

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Агрономічний факультет
Кафедра ґрунтознавства та землеробства**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Ткаченко Максим Сергійович

УДК 629.7.05(477.41/.42)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗГЕРБІЦИДНОЇ ТА
ГЕРБІЦИДНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ ЗА
УМОВ ПОСІВУ АГРОДРОНОМ В УМОВАХ НАВЧАЛЬНО-ДОСЛІДНОГО
ПОЛЯ ПОЛІСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

201 «Агрономія»

Подається на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

**Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання
на відповідне джерело _____ М.С. Ткаченко**

Керівник роботи

С. В. Журавель,
канд. с. г. наук, доцент

Житомир 2024

Зміст

Анотація	3
Вступ	5
Розділ 1. Літературний огляд	8
Розділ 2. Умови, об'єкти і методика проведення досліджень.	13
2.1. Місце та умови проведення досліджень .	13
2.2. Об'єкти і методика проведення досліджень	17
Розділ 3. Результати досліджень	22
3.1. Лабораторні дослідження посівних якостей насіння олійної редьки сорту «Кияночка»	22
3.2. Закладання експериментальної ділянки для модельного дослід з варіаціями норм висіву редьки олійної сорту «Кияночка»	25
3.3. Вплив технологій вирощування та норм висіву на ріст і розвиток олійної редьки сорту «Кияночка» в умовах забур'яненості	33
3.4. Економічна ефективність елементів традиційної технології у порівнянні з використанням агродрону при вирощуванні редьки олійної в якості сидеральної культури в умовах Полісся	40
Висновки	42
Рекомендації виробництву	43
Список використаних джерел	44

АНОТАЦІЯ

Ткаченко М.С. «Особливості технології використання безгербіцидної та гербіцидної технології вирощування редьки олійної за умов посіву агродроном в умовах навчально-дослідного поля Поліського національного університету». – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 201 – агрономія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

В умовах сучасних викликів, таких як деградація ґрунтів, зміни клімату та підвищення вимог до якості продукції, дослідження безгербіцидної та гербіцидної технологій вирощування редьки олійної є надзвичайно важливим. У роботі розглядаються особливості застосування даних технологій в умовах посіву агродроном. Проведено дослідження впливу різних технологічних підходів до боротьби з бур'янами в навчально-дослідному полі Поліського національного університету. Вивчено технологічні, агроекологічні та економічні аспекти інноваційного підходу до посіву за допомогою агродроном. Отримані результати можуть бути основою для впровадження сучасних практик точного землеробства, спрямованих на підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва при збереженні екологічної рівноваги.

Робота викладена на 47 сторінках комп'ютерного набору, містить 4 таблиці, 14 рисунків, складається зі вступу, 3 розділів, висновків, рекомендацій виробництву. Список використаних джерел включає 36 найменувань.

Ключові слова: редька олійна, безгербіцидна технологія, гербіцидна технологія, агродрон, точне землеробство, екологічна безпека, агроекологія, інноваційні технології.

SUMMARY

Tkachenko M.S. "Features of the technology of using herbicide-free and herbicide-based technology for growing oilseed radish under conditions of sowing with an agrodrone in the conditions of the educational and research field of the Polesie National University". - Qualification work in the form of a manuscript.

Qualification work for obtaining a master's degree in specialty 201 - agronomy. - Polesie National University, Zhytomyr, 2024.

In the conditions of modern challenges, such as soil degradation, climate change and increased requirements for product quality, research into herbicide-free and herbicide-based technologies for growing oilseed radish is extremely important. The paper examines the features of the application of these technologies under conditions of sowing with an agrodrone. A study of the impact of various technological approaches to weed control in the educational and research field of the Polesie National University was conducted. Technological, agroecological and economic aspects of an innovative approach to sowing using an agrodrone were studied. The results obtained can be the basis for the implementation of modern practices of precision agriculture, aimed at increasing the efficiency of agricultural production while maintaining ecological balance.

The work is presented on 47 pages of a computer set, contains 4 tables, 14 figures, consists of an introduction, 3 sections, conclusions, recommendations for production. The list of sources used includes 36 items.

Keywords: oilseed radish, herbicide-free technology, herbicide technology, agrodrone, precision agriculture, environmental safety, agroecology, innovative technologies.

ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток сучасного сільського господарства відбувається на межі необхідності забезпечення продовольчої безпеки та збереження екологічної рівноваги. В умовах кліматичних змін, зростання попиту на екологічно чисту продукцію та скорочення доступних сільськогосподарських земель актуалізується потреба у впровадженні інноваційних технологій вирощування культур, які дозволяють раціонально використовувати ресурси та зменшувати негативний вплив на довкілля.

Олійна редька є важливою сільськогосподарською культурою, яка використовується як сидерат, кормова та технічна культура, а також як джерело біопалива. Її вирощування забезпечує поліпшення структури ґрунту, збагачення його органічними речовинами та зменшення ерозійних процесів. Проте боротьба з бур'янами залишається ключовим чинником, що впливає на врожайність та якість продукції. Використання гербіцидів, хоч і ефективне, створює ризики для екосистеми, а також викликає занепокоєння споживачів щодо хімічного забруднення продукції.

Безгербіцидна технологія вирощування стає перспективною альтернативою, особливо у контексті розвитку органічного землеробства. Однак, її ефективність залежить від точного застосування агротехнічних рішень, зокрема інноваційних підходів до посіву. У цьому контексті агродрони відкривають нові можливості, дозволяючи забезпечити рівномірний посів, точне внесення біопрепаратів та зменшення витрат ресурсів.

Дослідження технології вирощування олійної редьки за умов посіву агродронами має важливе науково-практичне значення. По-перше, це сприяє підвищенню ефективності виробництва, зменшенню витрат на обробку полів та збереженню довкілля. По-друге, такі дослідження є важливими для адаптації освітніх програм та підготовки майбутніх фахівців аграрної сфери.

Полісся України, з його специфічними ґрунтово-кліматичними умовами, є ідеальною базою для апробації таких технологій.

Таким чином, вивчення особливостей гербіцидної та безгербіцидної технології вирощування редьки олійної з використанням агродронів є важливим кроком у розвитку екологічно безпечного, економічно ефективного та технологічно прогресивного сільського господарства, що відповідає викликам сучасного світу.

Мета досліджень полягає у вивченні особливостей застосування гербіцидної та безгербіцидної технології вирощування редьки олійної за умов посіву агродронами, оцінка їх впливу на врожайність, якість продукції, стан ґрунту та ефективність використання ресурсів у навчально-дослідному полі Поліського національного університету.

Для досягнення поставленої мети, нами були вирішені такі завдання:

1. Вивчення агротехнічних особливостей вирощування олійної редьки в умовах навчально-дослідного поля Поліського національного університету.
2. Проаналізувати показники забур'яненості посівів олійної редьки залежно від технології вирощування та норми висіву.
3. Розробка методології та експериментальної бази для порівняння гербіцидної та безгербіцидної технології вирощування олійної редьки за умов використання агродронів.
4. Оцінка ефективності гербіцидної та безгербіцидної технології за показниками врожайності, якості продукції та агроекологічного впливу.
5. Дослідження економічної доцільності застосування агродронів для посіву та догляду за посівами олійної редьки в умовах гербіцидної та безгербіцидної технології.
6. Визначення впливу застосованих технологій на стан ґрунту, зокрема на його структуру, родючість та біологічну активність.

Об'єктом дослідження є технологічні процеси вирощування редьки олійної з використанням гербіцидної та безгербіцидної технології боротьби з бур'янами в умовах посіву агродроном на навчально-дослідному полі Поліського національного університету.

Предметом дослідження є вплив гербіцидної та безгербіцидної технології вирощування редьки олійної за умов посіву агродронами та різних норм висіву.

Методи досліджень: лабораторний і польовий методи використовувалися для дослідження впливу і взаємодії природних та антропогенних факторів на розвиток олійної редьки; морфофізіологічний метод полягав у вимірюванні біометричних показників рослин для оцінки їх фізіологічного стану; розрахунково-порівняльний метод забезпечив аналіз економічної ефективності вирощування редьки олійної в різних умовах; статистичний метод застосовувався для оцінки достовірності отриманих результатів польових експериментів [3].

Перелік публікацій автора за темою досліджень:

1. С. В. Журавель Особливості відпрацювання технології вирощування редьки олійної в якості сидеральної культури за умов моделювання технологічної схеми посіву за допомогою агродрону / Журавель С. В., Кравчук М. М., Журавель С. С., Карбівський Е. О., Малахівський А. А., Ткаченко М. С. // Sciences of Europe (Praha, Czech Republic) ISSN 3162-2364. 2024. № 153. Р. 4-7.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Робота викладена на 34 сторінках комп'ютерного набору, містить 3 таблиці, 6 рисунків, складається зі вступу, 3 розділів, висновків, рекомендацій виробництву. Список використаних джерел включає 45 найменувань.

При написанні даної дипломної роботи ми використовували Положення про кваліфікаційні роботи у Житомирському національному агроекологічному університеті.

РОЗДІЛ I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Олійна редька (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) є перспективною культурою завдяки її універсальному використанню: зелена маса, фіторе mediaція, проміжні культури, біопаливо. Водночас, інтеграція інноваційних технологій, таких як агродрони, значно розширює можливості її вирощування. Використання агродронів для посіву редьки олійної дозволяє забезпечити рівномірність висіву, зменшити витрати на трудомісткі процеси та оптимізувати густоту посіву, що важливо для підвищення конкурентоспроможності культури у боротьбі з бур'янами. Завдяки точності технології дронів стає можливим адаптувати норми висіву до специфічних умов ґрунту та клімату, що сприяє максимальній реалізації генетичного потенціалу культури. Це не лише підвищує врожайність, а й зменшує екологічний вплив сільськогосподарського виробництва, роблячи олійну редьку важливою частиною сталих агротехнологій [3, 4].

Олійна редька є універсальною культурою, широко відомою в аграрних практиках Європи, США та Канади. Вона вирізняється багатофункціональністю та широким спектром застосувань. Ця культура слугує джерелом зеленої маси, силосу, сіна, використовується як зелене добриво, трав'яне борошно, а також в агротехнологіях фіторе mediaції. Завдяки своїй високій стійкості до нематод олійна редька часто висівається як проміжна культура, що сприяє збереженню здоров'я ґрунту. Окрім цього, вона привертає увагу як перспективна сировина для виробництва біопалива, що підкреслює її роль у розвитку сталих аграрних систем та енергетичних рішень [18, 20, 21, 24, 30, 34].

Відмічається, що з одного боку олійна редька демонструє здатність пригнічувати ріст бур'янів [12, 17], але проблема ефективного контролю бур'янів у її агрофітоценозах залишається досить актуальною. Особливості ширококорядного вирощування культури, особливо в насінництві, відкривають нові технологічні можливості, але водночас створюють низку викликів. Швидкий ріст і дозрівання культури, її схильність до вилягання в кінцевих

фазах вегетації та плодоношення значно ускладнюють підтримку її конкурентоспроможності. Усе це обумовлює значне зниження здатності рослин олійної редьки конкурувати з бур'янами, особливо у другій вегетаційній фазі [31]. Додатково, важливим аспектом є вплив агротехнічних заходів на формування густоти посіву, що впливає на рівень затінення поверхні ґрунту, а отже, і на інгібування бур'янів. Крім того, розробка ефективних систем контролю бур'янів у олійної редьки потребує комплексного підходу, що включає раціональне використання безгербіцидних і гербіцидних технологій. Зокрема, інноваційні методи посіву, наприклад, із застосуванням агродронів, дозволяють оптимізувати густоту і рівномірність висіву, що може додатково посилити здатність культури до конкурентної боротьби з бур'янами.

