається, коли найбільш розвинені листки розетки в'януть не менше ніж у 25 % рослин. Спостереження за загальним в'яненням листків слід проводити щодня в найбільш жаркі години (між 14-16 годинами і перед заходом сонця).

В'янення листків характеризує рослини цукрових буряків за посухостійкістю і визначається за 5-бальною шкалою: 5 балів - в'янення відсутнє; 4 бали – в'янення слабе; 3 бали – в'янення середнє; 2 бали – сильне; 1 бал – дуже сильне. Загальне в'янення характеризується кількістю днів за вегетаційний період, протягом яких воно спостерігалось.

Облік динаміки маси рослин цукрових буряків полягає у визначенні маси коренеплоду й гички, вмісту цукру в пробах рослин. Як правило, ці обліки проводять подекадно, починаючи з липня місяця у чотирьох-шестикратній повторності на спеціальних майданчиках, що виділяються на кінцевих захватках. Площа майданчиків встановлюється залежно від кратності відбору проб.

Викопані рослини негайно очищають від землі і зважують з точністю до 0,1 кг. Повторно зважують коренеплоди без гички і за різницею зважувань встановлюють масу гички. До мішків з пробами коренеплодів прив'язують етикетки з вказівкою номерів ділянки і повторення. Другу таку етикетку кладуть на дно мішка. В лабораторії у пробі коренеплодів визначають цукристість.

Біометричні показники, що підлягають визначенню

1. Вегетаційний період – час від посіву до збирання.

2. Площа агрофітоценозу – сума площ живлення рослин, що ростуть на ділянці, плюс земельна площа, що не покрита листками рослин:

$$S = \Sigma S_{\text{живлення}} + S_{\text{вільна}}, \text{ м}^2/\text{га}.$$

3. Площа живлення рослин ($S_{\text{живлення}}$) є наперед визначеною, використовується для живлення рослин світлом і мінеральними елементами. Вона визначається як площа проекції листків рослин на ґрунт. У зімкнутих фітоценозах вона визначається шляхом ділення площі ділянки на кількість рослин, що на ній росте. Площу живлення рослин поділяють на максимальну, мінімальну й оптимальну.

4. Зона повітряного живлення рослин є об'єм повітря, що займає рослина:

$$V_{\text{повітря}} = S \cdot h, \text{ дм}^3,$$

де S – площа живлення окремої рослини,

h – висота рослини.

5. Зоною кореневого живлення рослин є об'єм ґрунту, з якого рослина живиться мінеральними елементами:

$$V_{\text{коренів}} = S \cdot h_{\text{коренів}}, \text{ дм}^3,$$

де S – площа живлення окремої рослини,

h – глибина розповсюдження кореневої системи.

6. Фотоперіод – проміжок часу освітлення листків рослин.

7. Тривалість життя листка інтервал від початку утворення листка до його пожовтіння і відмирання.

8. Площа листової пластівки є добуток довжини до найбільшої її ширину і відповідного коефіцієнту:

$$S_{\text{листків}} = l n k, \text{ см}^2,$$

где l – довжина листка, см;

n – ширина листка, см;

$k = 0,75$.

Листкова поверхня рослини є сума площ усіх функціонуючих зелених листків.

Площу листків цукрових буряків можна визначати ваговим методом – метод висічок. Для цього з варіанту відбирають проби з 15 рослин, очищають від землі, сухої гички і зважують. Від коренеплодів зрізують гичку так, щоб листки з рослин не розпадалися. Зважують і підраховують коренеплоди. Загальну масу листків визначають за різницею між масою рослин і масою коренеплодів. Для відбору висічок з кожної рослини відбирають два середніх за розмірами листка. З середньої їх час-

тини з обох боків від центральної жилки беруть висічки пробником з відомим діаметром, закладають їх у наперед висушені й зважені бюкси. В лабораторії бюкси з висічками зважують і висушують до постійної маси у сушильній шафі з температурою 105 °С.

