

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

**Агрономічний факультет
Кафедра ґрунтознавства та землеробства**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Малахівський Анатолій Анатолійович

УДК 629.7.05(477.41/.42)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ВПЛИВ РІЗНИХ НОРМ ПОСІВУ ОЛІЙНОЇ РЕДЬКИ ЗА УМОВ
ВИКОРИСТАННЯ АГРОДРОНІВ 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 _____ А.А. Малахівський**

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.	16
2.1. Місце та умови проведення досліджень .	17
2.2. Об'єкти і методика проведення досліджень	19
Розділ 3. Результати досліджень	24
3.1. Лабораторні дослідження щодо посівних кондицій редьки олійної сорту «Кияночка»	24
3.2. Закладка ділянки під модельний дослід з різними нормами висіву редьки олійної сорту «Кияночка»	26
3.3. Вплив забур'яненості редьки олійної сорту «Кияночка» на ріст і розвиток за умов різних технологій вирощування та норм висіву	32
3.4. Економічна ефективність традиційної технології вирощування олійної редьки як сидеральної культури порівняно з використанням агродронів в умовах Полісся	38
Висновки	41
Рекомендації виробництву	42
Список використаних джерел	43

АНОТАЦІЯ

Малахівський А.А. «Вплив різних норм посіву олійної редьки за умов використання агродронів 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.

Робота викладена на 46 сторінках комп'ютерного набору, містить 8 таблиць, 11 рисунків, складається зі вступу, 3 розділів, висновків, рекомендацій виробництву. Список використаних джерел включає 40 найменувань.

Сучасні технології, такі як використання агродронів, відкривають нові можливості для підвищення ефективності сільського господарства. Визначення оптимальних норм висіву олійної редьки за допомогою агродронів є актуальним завданням для розробки точних технологій вирощування цієї культури. Дослідження дозволить зменшити витрати на виробництво, зберегти довкілля та підвищити якість продукції. Отримані результати можуть бути використані для розробки рекомендацій щодо застосування агродронів в інших галузях рослинництва. Відбудова сільського господарства України передбачає впровадження інноваційних технологій, які сприятимуть швидкому відновленню агропромислового сектору, зниженню залежності від імпорتنих ресурсів та посиленню продовольчої безпеки. Дослідження впливу різних норм посіву олійної редьки з використанням агродронів має перспективи для впровадження у відновлюваних регіонах, підвищуючи ефективність використання площ та забезпечуючи сталий розвиток агросектору.

Ключові слова: олійна редька, агродрони, норми висіву, врожайність, модельне дослідження, сільське господарство, безпілотні літальні апарати, точне землеробство, продовольча безпека

SUMMARY

Malakhivsky A.A. "The influence of different seeding rates of oilseed radish under the conditions of using agrodrones 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.

The work is presented on 46 pages of a computer set, contains 8 tables, 11 figures, consists of an introduction, 3 sections, conclusions, recommendations for production. The list of sources used includes 40 items.

Modern technologies, such as the use of agrodrones, open up new opportunities for increasing the efficiency of agriculture. Determining the optimal seeding rates of oilseed radish using agrodrones is an urgent task for the development of precise technologies for growing this crop. The study will reduce production costs, preserve the environment and improve product quality. The results obtained can be used to develop recommendations for the use of agricultural drones in other branches of crop production. The reconstruction of Ukrainian agriculture involves the introduction of innovative technologies that will contribute to the rapid restoration of the agro-industrial sector, reduce dependence on imported resources and enhance food security. The study of the impact of different sowing rates of oilseed radish using agricultural drones has prospects for implementation in restored regions, increasing the efficiency of land use and ensuring sustainable development of the agricultural sector.