З іншого боку, попри високий технологічний рівень вирощування основних сільськогосподарських культур, бур'яни залишаються серйозною проблемою, що суттєво впливає на ефективність реалізації генетичного потенціалу сортів і гібридів [35]. Водночас, бур'яни є невід'ємним компонентом будь-якого агрофітоценозу та їхню роль необхідно розглядати в контексті загальної біопродуктивності системи [27]. Їхній негативний вплив варіюється залежно від щільності та видового складу популяції, що може знижувати врожайність культур від 5% до 80% [28, 35].

Глобальні зміни клімату створюють передумови для збільшення розповсюдження бур'янів, змін їхньої фенології та адаптації до нових умов вирощування. Зокрема, підвищення температури та зміни режимів опадів сприяють поширенню більш агресивних видів, які можуть конкурувати з культурними рослинами за ресурси. Окрему загрозу становить еволюція стійкості бур'янів до гербіцидів, що ускладнює їхній контроль і потребує розробки інноваційних підходів до управління агрофітоценозами [15]. Таким чином, контроль за бур'янами є надзвичайно складним і багатоаспектним завданням, яке потребує інтегрованого підходу. Поєднання хімічних, механічних та біологічних методів боротьби, а також використання

інноваційних технологій, зокрема агродронів, здатне значно підвищити ефективність управління бур'янами та забезпечити стійке зростання продуктивності культур.

За тривалий період наукових досліджень було розроблено загальну методику боротьби з бур'янами, яка базується на визначенні критичного періоду боротьби з бур'янами (КПББ) для конкретних культур [16, 26, 29]. Цей показник детально досліджено та проаналізовано для багатьох сільськогосподарських культур [32, 33], включаючи представників родини Brassicaceae, зокрема редька, ярий ріпак, озимий ріпак, гірчиця [13, 23]. Концепція КПББ дозволяє визначити фази росту культури, коли вона є найбільш уразливою до конкуренції з бур'янами, і спрямувати агротехнічні заходи на максимальне зменшення їхнього впливу саме в ці періоди.

За даними наукових публікацій, для олійної редьки критичний період боротьби з бур'янами досі не описаний. Це ускладнює розробку адаптованих стратегій захисту для цієї культури, яка має специфічні фази росту та розвитку. У дослідженнях зазначається, що встановлення КПББ є важливим інструментом для ефективного планування та впровадження інтегрованої системи захисту рослин. Визначення цього періоду дозволяє оцінити потенційні втрати врожаю, встановити найбільш критичні фази конкуренції та запровадити раціональні заходи контролю бур'янів [23].

Крім того, критичний період боротьби з бур'янами є індикатором для оцінки доцільності використання гербіцидів, зокрема їх вибору, часу внесення та обґрунтування витрат на хімічний захист. Це допомагає оптимізувати витрати на засоби захисту, зменшити вплив на довкілля та забезпечити максимальну врожайність [16]. Для олійної редьки, враховуючи її швидкий ріст, схильність до вилягання та особливості агротехніки, визначення критичного періоду боротьби з бур'янами може стати основою для розробки інтегрованих технологій вирощування, особливо за умов посіву агродроном.

Успішна боротьба з бур'янами в культурних агрофітоценозах значною мірою залежить від конкурентоспроможності самої культури, що визначається технологічними параметрами вирощування, такими як густота посіву та ширина міжрядь. Ці фактори суттєво впливають на інтенсивність росту як культурних рослин, так і бур'янів, визначаючи різні рівні конкуренції за ресурси, зокрема світло, воду, поживні речовини та простір [11, 36].

Критичний період конкуренції бур'янів (КПКБ) у посівах має два ключові аспекти. По-перше, на початковому етапі росту культури необхідно забезпечити чистоту посівів від бур'янів, оскільки раннє засмічення може призвести до суттєвого зниження врожайності. По-друге, необхідно визначити період, протягом якого поява бур'янів у посівах не спричиняє негативного впливу на ріст і продуктивність культури [22].

Для олійної редьки, яка характеризується специфічними особливостями росту та розвитку, розробка ефективних технологій контролю бур'янів є актуальним завданням. Визначення критичного періоду конкуренції бур'янів даної культури потребує врахування як класичних методів, так і сучасних підходів. Зокрема, важливим є використання фізіологічних показників бур'янів, аналіз їхньої життєдіяльності в агроценозах олійної редьки, а також оцінка їхньої пластичності та стабільності чисельності. Такий комплексний підхід дозволяє отримати нові дані про критичний період конкуренції бур'янів та вдосконалити методику боротьби з бур'янами.

Сільське господарство є однією з провідних галузей світової економіки, що забезпечує продовольчу безпеку та економічну стабільність. Однак ця галузь стикається з низкою викликів, зокрема зміною клімату, деградацією ґрунтів, потребою в оптимізації ресурсів та зниженням екологічного впливу. У цьому контексті інноваційні технології, такі як агродрони (безпілотні літальні апарати), стають ефективним інструментом для вирішення актуальних завдань аграрного сектору. Агродрони інтегруються у ключові процеси управління аграрними господарствами, сприяючи підвищенню

ефективності виробництва, зменшенню витрат ресурсів і зниженню екологічного навантаження. Їх застосування охоплює широкий спектр завдань. Агродрони використовуються для збору інформації та аналізу стану полів у режимі реального часу. Завдяки високоточним камерам і датчикам, дрони створюють 3D-карти, що дозволяють оцінити стан посівів, вологість ґрунту, наявність хвороб або шкідників. Ці дані допомагають фермерам приймати обґрунтовані рішення щодо догляду за культурами, розрахунку оптимальної кількості води для зрошення та внесення поживних речовин відповідно до потреб ґрунту [1, 2].

Використання агродронів для посіву насіння є ефективною альтернативою традиційним методам. Сучасні дрони здатні піднімати до 25 кг насіння і забезпечують рівномірний розподіл по полю. Це особливо актуально для важкодоступних територій. Крім того, технологія посіву агродронами може бути адаптована для внесення гербіцидів, добрив або біопрепаратів, що дозволяє економити час і ресурси [3].

Обприскування за допомогою дронів стає дедалі популярнішим завдяки точності та ефективності. Дрони дозволяють локально обробляти ділянки, уражені шкідниками або хворобами, зменшуючи витрати пестицидів і мінімізуючи вплив на довкілля. Це особливо корисно у випадках, коли потрібно оперативно реагувати на локальні джерела інфекції.

Окрім основних функцій, агродрони сприяють розвитку точного землеробства, що базується на принципах сталого використання ресурсів. Вони дозволяють: зменшити втрати врожаю за рахунок швидкого реагування на зміни в агроценозі; мінімізувати негативний вплив хімічних засобів на екосистему; автоматизувати трудомісткі процеси, що знижує потребу в ручній праці. Агродрони відкривають нові горизонти в аграрній індустрії, забезпечуючи ефективне вирішення сучасних екологічних та економічних викликів. Їх широке впровадження дозволяє оптимізувати технологічні процеси, підвищувати врожайність і сприяти сталому розвитку сільського господарства.

РОЗДІЛ II. УМОВИ, ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце та умови проведення досліджень

Дослідження проводилися в межах реалізації пілотного міжнародного проєкту на базі дослідного поля Поліського національного університету, розташованого поблизу села Велика Горбаша, що входить до складу Черняхівської селищної територіальної громади Житомирського району Житомирської області (географічні координати: 28°41'33" східної довготи, 50°26'24" північної широти). Для проведення експерименту було обрано ділянку, яка протягом понад трьох років не піддавалася механічній обробці. Ця територія була вкрита різнотравною дикорослою рослинністю, мала сформовану дернину та за класифікацією належала до категорії перелігів (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд ділянки модельного дослід перед закладкою експерименту:

А - вид на дослідну ділянку зі сходу

Б - крупний план рослинності на ділянці дослідного поля

Ґрунти дослідної ділянки представлені ясно-сірими лісовими ґрунтами з низьким вмістом гумусу (1,1–1,2%) та основних елементів живлення, що характеризуються підвищеною кислотністю (рН 5,7) рис. 2. Бал бонітету ґрунтів становить 28, що свідчить про їхню відносно низьку продуктивність.

Дані умови створюють сприятливе середовище для проведення експериментів, спрямованих на вивчення можливостей вирощування олійної

редьки за допомогою інноваційних технологій, зокрема посіву агродронами, та оцінки ефективності різних технологічних моделей управління агрофітоценозами.



He _{орн.} $\frac{0-22}{22}$	Гумусно-елювіальний горизонт, світло-сірий, супіщаний, порохувато-грудочкуватий, слабоущільнений, вологий, новоутворення відсутні, наявні корені рослин, перехід за глибиною обробіткухвилястий.
HE $\frac{22-38}{16}$	Світло-сірий, супіщаний, грудочкуватий, щільний, злитний, вологий, збагачений затьоками гумусового матеріалу по корневих ходах і червоточинах, наявні корені рослин, перехід поступовий.
I $\frac{38-59}{21}$	Темно-бурий з численними темно-сірими затьоками гумусового матеріалу по червоточинах і корневих ходах, важкий суглинок, горіхувато-дрібногрудочкуватий, щільний, вологий, наявні корені рослин, перехід поступовий.
P _i $\frac{59-86}{27}$	Жовтувато-бурий з темно-сірими затьоками гумусового матеріалу по червоточинах і корневих ходах, легкий суглинок, грудочкуватий, ущільнений, вологий, рідко зустрічаються корені рослин, з середини іржаві плями, перехід поступовий.
P ₁ $\frac{86-104}{18}$	Жовтувато-палевий, легкий суглинок, слабо виражена грудочкуватість, слабоущільнений, злитний, вологий, розмиті іржаві плями, перехід добре помітний.
P ₂ $\frac{104-151}{47}$	Палево-жовтий з сизим відтінком та іржавими плямами, оглеєний, середній суглинок, грубогрудочкуватий, ущільнений, вологий, перехід помітний по кольору.
P ₃ $\frac{151-170}{19}$	Темно-сірий з концентрованими великими іржавими плямами, важкий суглинок, призмовидно-горіхуватий, щільний, злитний, вологий, концентровані іржаві плями, включення відсутні.

Рис. 2. Грунтовий розріз науково-дослідної ділянки Поліського університету, де проводилися дослідження

У даній роботі представлено результати досліджень щодо застосування гербіцидної та безгербіцидної технологій вирощування олійної редьки сорту (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) «Кияночка». Особливу увагу приділено використанню інноваційного методу посіву агродронами, що дозволяє забезпечити рівномірність висіву та оптимізувати густоту посівів. В модельному досліді було використано ділянку, що була вкрита бур'яною рослинністю та попередньо механічно не оброблялася. Мета наших досліджень передбачала визначити можливість використання агродрону у

посівах редьки олійної за різних технологій вирощування та при різних нормах висіву. В роботі проведено аналіз щодо адаптації та конкурентоспроможності посівів редьки олійної за умов досить високого природного рівня забур'яненості, а також відпрацьовано дві технології її вирощування: безгербіцидна та гербіцидна. При використанні безгербіцидної технології посів насіння олійної редьки здійснювався відразу у бур'янову рослинність і дернину. За технології гербіцидного обробітку ґрунту – ми попередньо провели обробку дослідної ділянки препаратом Раундап з нормою 2 л/га (діюча речовина гліфосат).

Дослідна територія складається з двох окремих полів. Перше поле має розміри 36×54,3 м і поділено на 24 експериментальні ділянки, організовані у триразовій повторності згідно із затвердженою схемою. Друге поле — мікроділяночний експеримент з вирощування тютюну — має розміри 16,8×7,3 м і також включає 24 ділянки, розподілені у триразовій повторності за аналогічним принципом (рис. 3).

Для кожної експериментальної повторності використовували окремі яруси без рендомізації, що пояснюється особливостями механізованого посіву сільськогосподарських культур. Такий підхід дозволяє чітко дотримуватися схеми розташування повторень, забезпечуючи стандартизовані умови для кожного варіанту дослідження.