Усі листкові пластівки проби відокремлюють від черешків та центральних жилок і зважують з точністю до 10 г; за різницею між загальною масою листків и масою листкових пластинок визначають масу черешків. З листкових пластинок і черешків відбирають середню пробу для визначення сухої речовини.

Площу листків розраховуємо за формулою:

$$X = \frac{K \cdot A \cdot B}{C},$$

де X – площа листків, см²;

K – кількість висічок у пробі, шт.;

A – площа висічок, см²,

її визначають за формулою: $S = 2\pi r^2$;

де $\pi = 3,14$; r – радіус пробника;

B – маса листкових пластинок проби, г;

C – сира маса висічок, г.

9. Асиміляційна поверхня рослин (A_p) складається з площі листків (A_l) і інших зелених фотосинтезуючих органів – листкових пластинок і черешків (A_c).

$$A_p = A_l + A_c \text{ дм}^2$$

10. Асиміляційна поверхня фітоценозу є сума асимілюючої поверхні усіх рослин або добуток кількості рослин на середню асиміляційну поверхню рослин:

$$A_n = \Sigma A_p = n A_p, \text{ м}^2$$

де A_p – середня асиміляційна поверхня однієї рослини;

n – кількість рослин.

11. Фітомаса (біомаса, сира маса, F_m) є фізіологічно активна маса рослин, що містить 70-90% води. Чисельно вона є сумою мас сухої речовини (m) зв'язаної і вільної води (m_w).

$$F_m = m + m_w$$

Вміст води в фітомасі залежить від добових, онтогенетичних і погодних змін.

12. Повітряна суха маса зібраних рослин або їх частин є висушена до стандартної вологості – 14%. Суху фітомасу, масу сухої речовини і абсолютно суху масу отримують шляхом висушування зразка за температури 105°С до постійної маси.

Суша речовина коренеплодів становить в межах 22-28 %, в листових пластинках – 15-17 % і черешках – 9-13 %.

13. Питома поверхнева щільність листка (ППЩЛ) є відношення його сухої маси (m) і площі (S):

$$\text{ППЩЛ} = \frac{m}{S}, \text{ мг/см}^2$$

Цей показник опосередковано характеризує товщу листка і частку в ньому сухої речовини. Він позитивно корелює з інтенсивністю фотосинтезу як на генотиповому рівні, так і залежно від умов вирощування. Найбільш типові значення його в межах 2-15 мг/см².

14. Індекс листової поверхні ($I_{лн}$) є відношення сумарної листової поверхні рослин ($S_{л}$) до площі агрофітоценозу ($S_{ф}$):

$$I = \frac{S_{л}}{S_{ф}}$$

Збільшення індексу листової поверхні більше одиниці супроводжується само затіненням рослин і зниженням фотосинтетичної активності листків. Індекс листової поверхні посівів цукрових буряків становить 3-6.

15. Фотосинтетичний потенціал посіву (ФП) є добуток середньої площі асиміляційної поверхні рослин ($S_{л}$) на тривалість вегетаційного періоду ($t_{\text{ВЕГ}}$):

$$\text{ФП} = S_{л} + t \text{ вег}, \text{ м}^2 \cdot \text{діб/га} (\text{м}^2 \cdot \text{діб/м}^2)$$

Середнє значення ФП цукрових буряків становить 3-5 млн. м² · діб /га або 300-500 м² · діб /м².

16. Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) характеризує інтенсивність приросту маси рослин. Визначається як швидкість збільшення сухої маси рослин відносно площі листової поверхні:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{0,5(L_1 + L_2)t},$$

де B_1 і B_2 – маса урожаю на початку і в кінці терміну обліків;

L_1 і L_2 – листові поверхні на початку і в кінці терміну обліків;

t – кількість діб.

ЧПФ у цукрових буряків коливається від 2 до 10 г за добу /м² листової поверхні.