Keywords: oilseed radish, agricultural drones, sowing rates, yield, model research, agriculture, unmanned aerial vehicles, precision agriculture, food security

ВСТУП

Актуальність теми. Дослідження впливу різних норм посіву олійної редьки за умов використання агродронів набуває особливої актуальності в контексті сучасної української дійсності. Війна спричинила значні руйнування сільськогосподарської інфраструктури, дефіцит робочої сили та мінування значних площ сільськогосподарських угідь. У таких умовах, оптимізація сільськогосподарських процесів, зокрема, за допомогою агродронів, стає критично важливою. Використання агродронів для точного внесення добрив та засобів захисту рослин дозволяє зменшити витрати на ручну працю, паливо та техніку, що є особливо актуальним в умовах обмежених ресурсів. Оптимізація норм посіву олійної редьки за допомогою агродронів може суттєво підвищити врожайність цієї культури та ефективніше використовувати посівні площі. Олійна редька є цінною культурою, яка може використовуватися для виробництва біопалива, кормів для тварин та інших продуктів, що сприяє диверсифікації сільськогосподарського виробництва.

Збільшення виробництва олійної редьки сприяє забезпеченню продовольчої безпеки України та зменшенню залежності від імпорту. Олійна редька є досить стійкою до посухи сільськогосподарською культурою та інших несприятливих погодних умов, що є актуальним в умовах зміни клімату. Використання олійної редьки як сидерату сприяє поліпшенню структури ґрунту, збагаченню його органічною речовиною та підвищенню його родючості. Окремо слід зазначити важливість дослідження для розробки нових технологій в аграрному секторі. Впровадження агродронів та оптимізація норм посіву є частиною глобального тренду на цифровізацію та автоматизацію сільського господарства. Отримані в ході дослідження дані можуть бути використані для створення інтелектуальних систем управління сільськогосподарським виробництвом, що дозволить приймати більш обґрунтовані рішення щодо вирощування культур та ефективного використання ресурсів. Крім того, дослідження може сприяти розвитку нових

сортів олійної редьки, адаптованих до умов точного землеробства та використання агродронів.

Таким чином, проведення дослідження впливу різних норм посіву олійної редьки за умов використання агродронів є актуальним та необхідним для швидкого відновлення сільського господарства України після війни, збільшення виробництва сільськогосподарської продукції, підвищення економічної ефективності сільськогосподарських підприємств, забезпечення продовольчої безпеки країни та розробки нових технологій вирощування сільськогосподарських культур. Результати такого дослідження можуть бути використані для розробки рекомендацій щодо оптимальних технологій вирощування олійної редьки з використанням агродронів, що сприятиме підвищенню конкурентоспроможності українського сільського господарства на світовому ринку.

Мета досліджень полягала у визначенні оптимальної норми висіву олійної редьки за умов застосування агродронів для отримання максимальної врожайності та ефективності виробництва в умовах сучасного сільського господарства, зокрема, в умовах України.

Для досягнення поставленої мети, нами були вирішені такі завдання:

1. Вивчення впливу різних норм висіву олійної редьки на її вегетацію, розвиток та формування врожаю.
2. Оцінка ефективності використання агродронів для точного внесення насіння олійної редьки порівняно з традиційними методами.
3. Розробка моделі прогнозування врожайності олійної редьки залежно від норми висіву та інших факторів.
4. Визначення економічної ефективності застосування агродронів та різних норм висіву олійної редьки.
5. Розробка рекомендацій щодо оптимальних технологій вирощування олійної редьки з використанням агродронів для різних агрокліматичних зон України.

Об'єктом дослідження є технологічний процес посіву олійної редьки в умовах навчально-дослідного поля Поліського національного університету та вплив різних норм висіву на ріст, розвиток і продуктивність культури, а також застосування сучасних агротехнологій, зокрема використанню агродронів для проведення сівби.

Предметом дослідження є вплив різних норм висіву олійної редьки на її агробіологічні показники, врожайність (зеленої маси) та ефективність вирощування за умов застосування агродронів у сучасному сільському господарстві України.