Організація ділянок із урахуванням їх просторового розташування мінімізує вплив зовнішніх факторів, таких як неоднорідність ґрунту чи мікрокліматичні умови, на результати експерименту. Це сприяє отриманню об'єктивних і достовірних даних для подальшого аналізу та інтерпретації результатів. Основний акцент роботи зроблено на аналізі ефективності різних технологічних підходів до управління агрофітоценозом редьки олійної. Розглянуто їх вплив на конкурентоспроможність культури щодо бур'янів, екологічність виробництва та економічну доцільність. Отримані результати можуть бути корисними для вдосконалення технологій вирощування редьки

олійної, зокрема за умов посіву на малопродуктивних ґрунтах, і сприятимуть впровадженню сучасних технологій точного землеробства.



Рис. 3. Скоригована схема модельного дослідження щодо гербіцидної та безгербіцидної технології вирощування редьки олійної за допомогою агродрону

Досліджуваний сорт олійної редьки «Кияночка» було офіційно зареєстровано у 2017 році за участі Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка та Національної академії наук України як оригінаторів. Цей сорт характеризується багатофункціональним використанням, зокрема в біоенергетичному напрямі, як сидеральна культура та кормова рослина. Завдяки високій стійкості до обсіпання (9 балів), «Кияночка» демонструє відмінні адаптаційні властивості у виробничих умовах.

Найкращими агрокліматичними зонами для вирощування сорту є Лісостеп та Полісся, де забезпечується оптимальна врожайність зеленої маси, що становить 45 т/га. Тривалість вегетаційного періоду до повної стиглості — 80 діб. Сорт характеризується середньою масою коренеплоду — 50 г, а маса 1000 насінин становить 9,5 г, що є важливими показниками для насінництва. Стійкість сорту до ураження основними хворобами, такими як біла гниль, мокра гниль і чорна ніжка, становить 0%, що забезпечує надійність у вирощуванні та зменшує потребу в хімічному захисті.

Біологічні властивості сорту свідчать про його високий потенціал: інтенсивно-зелене, зубчасте листя середньої ширини; висока рослина під час цвітіння; середній термін цвітіння з білими пелюстками; довгий стручок із середньою плодоніжкою, що містить велику кількість насінин. У разі пізнього вирощування спостерігається сильна тенденція до формування суцвіття вже у рік сівби, що може бути цінним для окремих технологій [3, 5]. Сорт «Кияночка» має вагоме значення для інтегрованих агротехнологій, зокрема в умовах використання інноваційних методів, таких як посів агродронами. Його біологічні характеристики роблять його перспективним для різних напрямків агропромислового комплексу, включаючи екологічно безпечне землеробство.

2.2. Об'єкти і методика проведення досліджень

Об'єктом досліджень були ріст та розвиток рослин редьки олійної сорту «Кияночка» за різних норм посіву, вирощений у модельному досліді на ділянці, яка протягом трьох років не піддавалася механічній обробці та була вкрита бур'яновою рослинністю. Основна мета дослідження полягала у визначенні ефективності використання агродрону для висіву насіння за різними нормами, оцінці динаміки розвитку посівів та аналізі адаптації культури до високого природного рівня забур'яненості. Особливу увагу

приділяли вивченню конкурентоспроможності редьки олійної в умовах природного агрофітоценозу.

У рамках експерименту було застосовано два технологічні підходи до вирощування редьки олійної:

1. Безгербіцидна технологія. Посів насіння здійснювався безпосередньо у бур'янову рослинність та сформовану дернину без використання хімічних засобів боротьби з бур'янами. Цей підхід дозволяє оцінити природну конкурентоспроможність культури в умовах забур'яненості.
2. Гербіцидна технологія. Перед посівом проводилася обробка ґрунту гербіцидом «Раундап» (діюча речовина – гліфосат) у нормі 2 л/га для знищення бур'янів. Такий підхід дозволяє оцінити ефективність технології за мінімізації конкуренції з бур'янами.

Для вирощування редьки олійної як сидеральної культури було застосовано чотири норми висіву: 80 шт/м², 320 шт/м², 560 шт/м², 800 шт/м².

Посів насіння редьки олійної здійснювався з використанням агродронів, що забезпечувало рівномірний розподіл насіння та оптимізацію густоти посівів. Контрольний облік включав:

- Вимірювання основних вегетаційних показників культури (висота рослин, біомаса, густота стояння).
- Оцінку видової та кількісної структури бур'янів.
- Визначення врожайності зеленої маси та сидеральної продуктивності.

Зібрані дані оброблялися за допомогою дисперсійного аналізу для оцінки достовірності впливу технологічних факторів (норм висіву, технології вирощування) на результати досліджень. Це забезпечило об'єктивну інтерпретацію отриманих результатів.

Таким чином, проведений експеримент дозволив оцінити ефективність застосування агродронів у технології вирощування редьки олійної, а також визначити оптимальні норми висіву для підвищення конкурентоспроможності культури та її продуктивності за різних умов агрофітоценозу.



Рис. 4. Фарбування насіння олійної редьки для покращення візуалізації

У ході дослідження для покращення візуалізації насіння редьки олійної після посіву агродроном проводилося фарбування насіння (рис. 4). Цей підхід спрямований на полегшення візуального аналізу його розподілу на площі дослідної ділянки. Методика дозволила не лише ефективно оцінити рівномірність висіву, а й ідентифікувати зони з надмірною концентрацією або недостатнім покриттям насіння.

Отримані результати забезпечили можливість кількісного аналізу точності роботи агродрона, що є ключовим для вдосконалення механізованих технологій посіву. Зокрема, це сприяло розробці рекомендацій для оптимізації параметрів польоту дрона, швидкості розподілу насіння та його дозування. Додатково, метод фарбування допоміг виявити вплив зовнішніх факторів, таких як вітер або рельєф ділянки, на рівномірність посіву, що є важливим для адаптації технологій до різних польових умов. Загалом, застосування цієї методики стало важливим етапом дослідження точного землеробства, дозволивши отримати об'єктивні дані для підвищення ефективності механізованого посіву та забезпечення оптимальної продуктивності культури.

Для оцінки бур'янової рослинності на експериментальних ділянках застосовувалася методика аналізу проєктивного покриття ґрунту. Проєктивне

покриття визначали за допомогою окомірного методу, який базувався на візуальній оцінці частки площі, зайнятої бур'яною рослинністю, у балах та у відсотковому співвідношенні (рис. 5). Цей підхід дозволяв швидко й ефективно отримувати якісну характеристику стану рослинного покриву, враховуючи густоту, розміри та рівномірність розподілу бур'янів на поверхні ґрунту.

Бал	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	%
I					10
II					25
III					50
IV					>50

Шкала окомірної оцінки забур'яненості за проєктивним покриттям бур'янами поверхні ґрунту (в балах і процентах):

*a, б – рівномірне поширення бур'янів на площі;
в – осередкове покриття;
г – суцільне покриття.*

Рис. 5 Шкала оцінки бур'янової рослинності, що використовувалася на експериментальних ділянках

Отримані показники систематично фіксувалися у спеціальних таблицях, що забезпечило можливість порівняння ефективності використаних технологій (гербіцидної та безгербіцидної) та норм висіву редьки олійної. Дослідження також дозволило встановити залежності між рівнем забур'яненості, типом технології обробітку ґрунту, щільністю посівів і розвитком культурних рослин.

Кількісний аналіз забур'яненості посівів, виконаний відповідно до шкали Арешнікова та інших дослідників, засвідчив, що всі дослідні ділянки з редькою олійною характеризувалися дуже високим рівнем забур'яненості. За результатами оцінки, ступінь засміченості досягав максимального значення (5 балів із 5), а щільність бур'янової рослинності перевищувала 100 рослин на квадратний метр (таблиця 1).

Ступінь засміченості посівів редьки олійної за шкалою Арешнікова

Кількість бур'янів на 1 м ²	Бал засміченості	Ступінь засміченості
1–5	1	Дуже слабкий
6–15	2	Слабкий
16–50	3	Середній
51—100	4	Сильний
Понад 100	5	Дуже сильний

Додатково було проаналізовано динаміку змін у проєктивному покритті бур'янової рослинності протягом вегетаційного періоду, що дозволило оцінити конкурентоспроможність редьки олійної на різних етапах її розвитку. Такий підхід сприяв отриманню детальних даних для розробки рекомендацій щодо оптимізації технологій вирощування редьки олійної, зокрема з урахуванням зниження рівня забур'яненості та підвищення ефективності використання посівних площ.

Модельний експеримент імітував процес висіву насіння редьки олійної за допомогою агродрона, що забезпечило рівномірний розподіл насіння по поверхні ґрунту. Протягом дослідження вивчалися особливості проростання насіння, динаміка росту та розвитку культури, її адаптація до різних рівнів забур'яненості, а також ефективність гербіцидної та безгербіцидної технологій вирощування. Результати експерименту дозволили визначити вплив різних технологій і норм висіву на конкурентоспроможність редьки олійної в умовах високого рівня забур'яненості. Це забезпечило можливість оцінити не лише біологічну продуктивність культури, але й її економічну та екологічну ефективність. Загалом, отримані дані сприятимуть розробці оптимальних технологій вирощування олійної редьки як сидеральної культури. Вони дозволять підвищити ефективність використання агродронів у сучасному сільському господарстві, а також сприяти сталому розвитку агроєкосистем завдяки зниженню екологічного впливу.

РОЗДІЛ III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Лабораторні дослідження посівних якостей насіння олійної редьки сорту «Кияночка»

Для забезпечення високої точності експерименту та мінімізації похибок у визначенні фактичної густоти рослин у польових умовах важливим є врахування посівних кондицій насіння. Попередня оцінка якості насіннєвого матеріалу є ключовим етапом, що дозволяє знизити вплив зовнішніх факторів на результати дослідження та забезпечити відповідність посівних робіт заданим параметрам. У рамках дослідження проведено лабораторний аналіз насіння олійної редьки сорту «Кияночка» для оцінки його посівних характеристик. Так, 21 травня 2024 року нами було проведено лабораторне дослідження відповідно до схеми досліду рис. 6 з метою визначення основних параметрів якості насіння, включаючи енергію проростання, схожість, масу 1000 насінин і чистоту насіннєвого матеріалу.