17. Фізіологічна стиглість коренеплоду є відношення кількості цукрози, накопиченої у коренеплоді, до загальної маси сухої речовини в ньому без цукрози. Якщо на кінець вегетації співвідношення буде <2, то рослини цукрових буряків ще не завершили процесу росту, в них ще

продовжуються витрати цукрози на синтез поліцукрів, розчинних азотистих сполук і білків.

Навіть за великих розмірів коренеплодів, вони мають низьку цукристість.

Насінники цукрових буряків – рослини другого року життя

Фенологічні спостереження на насінниках буряків проводять на всій площі ділянки на усіх повтореннях. Відмічають такі фази: розетки листків, стеблуння, цвітіння, утворення плодів і дозрівання насіння.

За початок фази приймають день, коли до неї вступає 10-15 % рослин; повну фазу відмічають коли ознака спостерігається не менше ніж у 75 % рослин.

Розетку листків відмічають за умов формування листків на головці висадженого коренеплоду.

Стеблуння фіксують, коли у рослин з'являються квітконосні пагони.

За початок фази квітування вважають появу по одиночних рослин з квітами і пильниками; за появи їх у двох третин рослин відмічають фазу повного цвітіння.

Визначення типу й частки стерильності проводять на чоловіче-стерильному компоненті у фазу масового цвітіння насінників ранком (6-8 годин) або у вечірній час (16-18 годин), для чого на кожній ділянці усіх повторень по діагоналі беруть 25 рослин (за чотириразової повторності 100 рослин). Показник ступеня стерильності у процентах містить повністю стерильні і напівстерильні рослини першого типу. Повністю чоловіче стерильні рослини (ЧС) утворюють білі порожні пильники. Вони не розтріскуються, в квітці тримаються 3-5 днів. Напівстерильні рослини першого типу ($\frac{1}{2}$ МС I) утворюють жовті або коричневі жорсткі пильники, які зазвичай не розтріскуються і опадають цілими. Пилок мілкий й не життєздатний. Фертильні рослини (РФ) мають крупний життєздатний пилок.

Динаміку цвітіння компонентів схрещування гібридів, створених на стерильній основі, досліджують у двох повтореннях, де виділяють у різних місцях ділянок по 5 типових нормально розвинутих насінників обох компонентів.

Утворення плодів відмічають під час формування насіння рідкої консистенції. Дозрівання насіння відмічають за умов утворення мучнистої консистенції плода.

Вегетаційні та лизиметричні дослідження з цукровими буряками

Вегетаційні дослідження

Вегетаційні дослідження використовують для досліджень точного впливу добрив, використання вологи, фізіологічно активних речовин тощо та фізіологічних, біохімічних, анатомічних особливостей та продуктивно-

сті рослин. На відміну від польового, вегетаційний досвід дає можливість більш точно вивчити дію тільки одного фактора. Цей метод особливо широко використовується для встановлення закономірностей метаболізму рослин. Однак, скажімо, в агрохімічних дослідженнях вегетаційний метод є лише додатковим до польових дослідів, де дія досліджуваного фактора може значно змінюватися у зв'язку з впливом навколишнього середовища. Поєднання того чи іншого методу забезпечує надійність наукових висновків і рекомендацій та їх теоретичне обґрунтування.

Досліди з цукровими буряками проводять у судинах Вагнера, Мітчерліха або Починка у вигляді ґрунтових або піщаних культур. Більш кращими є судини Вагнера, в яких можна забезпечити будь-яку необхідну вологість ґрунту чи піску, тому що в них полив рослин проводять за масою, виходячи з їх повної вологоємності. У судинах Мітчерліха полив проводять зверху до тих пір, поки вода почне стікати у піддон через прорізи в дні судини. При цьому під час поливу вологість ґрунту або піску досягає 100% повної вологоємності (ПВ). Відтак може створюватися несприятливий повітряний режим, особливо у ранні періоди росту й розвитку рослин. У судинах Починка також не можна регулювати вологість піску чи ґрунту, тому що полив проводиться з низу посудини, звідки вона піднімається по капілярах вгору.