Методи досліджень: *лабораторний та польовий методи:* здійснювали проведення дослідів на дослідних ділянках з різними нормами висіву та умовами вирощування. Аналізували вплив природних факторів (кліматичні умови, ґрунт) та антропогенних впливів (обробка ґрунту, внесення добрив) на ріст, розвиток і продуктивність культури. *Розрахунково-порівняльний метод:* обчислювали показники економічної ефективності для різних варіантів дослідів, здійснювали порівняльний аналіз даних, щоб визначити оптимальні умови вирощування. [4].

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

Сучасне сільське господарство зазнає постійної модернізації, зокрема завдяки впровадженню інноваційних технологій, таких як агродрони, які стають важливим інструментом для оптимізації агротехнічних процесів. Використання дронів у землеробстві відкриває нові можливості для точного висіву, моніторингу посівів, внесення добрив і засобів захисту рослин. Це дозволяє знизити витрати ресурсів, мінімізувати вплив на довкілля та підвищити продуктивність агроєкосистем [4].

Редька олійна є перспективною культурою, яка широко використовується як сидеральна, кормова або біоенергетична рослина. Завдяки своїм агротехнічним властивостям, зокрема високій стійкості до несприятливих умов, швидкому росту та здатності пригнічувати бур'яни, редька олійна є цінним об'єктом досліджень у контексті підвищення ефективності її вирощування. Актуальність теми дослідження обумовлена необхідністю адаптації технологій вирощування редьки олійної до сучасних викликів сільського господарства, серед яких підвищення рівня забур'яненості, обмеження використання хімічних засобів і вимоги до сталого розвитку. Визначення впливу різних норм висіву за умов використання агродронів уможливорює створення ефективних та екологічно безпечних підходів до вирощування цієї культури.

Дослідження проводилося на навчально-дослідному полі Поліського національного університету, що забезпечує практичну спрямованість і наукову значущість отриманих результатів. Використання агродронів для точного висіву редьки олійної є інноваційним підходом, який дозволяє оцінити динаміку розвитку посівів у різних умовах та визначити оптимальні технологічні рішення. Це дослідження спрямоване на покращення агротехнологій, що сприяє розширенню практики використання інновацій у навчальному процесі та аграрному виробництві.

Сучасне сільське господарство активно впроваджує інноваційні технології, серед яких важливу роль відіграють агродрони [1]. Ці безпілотні

літальні апарати дозволяють автоматизувати та оптимізувати виконання агротехнічних заходів, таких як точний висів, обприскування, внесення добрив та моніторинг стану посівів. Згідно з дослідженнями [1, 2], використання дронів у висіві забезпечує рівномірний розподіл насіння, особливо на ділянках із нерівним рельєфом або підвищеною забур'яненістю. Переваги агродронів включають економію часу та ресурсів, зниження витрат на ручну працю, а також мінімізацію впливу на навколишнє середовище завдяки точності виконання операцій [15]. Крім того, агродрони дозволяють оперативно оцінювати стан посівів за допомогою фотограмметричних даних, що сприяє прийняттю своєчасних рішень щодо агротехнічних заходів [40].

Редька олійна (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers) є однією з найбільш популярних культур для використання як сидерат. Завдяки своїм агробіологічним властивостям вона забезпечує покращення структури ґрунту, збагачення органічними речовинами та азотом, а також пригнічення бур'янів [34, 28]. Дослідження свідчать, що редька олійна активно використовується для зменшення ґрунтової ерозії та підвищення родючості ґрунтів у системах органічного землеробства [33]. Вирощування редьки олійної в якості сидерату в умовах механічного або безгербіцидного обробітку сприяє ефективному використанню природних ресурсів і знижує потребу у внесенні мінеральних добрив. Наприклад, у роботах [30, 38] описується здатність редьки поглинати доступний азот і перетворювати його в органічну форму, що робить її незамінною в сівозмінах, спрямованих на підвищення екологічної ефективності.