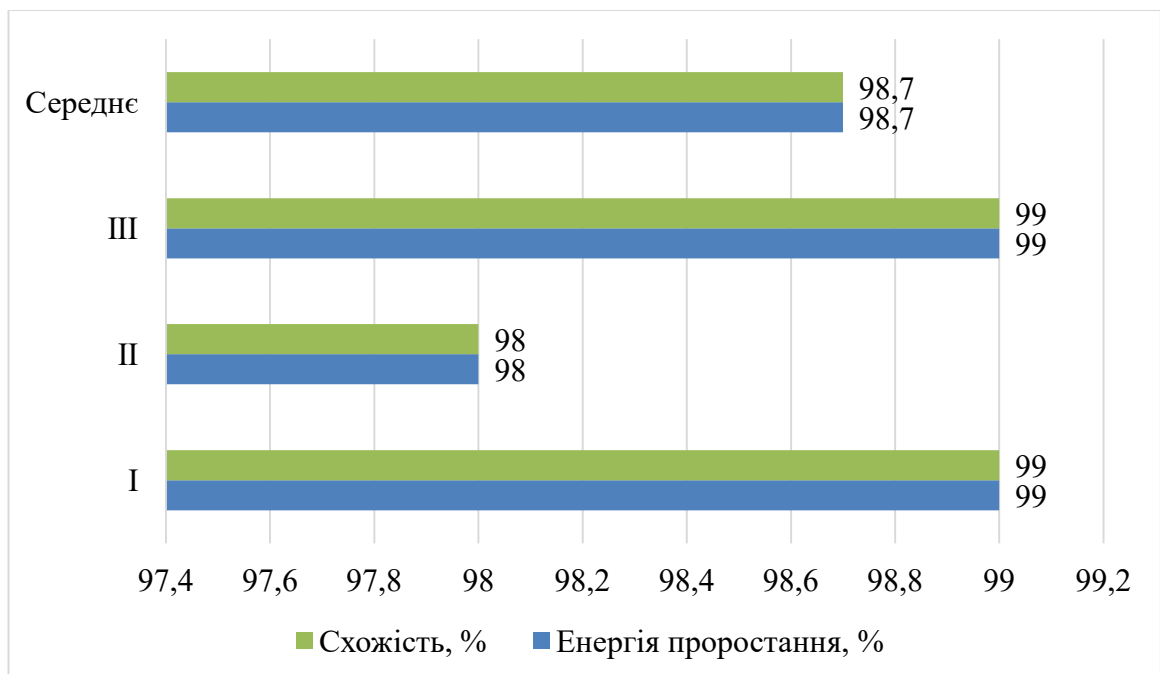


Рис. 6. Показники насіннєвої кондиції насіння Radish oil за результатами лабораторного дослідження (n=3)

Результати лабораторного аналізу забезпечили об'єктивну базу для планування польових експериментів, визначення норм висіву та прогнозування рівномірності розподілу рослин на полі (рис. 7). Це сприяло досягненню високої однорідності посівів, що є важливою умовою для коректного оцінювання ефективності гербіцидної та безгербіцидної технологій вирощування редьки олійної. Застосування такого підходу дозволяє зменшити варіативність результатів дослідів, забезпечуючи чистоту експерименту та підвищуючи достовірність отриманих даних.

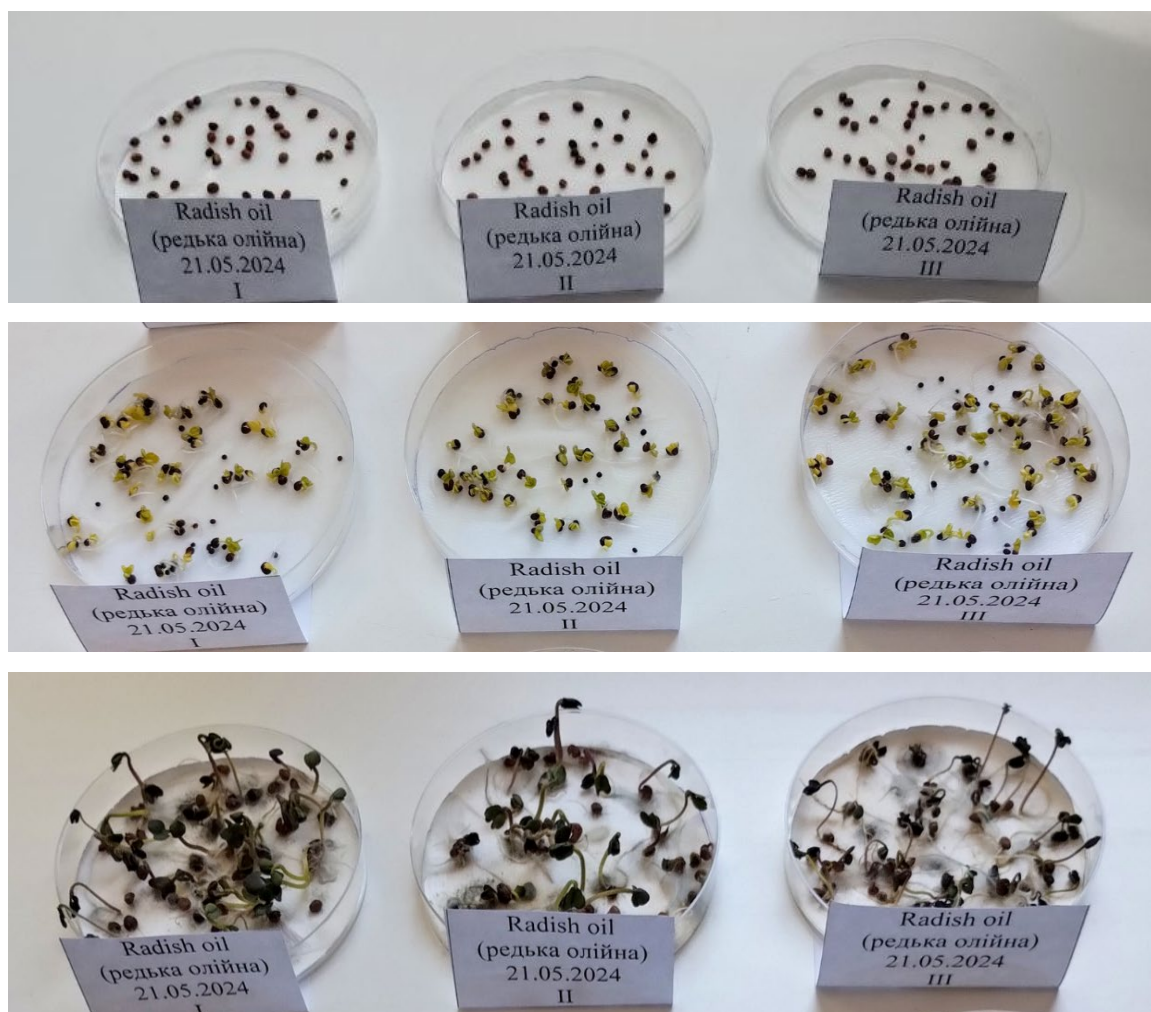


Рис. 7. Лабораторні дослідження з оцінки схожості та енергії проростання насіння редьки олійної сорту «Кияночка»: фактичні показники, 3-й день після початку експерименту, 7-ий день після початку експерименту

Лабораторна перевірка закупленого насіннєвого матеріалу редьки олійної засвідчила його високу якість, що підтверджується високими

показниками енергії проростання та лабораторної схожості. Ці характеристики вказують на придатність насіння для проведення експерименту, забезпечуючи його відповідність вимогам, висунутим до польових дослідів. Високі посівні якості насіння дозволили уникнути необхідності коригування фактичної норми висіву, що є важливим для дотримання узгодженої методики закладки досліду, розробленої у співпраці з партнерами проєкту. Це забезпечує однорідність та відповідність посівів запланованим умовам, що мінімізує вплив неконтрольованих чинників.

Відсутність необхідності в коригуванні норм висіву створює передумови для високої точності виконання експерименту. Це, своєю чергою, сприяє отриманню достовірних даних, які можуть бути використані для оцінки ефективності технологій вирощування редьки олійної, зокрема за умов застосування агродронів. Отримані результати дозволяють зробити обґрунтовані висновки щодо перспективності використання інноваційних підходів у сільському господарстві.

Лабораторний аналіз насіння редьки олійної сорту «Кияночка» засвідчив його високі посівні якості, що підтверджується показниками енергії проростання та схожості на рівні 98,7%. Такі результати свідчать про відповідність насіннєвого матеріалу вимогам, необхідним для закладки польового досліду, що дозволило уникнути коригування норм висіву.

Це, у свою чергу, мінімізує похибки, пов'язані з виконанням посівних робіт, і забезпечує високий рівень точності експерименту. Високі посівні кондиції насіння гарантують однорідний розподіл рослин на дослідних ділянках, що є ключовим фактором для достовірності та об'єктивності отриманих даних. Сприятливі показники якості насіння також створюють передумови для точного аналізу впливу технологій вирощування та норм висіву на ріст і розвиток культури. Це дозволяє більш ефективно оцінити адаптацію редьки олійної до різних умов забур'яненості, забезпечуючи наукову обґрунтованість висновків щодо перспективності використання даного сорту у практиці сільськогосподарського виробництва.

3.2. Закладання експериментальної ділянки для модельного досліду з варіаціями норм висіву редьки олійної сорту «Кияночка»

У модельному досліді використовувалася ділянка, покрита природною бур'яною рослинністю, яка протягом тривалого часу не зазнавала механічної обробки. Такий вибір експериментального майданчика дозволив створити умови, максимально наближені до природного агрофітоценозу. Метою дослідження було вивчення ефективності застосування агродронів для висіву насіння редьки олійної з різними нормами, а також оцінка динаміки росту і розвитку культури. Особлива увага приділялася її здатності адаптуватися до високого рівня природної забур'яненості та аналізу конкурентоспроможності редьки олійної у боротьбі з бур'янами. У рамках експерименту досліджувалися дві технології вирощування: безгербіцидна, що передбачає посів без застосування хімічних засобів для контролю бур'янів, та гербіцидна, де перед посівом проводилася обробка ґрунту гербіцидом для зниження рівня забур'яненості. У рамках безгербіцидного підходу насіння висівали безпосередньо в наявну бур'янову рослинність і дернину, тоді як за гербіцидної технології перед посівом проводили обробку ділянки препаратом «Раундап» (2 л/га, діюча речовина – гліфосат) (рис. 8). Порівняння результатів за цими технологіями дозволило оцінити їхній вплив на продуктивність культури та ефективність боротьби з бур'янами за умов застосування агродронів.

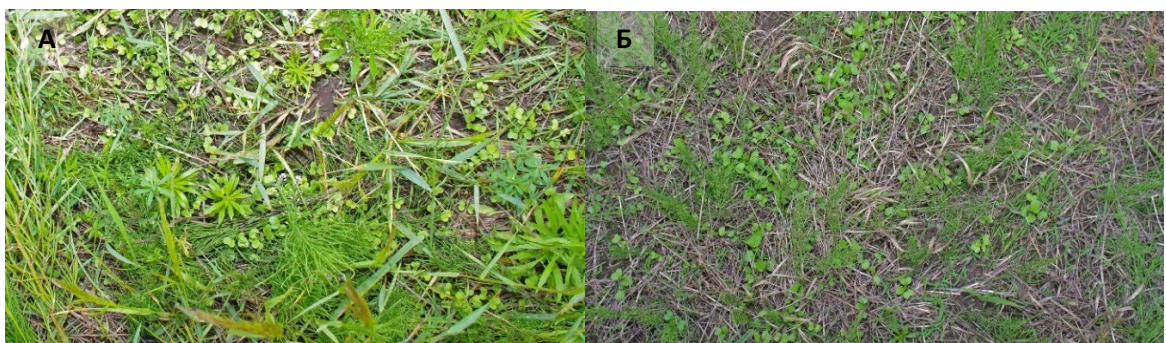


Рис.8 . Загальний вигляд посівів редьки олійної на модельних ділянках:
А - не оброблених гліфосатом;
Б - оброблених гліфосатом

Модельний дослід також спрямовувався на визначення залежностей між нормою висіву, рівнем забур'яненості та продуктивністю культури. Отримані дані мають практичне значення для вдосконалення технологій вирощування редьки олійної, зокрема як сидеральної культури, та впровадження сучасних інноваційних підходів до механізованого посіву в умовах природного засмічення ґрунтів. Для вирощування редьки олійної як сидеральної культури застосовували різні норми висіву: 80, 320, 560 і 800 шт./м². Дослід закладали з триразовою повторністю, а посів здійснили 6 червня 2024 року. Моніторинг стану посівів і відбір даних проводили кожні 20 днів, що дозволило простежити динаміку росту рослин, а також оцінити вплив різних технологій і норм висіву на їхній розвиток у реальних польових умовах.

У дослідженні детально описано підготовку дослідної ділянки, яка включала закладення експерименту на місцевості, встановлення реперних точок для точного маркування та розбивку ділянок відповідно до обраної системи координат (рис. 9). Такий підхід забезпечив високий рівень точності виконання експерименту та заклав основу для подальшого проведення дослідних робіт.