Для вирощування цукрових буряків масою коренеплоду до 2кг можна використовувати залізні чи пластмасові судини Вагнера діаметром 22 см і висотою 34 см, які містять до 16 кг піску або до 13 кг ґрунту. За Максимовичем (1968), більш ефективно поживне середовище для цукрових буряків створює суміш ВНІС, г /посудину: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 18,38; N – 3,41; P_2O – 1,96; SO_3 – 3,35; Cl – 0,76; K_2O – 5,0; Na_2O – 1,79; CaO – 7,73; MgO – 1,35; Fe – 0,334, K_2HPO_4 – 4,8; KCl – 1,6; KNO_3 – 3,0; NaNO_3 – 4,91; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 8,1; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ – 1,2; H_3BO_3 – 0,045; $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 0,24; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ – 0,1; CaCO_3 – 6,0.

У лабораторії фізіології Інституту цукрових буряків замість $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ вносять FeCl_3 в кількості 1,2 г. Застосування однієї норми поживних елементів на 16 кг піску за вологості 60% ПВ дозволяє вирощувати коренеплоди масою до 600 г, а в ґрунті – до 800 г. Для прискорення роботи з внесення солей і підвищення точності роботи внаслідок уникнення втрат за умов застосування малих наважок рекомендується застосовувати розчини солей. Виходячи з аніонного складу, солі для приготування розчинів групують. Перший розчин містить $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, NaNO_3 , KNO_3 , другий – K_2HPO_4 , H_3BO_3 ; третій – $\text{MgO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, MnSO_4 ; четвертий – KCl, FeCl_3 . Розчини готують групами за схемою досліду. Слід враховувати, що при приготуванні занадто концентрованих розчинів знижується точність дозування добрив і рівномірність їх розподілу в ґрунті. Розчини солей необхідно готувати з розрахунку 200-300 мл /посудину.

Якщо вегетаційні посудини набиваються ґрунтом, то достатньо внести лише азот, фосфор і калій у вигляді чистих солей або добрив. Важко розчинні і нерозчинні форми фосфору вносять у сухому вигляді.

Залежно від мети досліджень, застосовують різні дози і співвідношення поживних елементів. Так, внесення мінеральних добрив у кількості 3 г на посудину кожного елементу забезпечує утворення коренеплодів масою 600-700 г. На чорноземах середньо гумусованих вилужених на фоні 2,5 г P_2O_5 і 4,5 г K_2O збільшення норми азоту до 6 г на посудину дозволяє отримати коренеплоди масою 900-1300 г. За однієї норми поживної суміші Інституту на такому ж ґрунті забезпечує отримання маси коренеплоду до 800 г, двох – до 1100, а чотирьох – до 1340 г. Проте, необхідно мати на увазі, що високі концентрації ґрунтового розчину затримують появу сходів і пригнічують початковий ріст рослин.

В дослідях важливе значення має тип ґрунту. Якщо на чорноземі внесення азоту в кількості 4 г на посудину не призводило негативного впливу на схожість насіння, то на дерново-підзолистому – знижувало схожість і пригнічувало ріст і розвиток цукрових буряків у ранні періоди вегетації. Тому у судини рекомендується вносити не більше 3,5 г азоту, а решту – під час 2-3 підживлень з поливною водою. За чотирьох норм живильної суміші під час набивання судин вносять тільки $\frac{3}{4}$ норми фосфору і калію, а решту з метою уникнення затримки появи сходів і початкового росту – пізніше. У зв'язку з малою рухливістю калій і фосфор треба вносити у зону кореневої системи, для чого на відстані 10-15 см від рослини буряків у ґрунті роблять ножем щілину на глибину 10-12 см, куди й вносять ці елементи живлення.

Застосування в судинах піщаної культури двох і більше норм суміші елементів живлення може призвести до пригнічення рослин. Перед проведенням вегетаційних дослідів судини завчасно фарбують – внутрішню частину бітумним лаком, а зовнішню – білою фарбою. У посудину поміщають металеву, пластмасову або скляну трубку для поливу рослин та аерації.