Редька олійна також знаходить широке застосування як високопродуктивна кормова культура. Зелена маса цієї культури має високий вміст сирого протеїну (до 29 %) і мінеральних речовин, що робить її цінним компонентом раціону тварин [32]. Урожайність зеленої маси редьки олійної коливається в межах 30–70 т/га залежно від умов вирощування та технологічного підходу [16]. Особливістю вирощування редьки олійної як кормової культури є її здатність швидко формувати врожай у короткі терміни

(укісна стиглість настає вже через 45–50 днів), що робить її перспективною для післяукісних або післяжнивних посівів [27]. Це дозволяє ефективно використовувати земельні ресурси та забезпечувати тваринництво високобілковими кормами.

Застосування агродронів у вирощуванні редьки олійної дозволяє значно підвищити ефективність посівних робіт, зокрема за умов високої забур'яненості або на ділянках, де традиційні методи обробітку обмежені [24]. У дослідженнях [20] зазначається, що точний посів за допомогою дронів сприяє рівномірному проростанню насіння, що особливо важливо при вирощуванні редьки як сидеральної або кормової культури.

На основі огляду літературних джерел можна зробити висновок, що використання агродронів відкриває нові можливості для вирощування редьки олійної, забезпечуючи ефективне управління процесами посіву та догляду за рослинами. Завдяки своїм унікальним властивостям редька олійна є перспективною культурою як для покращення ґрунтів, так і для отримання високоякісних кормів, а інтеграція інноваційних технологій сприяє оптимізації виробничих процесів у сільському господарстві.

Олійна редька (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers) є особливою культурою, яку фермери широко використовують для покращення властивостей ґрунту з метою підвищення ефективності вирощування інших сільськогосподарських рослин. Вона здатна засвоювати поживні речовини з ґрунту, пригнічувати ріст бур'янів і розвиток патогенів, зменшувати ущільнення, попереджати ерозійні процеси та продукувати значну кількість біомаси. За умов температури -20-25 °C рослини повністю гинуть, що дозволяє без додаткової обробки проводити весняний посів інших культур. Як швидкоросла покривна культура для прохолодного сезону, олійна редька найкраще висівається після збирання дрібнозернових культур, таких як пшениця, або кукурудзяного силосу. В умовах надлишку поживних речовин у ґрунті, удобреному органікою, ця культура ефективно поглинає їх, запобігаючи їх вимиванню та потраплянню у водні екосистеми. [19, 22].

Науковці відзначають [11, 13], що олійна редька часто використовується як високопродуктивна кормова культура, здатна забезпечувати значні врожаї зеленої маси в межах 30-70 т/га. Однією з ключових переваг цієї культури є її швидке зростання: стадія укісної стиглості настає вже через 45–50 днів після посіву, а насіння дозріває протягом 90–105 днів.

Особливо варто відзначити продуктивність редьки олійної у післяукісних і післяжнивних посівах, де формується до 30 т/га зеленої маси з високим вмістом білка. Зелена маса цієї культури характеризується значною кормовою цінністю: у 100 кг міститься 12-16 кормових одиниць, 12–14 % сухої речовини, 26-29 % сирого протеїну, а також велика кількість мінеральних речовин [5].

Ці властивості роблять редьку олійну універсальною культурою, придатною як для кормового використання, так і для підвищення родючості ґрунту. Її висока поживна цінність забезпечує ефективне використання у раціонах худоби, що сприяє підвищенню продуктивності тваринництва. Додатково, редька олійна може використовуватися у змішаних посівах, що дозволяє оптимізувати використання земельних ресурсів і підвищувати економічну ефективність господарства [3, 5, 6, 7, 10].

До 70-х років минулого століття інформація про вирощування редьки олійної в Україні та інших країнах була вкрай обмеженою [18, 21]. Лише протягом останніх 20–30 років ця культура набула значного поширення, охопивши мільйони гектарів у ключових аграрних регіонах України, Польщі, Казахстану та інших країн. Редька олійна має багатофункціональне застосування: вона використовується як джерело олії, промислова культура, кулісна рослина, кормова та сидеральна культура, а також як медонос. Особливу увагу заслуговують її властивості, корисні для органічного землеробства, зокрема здатність швидко поглинати значні обсяги доступного азоту з ґрунту, що робить її незамінною у системах екологічного господарювання [17, 23, 29].