Рис. 9. Закладення експерименту на місцевості, встановлення реперних точок і розподіл дослідних ділянок

Нами було проведено аналіз динаміки росту та розвитку редьки олійної сорту «Кияночка» за різних норм висіву та різної технології висіву. Результати спостережень, узагальнені в діаграмах на рисунках 10, 11 та 12

демонструють середні показники розвитку рослин, отримані за триразової повторності, на трьох ключових етапах: 6 червня, 26 червня та 12 липня 2024 року.

Аналіз даних дозволив виявити закономірності впливу норм висіву на ріст і розвиток культури. Зокрема, було оцінено, як щільність посіву впливає на конкурентоспроможність редьки олійної в умовах високого рівня природної забур'яненості. Особлива увага приділялася таким параметрам, як висота рослин, щільність стояння, площа листкової поверхні та біомаса.

Отримані результати дозволяють не лише оцінити адаптаційні можливості редьки олійної в умовах модельного досліду, а й визначити оптимальні норми висіву для підвищення продуктивності культури. Ці дані є важливими для обґрунтування технологій вирощування редьки олійної, зокрема у поєднанні з інноваційними методами посіву, такими як агродрони. Урахування густоти посівів є ключовим для забезпечення балансу між рентабельністю виробництва та зменшенням конкуренції з боку бур'янів.

Як видно на діаграмі 10 у контрольній технології, тобто без застосування гербіциду, при нормі висіву 80 шт./м² густина рослин на момент сходів становила 68 шт./м², а це відповідає 85% виживабельності — найнижчому значенню серед усіх досліджуваних варіантів. Найвищий рівень виживабельності за цієї технології був зафіксований при нормі висіву 320 шт./м², де відсоток виживаності становив 88,8%.

У випадку гербіцидної обробки гліфосатом найнижчий рівень виживабельності спостерігався при нормі висіву 560 шт./м², коли густина рослин на момент сходів становила 498 шт./м², що відповідає 88,9%. Найвищий показник за гербіцидної технології був зафіксований при нормі висіву 80 шт./м², де густина рослин склала 75 шт./м², що відповідає 93,8%.

Отримані результати демонструють, що гербіцидна обробка сприяє підвищенню виживаності рослин за рахунок зменшення конкуренції з бур'янами, особливо за нижчих норм висіву. У той же час, безгербіцидна технологія показала нижчі показники виживабельності, що пояснюється

впливом природної забур'яненості на густоту сходів, особливо за меншої щільності посіву. Ці дані є важливими для оптимізації норм висіву залежно від обраної технології вирощування.

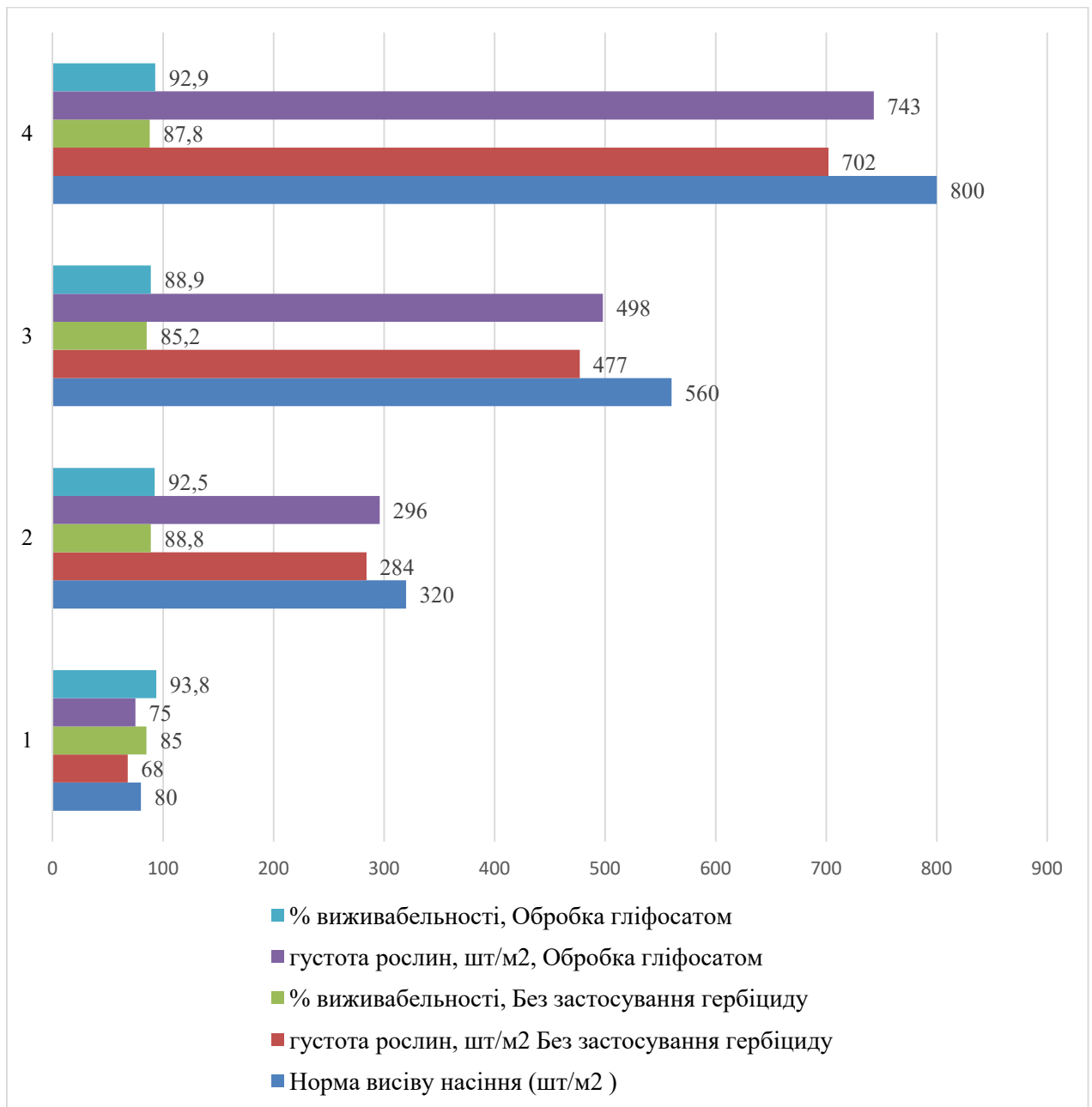


Рис. 10. Динаміка росту рослин редьки олійної при різних нормах висіву станом на 06.06.2024 року (середні значення за триразовою повторністю)

Через 20 днів після початку нашого дослідження було проведено повторне обстеження ділянок. Звертаємо увагу на діаграму 11, де у разі безгербіцидної технології вирощування олійної редьки - прямий посів у бур'янову рослинність, при нормі висіву 560 шт./м², нами було відмічено

найбільше випадання рослин редьки олійної. Густота рослин на момент обстеження становила 94 шт./м², що відповідає лише 16,8% виживабельності.

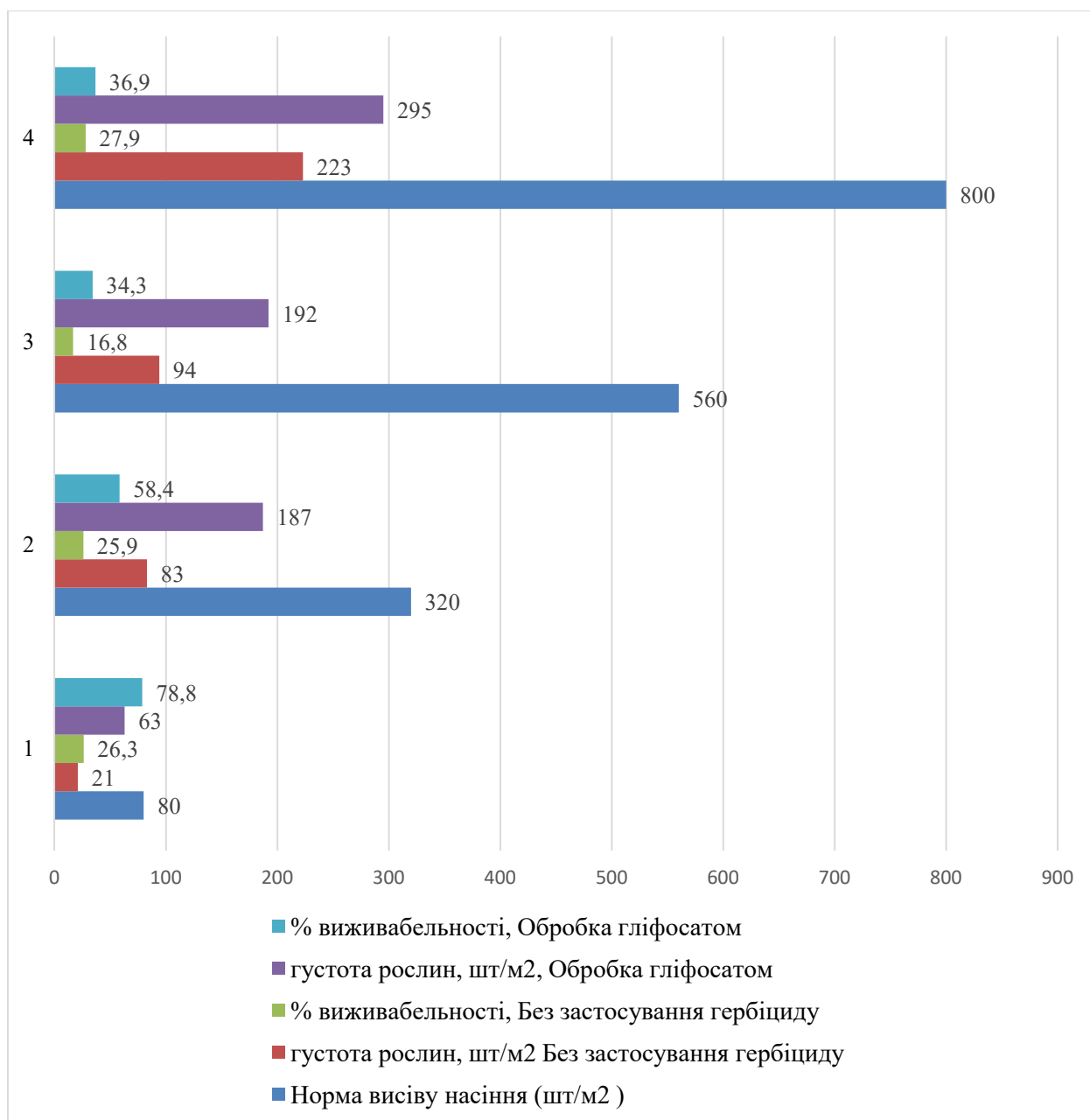


Рис. 11. Динаміка росту рослин редьки олійної при різних нормах висіву станом на 26.06.2024 року (середні значення за триразовою повторністю)

Натомість найвищий показник виживабельності за безгербіцидної технології було зафіксовано при нормі висіву 800 шт./м²: густота рослин досягла 223 шт./м², що становить 27,9% виживабельності. Ці результати вказують на значний вплив конкуренції з бур'янами та стресових умов на молоді рослини редьки олійної, особливо за середніх норм висіву.

Висока норма висіву, хоча й зумовила більшу загальну густоту, забезпечила кращу адаптацію рослин, оскільки підвищена щільність сприяє збільшенню конкурентоспроможності культури в умовах забур'яненості. Однак ці результати також підкреслюють необхідність подальших досліджень безгербіцидної технології для оптимізації норм висіву, що дозволить підвищити виживаність і продуктивність редьки олійної в умовах природної забур'яненості.

На ділянці з обробкою гербіцидом, показники виживабельності рослин олійної редьки значно перевищували результати безгербіцидної технології, хоча загальні тенденції зберігалися подібними. Так, найбільше випадання рослин було зафіксовано при нормі висіву 560 шт./м², де виживабельність склала 34,3%, а це відповідає густоті 192 рослини на 1 м². Мова йде про те, що навіть за умов гербіцидної технології обробітку ґрунту висока норма висіву може не гарантувати оптимальної густоти через конкуренцію між рослинами та залишковий вплив бур'янової рослинності.