Необхідний для досвіду ґрунт, просівають через сито. Безпосередньо перед набиванням судин його перемішують до рівномірного стану за вологістю і розміром частинок. Вологість ґрунту не повинна перевищувати 40% ПВ, тому що зайва вологість може призвести до ущільнення ґрунту. Під час набивання судин для визначення середньої вологості і вологості ґрунту в закриті посудину періодично відбирають проби масою 100 г. Вологість визначають відразу ж після набивання судин. Вона необхідна для обчислення в посудині маси абсолютно-сухого ґрунту. Частину ґрунту з відібраного зразка використовують для визначення вологості. Маса ґрунту у всіх судинах одного дослідів повинна бути однаковою. Вона залежить від розміру судин, типу й вологості ґрунту та її ущільнення в посудині.

Місткість судин Вагнера визначають перед закладкою вегетаційного досліду шляхом контрольного набивання 1-2 судин. Рівень ґрунту в них має бути на 2-3 см нижче від його верху. Елементи живлення повинні бути рівномірно розподілені в масі ґрунту, для чого її поміщають в простору ємність, а потім послідовно туди ж вносять поживні речовини (в розчинах або сухому вигляді) та ретельно перемішуючи з ґрунтом. Після перемішування ґрунт без втрат засипають у вегетаційну посудину і періодично ущільнюють. Судини розміщують на спеціальних стелажах, обладнаних пристроєм для їх зважування та укриття від дощу. Цукрові буряки сіють насінням однієї фракції на глибину 1,5 см, а якщо поверхня ґрунту після посіву покривають піском (0,5 кг на посудину), то на глибину один сантиметр. Кількість висіяних насінин на посудину визначають залежно від схожості. Ґрунт покривають піском, щоб зменшити випаровування води і уникнути утворення кірки і необхідності частих розпушувань, що може призвести до пошкодження сходів, що досягають поверхні ґрунту. Після посіву проводять полив зверху нормою 300-500 мл води. Кількість поливної води залежить від вологості ґрунту. Якщо ґрунт зверху засипається піском, то чергові поливи об'ємом води до 200 мл проводять рідко – через чотири-п'ять днів, а без піску – частіше, але в меншій кількості. Щоб не допускати застою води в нижній частині судин, до досягнення двох пар справжніх листків полив проводять тільки зверху, а пізніше – зверху і через трубку.

У фазі вилочки буряки необхідно прорідити, залишаючи в кожній посудині однакову кількість типових для варіанта рослин. Повторні перевірки проводять з таким розрахунком, щоб не допускати взаємного затінення рослин, а в фазі трьох пар справжніх листочків залишити по одній рослині на посудину. Моніторинг біохімічних і фізіологічних досліджень в початковий період росту й розвитку сприяє залишенню типових для варіанта рослин і видалення рослин, уражених коренеїдом. У період інтенсивного ураження коренеїдом вологість ґрунту знижують до 50% ПВ. Після останнього проріджування вологість встановлюють на півні 60% ПВ, в липні-серпні, коли листкова поверхня досягає найбільшої величини – 70, а з настанням холодів і у зв'язку з цим меншою транспірацією – знову зменшують до 50-60% ПВ. Полив контролюють шляхом зважування судин. Під час вегетації в поливну норму з урахуванням маси рослин вводять поправки. У спекотні дні липня і серпня, коли рослини буряків за добу випаровують до двох і більше кілограмів води, рекомендуються проводити щоденні дворазові поливи.