Найвищий рівень виживабельності спостерігався при нормі висіву 80 шт./м², де густота рослин через 20 днів становила 63 шт./м², що відповідає 78,8% виживабельності. Так, нижча норма висіву у поєднанні з гербіцидною обробкою створює більш сприятливі умови для розвитку рослин завдяки зменшенню конкуренції за світло, вологу та поживні речовини.

Отримані результати підтверджують ефективність гербіцидної обробки для підвищення виживаності редьки олійної за різних норм висіву. Особливо важливим є правильне співвідношення густоти посіву та доступності ресурсів для оптимізації росту і розвитку культури. У подальших дослідженнях доцільно вивчити вплив різних доз гербіцидів та методів їх внесення на виживаність і продуктивність посівів.

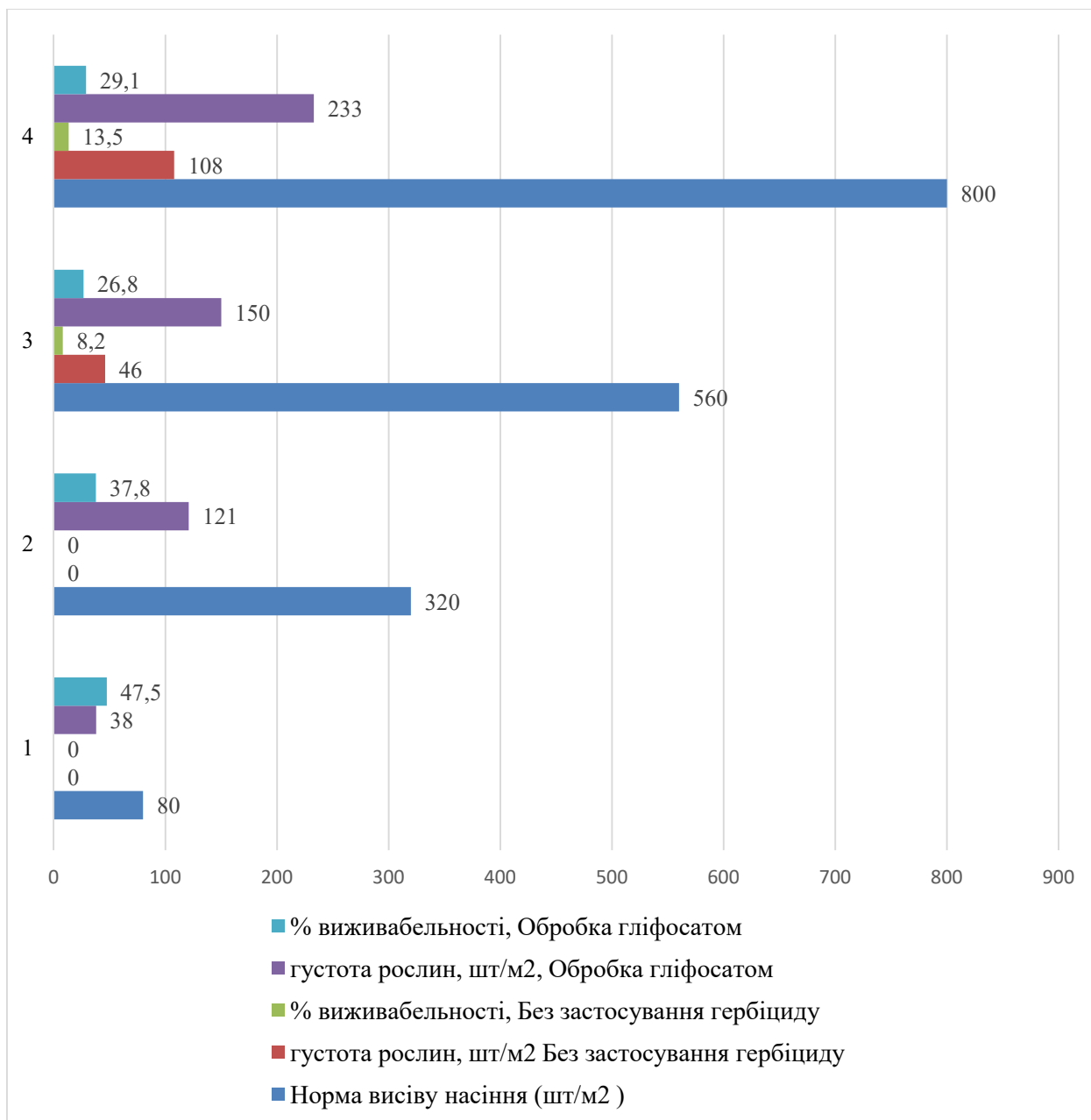


Рис. 12. Динаміка росту рослин рядьки олійної при різних нормах висіву станом на 12.07.2024 року (середні значення за триразовою повторністю)

Третій відбір даних щодо виживабельності рослин був проведений 12 липня 2024 року, тобто через 40 днів після сходів рослин або 20 днів після попереднього обстеження (рис. 12). У варіантах із безгербіцидною технологією спостерігалось повне знищення рослин рядьки олійної при нормах висіву 80 шт./м² та 320 шт./м², що було спричинено інтенсивною конкуренцією з бур'янами.

Для норми висіву 560 шт./м² відсоток виживабельності становив лише 8,2%, що відповідає густоті 46 рослин на 1 м². Найвищий рівень виживаності в цих умовах був зафіксований при нормі висіву 800 шт./м², де виживабельність становила 13,5% або 108 рослин на 1 м². Це підтверджує критичний вплив забур'яненості на життєздатність рослин і наголошує на необхідності застосування додаткових агротехнічних заходів для зменшення конкуренції за ресурси.

Результати досліджень на модельних ділянках із гербіцидною технологією показали значно кращу динаміку розвитку рослин олійної редьки порівняно з варіантами безгербіцидного вирощування. У всіх досліджуваних нормах висіву не було зафіксовано повної загибелі рослин. Найнижчий рівень виживабельності становив 26,8% за норми висіву 560 шт./м², тоді як найвищий показник — 47,5% — був зафіксований за норми висіву 80 шт./м².

Аналіз отриманих даних підтверджує ефективність використання агродронів для посіву редьки олійної навіть у складних умовах, таких як високий рівень забур'яненості чи необроблені землі, які залишалися без механічного обробітку понад три роки. Попередня хімічна обробка ділянки гербіцидом створила значну технологічну перевагу, що проявилось у підвищених показниках виживаності рослин та їх кращому розвитку.

Отримані результати мають важливе практичне значення, особливо для застосування в важкодоступних районах, на деградованих ґрунтах або еродованих територіях. Використання агродронів у таких умовах дозволяє значно зменшити економічні та енергетичні витрати на обробіток і відновлення земель. Це сприяє ефективному освоєнню малопродуктивних територій і відкриває нові можливості для впровадження інноваційних технологій у сільському господарстві.

3.3. Вплив технологій вирощування та норм висіву на ріст і розвиток олійної редьки сорту «Кияночка» в умовах забур'яненості

З метою отримання комплексної оцінки ефективності застосованих технологій нами було проведено детальний аналіз стану дослідних ділянок. Основну увагу приділено вивченню динаміки розвитку культурних рослин та впливу бур'янової рослинності, що дало змогу оцінити адаптаційні можливості олійної редьки за умов різного технологічного обробітку. Тому ми здійснили додаткові дослідження, спрямовані на уточнення та узагальнення отриманих результатів.

У завершальній фазі експерименту проведено всебічний аналіз стану культурних і дикорослих рослин, зокрема за такими напрямками:

1. Визначено фактичну густоту культурних рослин у динаміці відповідно до застосованих технологій вирощування та норм висіву, передбачених схемою досліду.
2. Здійснено облік найпоширеніших видів бур'янової рослинності, що є на дослідних ділянках, для оцінки їхнього впливу на розвиток редьки олійної.
3. Порівняно вплив різних технологій, як гербіцидної, так і безгербіцидної, порівняно норми висіву та інші умови вирощування на динаміку росту культурних рослин у період від масових сходів до фази цвітіння.

Перераховані вище заходи дозволили нам отримати комплексну картину ефективності застосованих технологій, встановити залежності між нормами висіву, технологіями вирощування та впливом бур'янової рослинності, а також оцінити стійкість і продуктивність редьки олійної у різних умовах експерименту. Результати аналізу свідчать, що в заключній фазі досліджень спостерігалися періоди, коли культурні рослини зазнавали суттєвого впливу бур'янової рослинності. Це проявлялося у витісненні культурних рослин, уповільненні їхнього росту, подовженні міжфазних періодів розвитку та

зниженні густоти посівів. У деяких випадках бур'янова рослинність повністю витісняла редьку олійну, що призводило до повної загибелі рослин (рис. 13).

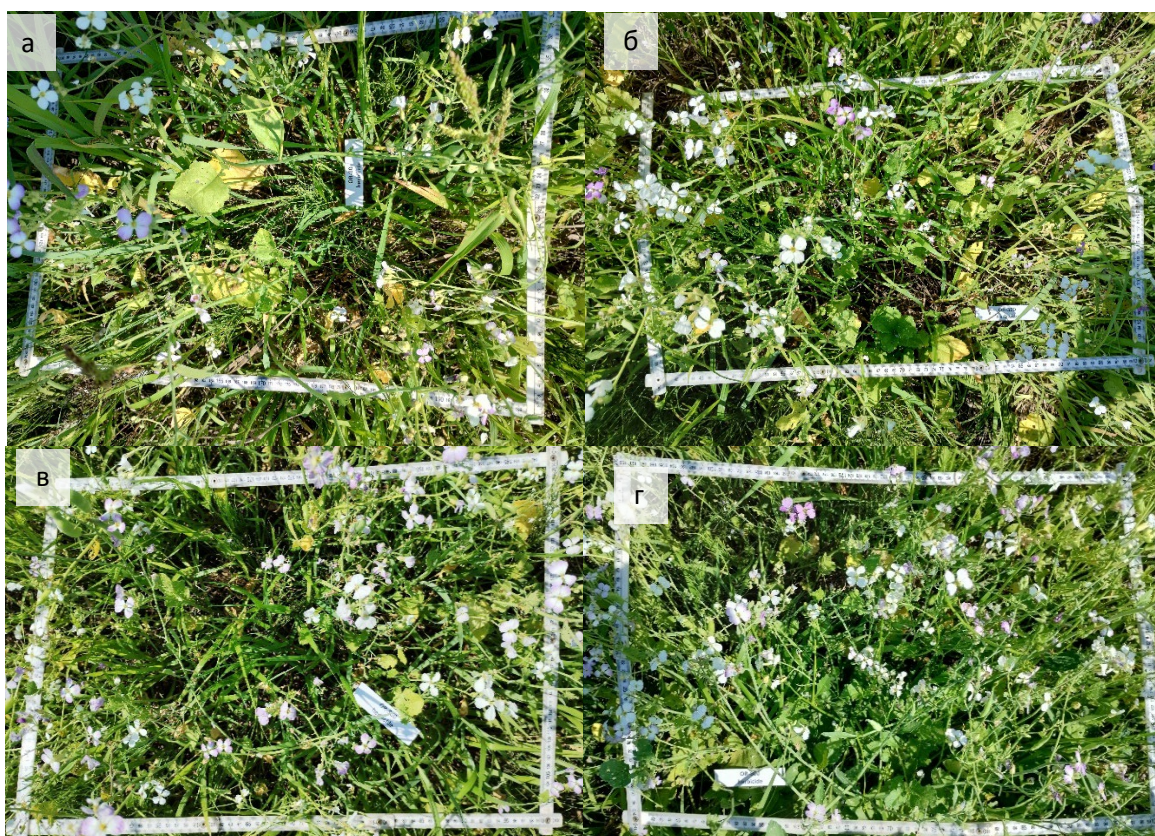
Отримані результати підкреслюють необхідність подальшої оптимізації технологій вирощування, зокрема раціонального підбору норм висіву та інтеграції агротехнічних заходів для ефективного контролю бур'янів і забезпечення стійкого розвитку культурних рослин.