Вологоємність ґрунту визначають наступним чином. З відібраної під час набивання судин стограмової проби ґрунту, яку доводять до повітряно-сухого стану, поміщають частину у зважений стаканчик для визначення вологоємності, для чого ґрунт рівномірно ущільнюється шляхом постукування рукою по бічній його частини. Сітка на дні стаканчика з внутрішньої його сторони повинна бути покрита кружеч-

ком змоченого фільтрувального паперу з метою запобігання вимиванню ґрунту. Стаканчик ставлять у воду шаром 0,5-1,0 см. Зверху посудину накривають склом для насичення повітря вологою. Через 24 години за допомогою фільтрувального паперу видаляють воду із зовнішньої частини стаканчика, проводять його зважування, після чого знову ставлять у посудину для насичення ґрунту водою до постійної маси. Повторність визначення повної вологоємності ґрунту є триразовою. Одночасно визначають вологість ґрунту.

Розрахунок вологоємності проводять за формулою:

$$Вл = \frac{(b + a) \cdot 100}{в},$$

де a – маса води (г), що міститься в 100 грамах повітряно-сухого ґрунту, взятого для визначення вологоємності;

b - маса води (г), поглинутої 100 грамами повітряно-сухого ґрунту (різниця між масою стаканчика з 100 г ґрунту після і до насичення її водою);

$в$ - маса (г) абсолютно-сухого ґрунту ($100-a$).

Вологоємність піску встановлюється аналогічно.

Для визначення норми поливу встановлюють поливну масу судини. За ґрунтової культури до неї входять: тара судини, маса дренажу, маса абсолютно-сухого ґрунту, маса води для створення відповідної вологості (50, 60, 70% ПВ). Якщо в якості дренажу і поверх ґрунту застосовують пісок, то також враховується його абсолютно-суха маса і маса води для створення в ньому потрібної вологості. Наприклад, тара судини становить 2,0 кг, маса ґрунту для набивання судини 12,0 кг, вологість її - 11,7%. Маса піску, використаного як дренаж, 1,5 кг і зверху ґрунту 0,5 кг має вологість 3,2%. Визначена вологість ґрунту і піску становить відповідно 52,2 і 20,0%.

Виходячи з величини вологості ґрунту під час набивання судин, обчислюємо масу абсолютно-сухого ґрунту. Для цього визначаємо масу води, що міститься в 12 кг ґрунту за його вологості 11,7%.

У 100 г сирого ґрунту міститься 11,7 г води, а в – 12000 г – x .

Звідси маса води становить:

$$x = \frac{12000 \cdot 11,7}{100} = 1404 \text{ г}$$

Отже, маса абсолютно-сухого ґрунту становить:

$$12000 - 1404 = 10596 \text{ г або } 10,6 \text{ кг.}$$

Аналогічно визначаємо масу абсолютно-сухого піску. Вона становить 1,94 кг.

Маса води для створення в абсолютно-сухому ґрунті вологості 60% ПВ становить:

$$x = \frac{52,2 \cdot 60}{100} = 31,3 \text{ г}$$

Отже, для створення вологості ґрунту на рівні 60% ПВ на 100 г абсолютно-сухого ґрунту необхідно внести 31,3 г води, а на 10,6 кг – 3,13 кг води.

Аналогічно визначаємо показники і для піску. Для забезпечення в 1,94 кг абсолютно-сухого піску вологості 60% ПВ необхідно додати 232 г води. Поливна маса посудини складає: тара 2,0 кг + маса абсолютно-сухого ґрунту 10,6 кг + маса води для створення заданої вологості ґрунту + 3,32 кг + маса абсолютно-сухого піску 1,94 кг + маса води для забезпечення заданої вологості піску 232 г = 18,1 кг.

Для піщаної культури використовують річковий пісок. У поливну масу судини в піщаній культурі входять наступні показники: тара судини, маса абсолютно-сухого піску, маса води для створення необхідної його вологості.

Як правило, вегетаційні досліди з цукровими буряками мають 6-10 разову повторність.

Індивідуальна мінливість окремих рослин цукрових буряків вельми висока, тому у вегетаційних дослідах перевагу слід віддавати тим досліджуваним чинникам, що мають сильніший вплив на обмін речовин і метаболізм рослин і застосовувати гібриди з меншою індивідуальною мінливістю.

Протягом вегетації проводять боротьбу з шкідниками й хворобами. Для водної культури з цукровими буряками використовують скляні або поліетиленові посудини місткістю від 6-8 до 16 л. Так як в дистилаті концентрація аміаку значно вище, ніж, у звичайній водопровідній воді, за умов використання дистильованої води, останню слід додатково очищати від аміаку. Для водної культури цукрових буряків на 1 л води дають солі в наступній кількості, мг: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} - 0,01 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 0,110$; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 0,110$; $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} - 0,01$ г.

Протягом вегетаційного періоду суміш міняють 3-4 рази. У водній культурі на суміші вирощують коренеплоди масою до 500 г.

Лізиметричні досліди

Лізиметричні досліди використовуються для вирішення питань, пов'язаних з водним режимом ґрунту та балансом поживних речовин, втратами поживних речовин із ґрунту і добрив внаслідок вимивання атмосферними опадами, дослідженнями сольового балансу на засолених ґрунтах та ін. Лізиметричним методом також вивчають зміни влас-

тивостей ґрунту під впливом добрив, взаємодію добрив з ґрунтом та їх перетворення у ґрунті. Перевага лізіметричного методу полягає в тому, що він дає можливість досліджувати протікання процесів у ґрунті в умовах, близьких до природних. Крім того, метод дозволяє змінювати ці умови шляхом виключення або введення додаткових факторів. Лізіметричний метод дозволяє в певній мірі моделювати в ґрунті умови, що наближені до природних, вивчати процеси кругообігу вологи та поживних елементів у системі “ґрунт-добрива-рослина”.

Лізіметр дозволяє вивчати процеси, пов'язані з просочуванням води і розчинених у ній речовин через ґрунт в умовах зволоження природними опадами або штучним поливом. Загальним принципом конструкцій різноманітність лізіметрів є ізоляція певного об'єму ґрунту з боків і дна або тільки з дна водопроникними перегородками та обладнання на дні дренажу з трубопроводів для стоку та збору у приймачі ґрунтових вод. Дослідження цих вод дозволяє судити про склад ґрунтових розчинів і пересування розчинених речовин за ґрунтовим профілем.

Залежно від способу наповнення лізіметрів ґрунтом розрізняють два основні типи – лізіметри із ґрунтом природного додавання (моноліти) і з насипним ґрунтом. Лізіметри зі збереженим природним профілем ґрунту дозволяють проводити дослідження в умовах, максимально наближених до природних. Цей тип лізіметрів частіше виготовляють із оцинкованого заліза або нержавіючої сталі. Конструктивно він складається з пустотілого циліндра із ґрунтом, піддона із дренажем, водовідвідних трубок і приймача лізіметричних вод. Щоб попередити просочування води скрізь стінки циліндра, щілини між ґрунтом і стінками посудини багаторазово заливають суспензією із глини або іншими матеріалів (розплавленим асфальтом, розплавленим парафіном).

На рівні нижнього краю циліндра ґрунт обрізають ножом спеціальної конструкції. Ніж обладнають вушками або кронштейнами для підняття моноліту за допомогою піднімального крана. Одягнений у металевий циліндр, ґрунтовий моноліт установлюють на піддон, заповнений дренажем. Водовідвідні трубки виводять у підземний коридор, де встановлюють приймачі лізіметричних вод. Обладнання лізіметра повинне виключати можливість втрат промивних вод у циліндрі, піддоні, трубках, приймачі, а також у місцях зчленування окремих елементів.

Лізіметри з непорушеним ґрунтовим профілем мають деякі недоліки. У таких лізіметрах практично важко досягнути повної водопроникності між ґрунтом і стінками посудин, що не гарантує точності провидіння досліджень. Крім того, лізіметри, наповнені монолітом, внаслідок наявності кротовин і різних включень, можуть мати неідентичні характеристики підорного обрію, що також буде впливати на точність результатів досліджень. Цей тип лізіметрів рідко застосовують у тих випадках, коли виникає необхідність порівняльного вивчення декількох типів ґрунтів. Зазвичай важко перевезти моноліти

різних ґрунтів до місця закладання дослідів, гарантуючи однорідність природного ґрунту.