**Рис. 13. Загальний вигляд стану посівів олійної редьки на модельних ділянках не оброблених гербіцидом:
а - OR-80; б - OR-320; в - OR-560; г - OR-800**

У ході досліджень було визначено три ключові періоди для спостережень, які мають важливе значення для аналізу динаміки розвитку культури та ефективності застосованих агротехнологій: перший період – початок масових сходів. Цей етап визначає стартові умови для розвитку культури, зокрема густоту сходів, енергію проростання та конкурентну

ситуацію з бур'яною рослинністю. Він є основою для оцінки посівних кондицій насіння та ефективності початкових агротехнічних заходів. Другий період – фаза інтенсивного росту та розвитку. У цій фазі культура демонструє максимальну конкурентоспроможність щодо бур'янів. Оцінка показників росту, біомаси та рівномірності посівів дозволяє визначити ефективність обраної технології вирощування та вплив норм висіву на продуктивність. Третій період – уповільнення ростових процесів. На цьому етапі відбувається зниження конкурентоспроможності культури, що сприяє посиленню тиску бур'янів. У деяких випадках це призводить до витіснення культурних рослин і навіть їх повного випадання, що потребує додаткових заходів для зменшення негативного впливу.



**Рис. 14. Загальний вигляд стану посівів олійної редьки на модельних ділянках оброблених гербіцидом:
а - OR-80; б - OR-320; в - OR-560; г - OR-800**

Виділення цих періодів є критично важливим для оцінки ефективності застосованих агротехнологій і планування заходів для підвищення стійкості культурних рослин до впливу зовнішніх факторів. Вони дозволяють більш точно адаптувати стратегії вирощування редьки олійної до конкретних умов, враховуючи як біологічні особливості культури, так і специфіку агроєкосистеми (рис. 14).

Оптимальним періодом для збору даних щодо стану олійної редьки, на нашу думку, є 18–20 днів після появи сходів. У цей час рослини найбільш помітно вирізняються серед бур'янової рослинності, мають добре сформовану структуру стеблостою і ще не зазнають значних втрат від конкуренції. На 35–37 день після сходів в умовах досліджуваного року було зафіксовано інтенсивне зменшення кількості культурних рослин, що переважно пояснюється активним розвитком бур'янової рослинності.

Бур'янова рослинність дослідних ділянок була надзвичайно різноманітною, включаючи 21 вид, серед яких 17 домінували, а 4 зустрічалися спорадично (табл. 2). Таке біорізноманіття створювало значну конкуренцію для культурних рослин, негативно впливаючи на їх ріст і розвиток. Серед бур'янових видів найбільш виражену присутність мали хвощ польовий (*Equisetum arvense*), пирій повзучий (*Elymus repens*) та мишій сизий (*Setaria verticillata*). Ці види демонстрували високу агресивність у ґрунтово-кліматичних умовах експерименту, зокрема через швидкий темп розвитку та значне покриття площі, що створювало потужну конкуренцію за ресурси. Вони були присутні практично на всіх ділянках, суттєво впливаючи на життєздатність редьки олійної.

Аналіз показав, що видовий склад бур'янової рослинності залежав від способу підготовки ґрунту до посіву. На ділянках без гербіцидної обробки домінували злакові види сегетальної рослинності, які витісняли навіть стійкі багаторічні бур'яни, такі як хвощ польовий. Однак ця агресивність негативно впливала на культурні рослини, часто спричиняючи їх повну загибель, особливо за низьких норм висіву.

Таблиця 2

Аналіз видового складу бур'янової рослинності в посівах олійної редьки за різних норм висіву: результати станом на 42-й день після посіву (01.06.2024) та 38-й день після масових сходів (04.06.2024)

№	Вид	Без попередньої обробки гербіцидом				Оброблено гліфосатом			
		Кратність (густота, шт./м²)							
		1х (80)	4х (320)	7х (560)	10х (800)	1х (80)	4х (320)	7х (560)	10х (800)
1	Пирій повзучий (<i>Elymus repens</i>)	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Хвощ польовий (<i>Equisetum arvense</i>)	+	+	+	+	+	+	+	+
3	Мишій сизий (<i>Setaria verticillata</i>)	+	+	+	+	+	+	+	+
4	Суріпиця звичайна (<i>Barbarea vulgaris</i>)	+	+	+	+				
5	Метлюг звичайний (<i>Apera spica-venti</i>)	+	+	+	+	+			
6	Підмаренник чіпкий (<i>Galium aparine</i>)	+	+	+	+				
7	Морква дика (<i>Daucus carota</i>)	+	+						
8	Тонконіг лучний (<i>Poa pratensis</i>)	+	+	+	+				
9	Волошка синя (<i>Centaurea cyanus</i>)	+	+	+	+				
10	Ромашка лікарська (<i>Matricaria chamomilla</i>)	+	+	+	+				
11	Триреберник непахучий (<i>Tripleurospermum maritimum</i>)		+	+	+				
12	Квасениця прямостояча (<i>Xanthoxalis Fontana</i>)		+	+	+				
13	Осот жовтий польовий (<i>Sonchus arvensis</i>)			+					
14	Злинка канадська (<i>Erigeron canadensis</i>)	+	+						
15	Плоскуха звичайна (<i>Echinochloa crus-galli</i>)					+	+	+	+
16	Мишій зелений (<i>Setaria viridis</i>)						+	+	+
17	Золототисячник звичайний (<i>Centaureum erythraea</i>)								
18	Горошок мишачий (<i>Vicia cracca</i>)								
19	Щириця звичайна (<i>Amaranthus retroflexus</i>)								
20	Берізка польова (<i>Convolvulus arvensis</i>)	+	+	+	+				
21	М'ята польова (<i>Mentha arvensis</i>)								

На ділянках, які пройшли хімічну обробку гліфосатом у дозі 2 л/га, ситуація виглядала інакше. Було зафіксовано значне збільшення видового різноманіття бур'янових рослин, але при цьому виживаність культурних рослин суттєво зросла. Це підтверджує, що гербіцидна підготовка ґрунту

створює сприятливі умови для росту редьки олійної, значно знижуючи конкуренцію з боку бур'янів.

Особливий інтерес викликали результати на ділянках із підвищеними нормами висіву редьки олійної. Тут культурні рослини проявляли підвищену конкурентоспроможність і в ряді випадків витісняли бур'янову рослинність. У таких умовах спостерігався повноцінний розвиток культури, включаючи цвітіння та формування стручків. Це свідчить про те, що оптимальне поєднання технологій обробітку ґрунту та норм висіву дозволяє досягти балансу між розвитком культури та контролем рівня забур'яненості, підвищуючи загальну продуктивність посівів.

Таблиця 3

Показники редьки олійної та бур'янової рослинності в залежності від технологій висіву станом на 12 липня 2024 року

Технологія	Норма висіву насіння (кратність, шт./м ²)	Густота рослин, шт./м ²	% виживаємості	Стан культури	Бал проективного покриття бур'янами поверхні ґрунту
Без застосування гербіциду	1х (80)	0	0	відсутня	4г
	4х (320)	0	0	відсутня	4г
	7х (560)	46	8,2	погано розвинена	4б
	10х (800)	108	13,5	погано розвинена	3г
Обробка гліфосатом	1х (80)	38	47,5	добре розвинена	2а
	4х (320)	121	37,8	добре розвинена	2в
	7х (560)	150	26,8	відставання у рості	3б
	10х (800)	233	29,1	відставання у рості	3б

В таблиці 3 представлено вплив різних технологій обробітку ґрунту та норм висіву на густоту рослин редьки олійної, рівень виживаності, стан культури та забур'яненість ґрунту. За умов безгербіцидної технології, при

низьких і середніх нормах висіву (80 і 320 шт./м²), виживаність рослин була відсутня (0%), оскільки бур'янова рослинність повністю витісняла культуру. Рівень проективного покриття бур'янами оцінювався на максимальному рівні (4г). Для вищих норм висіву (560 і 800 шт./м²) виживаність становила 8,2% і 13,5% відповідно, проте стан культури залишався незадовільним, а забур'яненість була високою (4б і 3г відповідно).

При застосуванні технології із гербіцидною обробкою гліфосатом спостерігалася значно краща виживаність і стан культури. За мінімальної норми висіву (80 шт./м²) виживаність досягла 47,5%, а культура перебувала в доброму стані. Рівень забур'яненості оцінювався як низький (2а). При нормі висіву 320 шт./м² виживаність становила 37,8%, рослини були добре розвинені, хоча забур'яненість залишалася помірною (2в). Для вищих норм висіву (560 і 800 шт./м²) виживаність склала 26,8% і 29,1% відповідно, однак спостерігалася відставання рослин у рості, а рівень забур'яненості залишався на середньому рівні (3б).

Отримані результати підкреслюють, що гербіцидна обробка ґрунту суттєво підвищує виживаність рослин і покращує їхній стан навіть за умов значної забур'яненості. У той час як безгербіцидна технологія виявилася малоефективною, особливо при низьких і середніх нормах висіву, через високий конкурентний тиск бур'янів. Максимальні норми висіву частково компенсували негативний вплив забур'яненості за рахунок підвищення конкурентоспроможності культури, проте цього виявилось недостатньо для забезпечення задовільного розвитку рослин без додаткових заходів боротьби із забур'яненістю. Це свідчить про необхідність інтеграції агротехнічних заходів для забезпечення стійкого розвитку культури за умов високої конкуренції з бур'янами.

3.4. Економічна ефективність елементів традиційної технології у порівнянні з використанням агродрону при вирощуванні редьки олійної в якості сидеральної культури в умовах Полісся.

На сьогоднішній час інновації в сільському господарстві розширюються і набувають все більшої популярності, насамперед, це пов'язано із зниженням економічних затрат, підвищенням продуктивності, зменшенням робочого часу та можливості автоматизації певних процесів. Так, ряд технологічних процесів, які традиційно виконувалися наземним транспортом можуть бути роботизовані та автоматизовані, зокрема, моніторинг полів та посівів, обробка хімічними препаратами, рідкими мінеральними добривами, посів сільськогосподарських культур, моніторинг стану посівів, десикація, обробка полів деструкторами, посів сидеральних культур, внесення трихограми, полив. За певних умов всі ці технологічні операції, з успіхом можуть бути автоматизовані і виконуватися агродроном.

Таблиця 4

Порівняльна характеристика технологічних процесів в затрат при використанні традиційної технології і дрону

Показники	Технологія застосування дрону		Традиційна технологія	
	Без гербіциду	З гербіцидом	Без гербіциду	З гербіцидом
Обробка гліфосатом, грн.	-	200,00	-	371,00
Посів, грн.	120,00	120,00	265,00	265,00
Швидкість операційних процесів, хв/га	5-7	5-7	25-45	25-45
Затрати води, л/га	-	3-5	-	200-250

З усього спектру, нами було досліджено і проведено порівняльний аналіз в таблиці 4, дві технологічні операції – це внесення хімічного препарату, зокрема гербіциду Раундап та посів. Як видно з таблиці, внесення препарату дроном складає близько 20 грн./га, при цьому затрати у воді становлять від 3 до 5 літрів, а сама операційна технологія в залежності від різних параметрів, трває близько 5-7 хв. В той же час при традиційній технології затрати на обробку коливаються в межах 371 грн. і потребують від 200 до 250 л/га води. При цьому обробка 1 га в залежності від марки обприскувача та швидкості руху агрегату від 25 до 45 хв.