За умов транспортування лізіметрів з непорушеною будовою ґрунтового профілю, Ф.Л.Дьюли пропонував спеціальну конструкцію лізіметра й методику його установки. Його лізіметр є циліндр, діаметр якого трохи менше за діаметр стовпа ґрунту з непорушеним профілем. Після "вдягання" циліндра на моноліт ґрунту простір між стінками циліндра й ґрунтом поступово заповнюють розплавленим асфальтом. Застиглий асфальт забезпечує міцне зчеплення циліндра із ґрунтом. Стовп ґрунту підрізають на рівні дна циліндра й за допомогою піднімального крана встановлюють на піддон із дренажем. Піддон кріплять до циліндра, а шов заливають асфальтом. У такому стані лізіметр перевозять до місця установки. У лізіметрах з насипним ґрунтом субстрат розміщують пошарово, зберігаючи природну послідовність розташування генетичних горизонтів. Насипні лізіметри виготовляють із бетону, цегли, оцинкованого заліза, нержавіючої сталі, вініласту й поліетиленової плівки. Насипні лізіметри дають можливість створити ідентичні ґрунтові умови для всіх варіантів і повторювань дослідів, крім досліджуваного фактора, що підвищує точність досліджень; розширюється можливість перевезення ґрунту на відстані, якщо буде потреба порівняльного вивчення різних типів ґрунтів, а також за умов великого віддалення необхідного типу ґрунту від місця закладки лізіметричного дослідів. Основний недолік таких лізіметрів полягає в тому, що умови в них відрізняються від природних польових.

Для проведення дослідів з ґрунтами природної будови використовують лізіметричні лійки, уперше застосовані Ебермайером. У таких лізіметрах бічних стінок немає. Такими лізіметрами є піддони, що мають форму лійки (обрізаний конус із підставою вгорі), які скляною трубкою з'єднуються із приймачем вод. Лійки наповнюються дренажем і вставляються в ніші, зроблені під ґрунтовими монолітами на заданій глибині.

Описані конструкції лізіметрів не забезпечують тотожності водного режиму ґрунту в лізіметрах, що є в природних умовах. Ґрунт у лізіметрах перебуває в підвішеному стані, відсутні сили капілярного зчеплення на границі ґрунт-дренаж або ґрунт-повітря, тому спадний струм води в лізіметрах дещо повільний. До того ж, у лізіметрах відсутній капілярний підйом води і повернення у верхні шари ґрунту розчинених у воді солей, що були з них вимиті в період інтенсивних опадів. Питання методики закладання й провидіння лізіметричних дослідів, а також особливості будови різних типів лізіметрів освітлені в спеціальній літературі.

Залежно від завдань досліджень і вирощуваних культур розміри площа й глибина лізіметрів змінюються в широких межах. У лізіметричних дослідів із цукровими буряками мінімальна площа посудини

повинна бути в межах площі живлення в природних умовах – порядку 0,1 м²; в кожній посудині вирощують одну рослину буряка, повторність варіантів – не менше 6. Із збільшенням площі лізіметрів і кількості в них рослин повторність досліду може бути зменшена. У зв'язку з тим, що коренева система цукрового буряка досягає глибини 2 м, умови в лізіметричних дослідах будуть наближатися до польових у тому випадку, коли глибина лізіметрів становить не менш 1м. Для усунення можливого крайового ефекту на майданчиках навколо лізіметрів вирощують цукрові буряки з густотою, що є близькою до оптимальної в польових умовах (100-90 тис. /га). В останні роки широке поширення набули наукові розробки, у яких лізіметричний метод сполучається з методом ізотопної індикації. У таких дослідженнях застосовують як лізіметри з насипним ґрунтом, так і без порушення ґрунтового профілю.