Що стосується посіву, то за умов використання дрону, вартість затрат на 1 га становитиме 120 грн., в той час як за умов традиційного підходу, вона складає 265 грн. Отже, порівняльна характеристика дає змогу нам оцінити достатньо високу продуктивність та економність використання безпілотних літальних апаратів в аграрному секторі, єдиною проблемою, яка існує на сьогоднішній час і знижує потенціал та можливості широкого впровадження дронів в агровиробництві – це відсутність висококваліфікованих фахівців, зокрема операторів дронів та ряд недосконалостей на сьогоднішній момент щодо функціоналу та обладнання їх.

ВИСНОВКИ

1. Дослідження підтвердили доцільність використання агродронів для посіву редьки олійної навіть за складних умов, таких як високий рівень забур'яненості або необроблені ґрунти. Використання агродронів забезпечило рівномірний розподіл насіння, що є критичним для досягнення оптимальної густоти посівів.
2. При безгербіцидній технології виживаність рослин олійної редьки за низьких норм висіву (80 і 320 шт./м²) становила 0%, що свідчить про значний вплив конкуренції з бур'яновою рослинністю. Для вищих норм висіву (560 і 800 шт./м²) виживаність склала 8,2% і 13,5% відповідно, але стан культури залишався незадовільним.
3. При гербіцидній технології застосування гліфосату суттєво покращило виживаність культури. Найвищий рівень виживаності зафіксовано при нормі висіву 80 шт./м² — 47,5%, що забезпечило добрий стан рослин. При нормах 320, 560 і 800 шт./м² виживаність становила 37,8%, 26,8% і 29,1% відповідно, але за вищих норм спостерігалось відставання рослин у рості.
4. Максимальні норми висіву (800 шт./м²) забезпечували підвищену конкурентоспроможність редьки олійної, що частково зменшувало негативний вплив бур'янів навіть за умов безгербіцидної технології. Проте без додаткових заходів боротьби із забур'яненістю досягти задовільного стану культури не вдалося.
5. На ділянках із гербіцидною обробкою редька олійна демонструвала кращу адаптацію та розвиток, особливо за низьких норм висіву. У той час як безгербіцидна технологія показала критичне зниження життєздатності культури, що особливо проявлялося при низьких нормах висіву.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На основі проведених досліджень розроблено рекомендації для впровадження у сільськогосподарських підприємствах різних форм власності. Для ефективного вирощування редьки олійної доцільно застосовувати гербіцидну обробку ґрунту перед посівом препаратом на основі гліфосату в дозі 2 л/га. Це значно знижує рівень забур'яненості та покращує стартові умови для культури. Особливо ефективним є використання агродронів для посіву, що дозволяє забезпечити рівномірний розподіл насіння навіть на важкодоступних ділянках або деградованих землях. Дрони з точними системами дозування та GPS-навігацією підвищують якість посівних робіт і економлять ресурси.

За умов значної забур'яненості рекомендовано норми висіву у межах 320–560 шт./м², що забезпечує оптимальний баланс між конкурентоспроможністю культури та ефективним використанням ресурсів. У разі помірної забур'яненості можна збільшувати норму висіву до 800 шт./м², що сприяє підвищенню конкурентної переваги культури над бур'янами. Моніторинг стану посівів слід проводити через 18–20 днів після появи сходів, а також у фазах інтенсивного росту і цвітіння. Це дозволяє своєчасно реагувати на зміни в агрофітоценозі, зокрема виявляти ділянки з недостатньою густиною рослин або підвищеною забур'яненістю.

На ділянках, де гербіцидна обробка є небажаною, доцільно впроваджувати комбіновані методи боротьби із забур'яненістю, включаючи мульчування, міжрядний обробіток чи використання сидеральних культур для пригнічення бур'янів. У випадках роботи на деградованих або еродованих ґрунтах використання максимальних норм висіву (800 шт./м²) у поєднанні з гербіцидною обробкою сприятиме швидшому покриттю ґрунту, зменшенню ерозії та покращенню загального стану земель. Високі норми висіву редьки олійної дозволяють забезпечити стабільний врожай навіть за несприятливих умов, що знижує ризики втрат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Васильковська К.В., Андрієнко О.О., Шепілова Т.П. Ефективність агродронів в системі точного землеробства. Аграрні інновації. – Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2023. – Вип. 16. С. 13-18.
2. Васильковська К.В., Андрієнко І.А., Філончук А.С. Використання агродронів в системі точного землеробства. Матеріали Х Міжнародної науково-технічної онлайн конференції «Крамаровські читання». – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2023. С. 201-203.
3. С. В. Журавель Особливості відпрацювання технології вирощування редьки олійної в якості сидеральної культури за умов моделювання технологічної схеми посіву за допомогою агродрону / Журавель С. В., Кравчук М. М., Журавель С. С., Карбівський Е. О., Малахівський А. А., Ткаченко М. С. // Sciences of Europe (Praha, Czech Republic) ISSN 3162-2364. 2024. № 153. Р. 4-7.
4. С. В. Журавель Технологічні особливості вирощування різних сортів редьки олійної в умовах Житомирської області / Журавель С. В., Журавель С. С., Сладковська Т.А., Грищенко Т.М., Бачинський Я.М., Бучко О.В. // Sciences of Europe (Praha, Czech Republic) ISSN 3162-2364. 2023. № 130. Р. 19-24.
5. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Державний стандарт (ДСТУ 4138-2002). К. : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
6. Окрушко С.Є. Екологічна безпека сучасних систем захисту рослин. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2015. № 2. С. 126-134.
7. Первачук М. В., Шевчук О. А., Шевчук В. В. Еколого-токсикологічні особливості та використання у сільському господарстві синтетичних регуляторів росту. «Cutting-edge science – 2018»: Materials of the XIII International scientific and plactuical conference. 2018. Vol. 20. С. 81 – 83.

8. Рослинництво. Технології вирощування с.-г. культур / В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, П. В. Іващук, О. В. Корнійчук. – Львів: НВФ Укр. технології, 2010. – 1086 с.
9. Цицюра Я. Г, Цицюра Т. В. Редька олійна. Стратегія використання та вирощування. Монографія. Вінниця: ТОВ “Нілан ЛТД”, 2015. 624 с
10. Шевчук О. А., Ткачук О. О., Бахмат Ю. О. Застосування регуляторів росту рослин у рослинництві. «Veda a technologia: krok do budoucnosti – 2017»: Materialy XIII Meznarodni vedecko-practicka konference. 2017. Vol. 9. Praga. С. 38 – 43.
11. Bajwa, A.A., Mahajan, G., and Chauhan, B.S. 2017. Nonconventional weed management strategies for modern agriculture. Weed Science 63:723-747.
12. Brust, J., Claupein, W., and Gerhards, R. 2014. Growth and weed suppression ability of common and new cover crops in Germany. Crop Protection 63:1-8.
13. Harris, K.D., Geretharan, T., Dilsath, M.S.A., Srikrishnah, S., and Nishanthi, S. 2015. Critical period of weed control in radish (*Raphinus sativus* L.) AGRIEAST: Journal of Agricultural Sciences (10):6-10.
14. Eberhart, S.A., and Russell, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science 6:36-40.
15. Jugulam, M., Varanasi, A.K., Varanasi, V.K., and Prasad, P.V.V. 2019. Climate change Influence on herbicide efficacy and weed management. Chapter 18. p. 433-448. In Yadav, S.S., Redden, R.J., Hatfield, J.L., Ebert, A.W., and Hunter, D. (eds.) Food security and climate change. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, USA
16. Knezevic, S.Z., and Datta, A. 2015. The critical period for weed control: Revisiting data analysis. Weed Science 63(Issue SP1):188-202.
17. Kunz, Ch., Sturm, D.J., Varnholt, D., Walker, F., and Gerhards, R. 2016. Allelopathic effects and weed suppressive ability of cover crops. Plant, Soil and Environment 62:60-66.

18. Lehrs, G., and Gallian, J. 2010. Oilseed radish effects on soil structure and soil water relations. *Journal Sugar Beet Research* 47:1-21.
19. Lemerle, D., Lockley, P., Luckett, D., and Wu, H. 2010. Canola competition for weed suppression. p. 60-62. In Zydenbos, S.M. (ed.) *Proceedings of the Seventeenth Australasian Weeds Conference: new frontiers in New Zealand, together we can beat the weeds*, Christchurch. 26-30 September. New Zealand Plant protection Society, Christchurch, New Zealand.
20. Mazzoncini, M., Sapkota, T.B., Bàrberi, P., Antichi, D., and Risaliti, R. 2011. Long-term effect of tillage, nitrogen fertilization and cover crops on soil organic carbon and total nitrogen content. *Soil and Tillage Research* 114:165-174.
21. Oliveira, A.S., Moreira de Carvalho, M.L., Nery, M.C., Oliveira, J.A., and Guimarães, R.M. 2011. Seed quality and optimal spatial arrangement of fodder radish. *Scientia Agricola* 68(4):417-423.
22. Rana, S.S., and Kumar, S. 2014. *Practical manual - Principles and practices of weed management*. Department of Agronomy, College of Agriculture, CSK Himachal Pradesh Krishi Vishvavidyalaya, Palampur, India.
23. Rao, V.S. 2017. *Principles of weed science*. 2nd ed. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, USA.
24. Ratanapariyanuch, K., Clancy, J., Emami, S., Cutler, J., and Reaney, M.J.T. 2013. Physical, chemical, and lubricant properties of Brassicaceae oil. *European Journal Lipid Science Technology* 115:1005-1012.
25. Smith J., Brown K. Enhancing soil fertility with radish cover crops. *Journal of Soil Science*, 2019, Vol. 42, pp. 120–128.
26. Santosh, K., Dhaka, A.K., Singh, R., Premaradhya, N., and Reddy, G.C. 2018. A study on crop weed competition in field crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(4):3235-3240.
27. Shaner, D.L., and Beckie, H.J. 2014. The future for weed control and technology. *Pest Management Science* 70:1329-1339.

28. Singh, P.K., Yogita, G., and Choudhary, V.K. 2018. Adoption of integrated weed management practices correlates with farmers profile characteristics. *Indian Journal of Weed Science* 50:69-71.
29. Swanton, C., Nkoa, R., and Blackshaw, R. 2015. Experimental methods for crop-weed competition studies. *Weed Science* 63:2-11.
30. Teklu, M.G., Schomaker, C.H., and Been, T.H. 2014. Relative susceptibilities of five fodder radish varieties (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*) to *Meloidogyne chitwoodi*. *Nematology* 16:577-590.
31. Tsytsiura, Y.H., and Tsytsiura, T.V. 2015. Oilseed radish. A strategy for the use and cultivation of forage purposes and seeds: a monograph. 590 p. Nilan, Vinnytsia, Ukraine (in Ukrainian).
32. Tursun, N., Datta, A., Sami Sakinmaz, M., Kantarci, Z., Knezevic, S., and Singh, C.B. 2016. The critical period for weed control in three corn (*Zea mays* L.) types. *Crop Protection* 90:59-65.
33. Vaishali, Y., Tiwari, R.K., Tiwari, P., and Tiwari, J. 2018. Integrated weed management in aerobic rice (*Oryza sativa* L.) *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7(1):3099-3104.
34. Vleugels, T., Wesemal, W., and Clercq, D. 2014. Resistance mechanisms against the root-rot nematode (*Meloidogyne chitwoodi*) in fodder radish (*Raphanus sativus*). *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* Vol. 79. 328 p. 2nd ed. 66th International Symposium of Crop Protection (ISCP), Ghent, Belgium.
35. Yaduraju, N.T., and Mishra, J.S. 2018. Smart weed management: A small step towards doubling farmers' income. *Indian Journal of Weed Science* 50:1-5.
36. Zimdahl, R. 2018. *Fundamentals of weed science*. 5th ed. 734 p. Academic Press, Cambridge, Massachusetts, USA.