Урожайність редьки олійної в українських господарствах зазвичай становить 1–1,5 т/га [13]. Проте цей показник значною мірою залежить від правильного дотримання агротехнічних прийомів, що, на жаль, часто ігнорується. Недотримання науково обґрунтованих методик і помилки в технологічних операціях обмежують продуктивність культури. Одним із ключових аспектів, що впливають на урожайність, є застосування мінеральних добрив. Вони відіграють важливу роль у забезпеченні оптимальних умов живлення рослин, сприяючи формуванню високої врожайності.

Така багатофункціональність редьки олійної в поєднанні з можливістю її адаптації до різних умов робить цю культуру перспективною для подальших досліджень. Зокрема, важливо звертати увагу на розробку й удосконалення технологій вирощування, що дозволить максимально реалізувати потенціал редьки олійної у різних сільськогосподарських системах [39].

Зелена маса олійної редьки, зібрана протягом 10 днів після початку цвітіння, є цінним кормом для сільськогосподарських тварин, завдяки її високому вмісту білків, вітамінів та інших поживних речовин. Ця культура має високу поживну цінність і забезпечує тварин збалансованим раціоном, сприяючи їхньому здоровому розвитку. Особливо важливою є здатність редьки швидко накопичувати зелену масу, що робить її ідеальним вибором для господарств, орієнтованих на виробництво кормів [6].

На бідних поживними речовинами ґрунтах або важких глинистих ділянках редьку використовують як сидерат [5]. Її глибоке коріння ефективно розрихлює ґрунт, покращуючи аерацію і водопроникність. У процесі розкладання біомаса редьки збагачує ґрунт органічними речовинами та азотом, що сприяє підвищенню його родючості. Застосування редьки як сидерату також допомагає знизити ущільнення ґрунту, що особливо важливо в умовах інтенсивного землеробства.

Крім агрономічних переваг, олійна редька має виражені фітосанітарні властивості. Її тканини містять природні глікозиди, які чинять антимікробну

дію, знижуючи поширення ґрунтових патогенів, таких як нематоди та збудники фузаріозу. Завдяки цим властивостям редька ефективно зменшує ризик захворювань наступних культур у сівозміні, забезпечуючи стабільність та екологічність агротехнічних систем [5].

Використання редьки як сидерату також економічно вигідне. Вона дозволяє знизити витрати на внесення мінеральних добрив завдяки природному підвищенню родючості ґрунту. Крім того, її посів на навчально-дослідних полях є чудовою базою для вивчення впливу інноваційних технологій, зокрема використання агродронів, що дозволяють оптимізувати норми посіву та забезпечують рівномірність розподілу насіння на різних типах ґрунтів [2, 13].

Особливу увагу привертають численні позитивні властивості олійної редьки, які роблять цю культуру універсальним і практичним вибором для аграрного виробництва. Вона відзначається низькими вимогами до агрохімічних показників ґрунту, швидко формує потужну кореневу систему та густу листяну масу, ефективно пригнічуючи ріст бур'янів. Редька олійна демонструє високу стійкість до несприятливих погодних умов, включаючи холод і посуху. Витримуючи легкі заморозки, ця культура зберігає свою життєздатність і продовжує активно розвиватися [4].

Щодо типу ґрунту, олійна редька не має особливих обмежень і добре росте як на легких піщаних, так і на важких глинистих ґрунтах [13]. Її глибока коренева система здатна проникати у значні шари ґрунту, витягуючи звідти важливі поживні елементи, такі як азот, фосфор і калій, і транспортувати їх до верхніх шарів. Це сприяє покращенню поживного середовища для наступних культур у сівозміні.

Олійна редька відіграє важливу роль не лише як сидеральна культура для підвищення рівня органічної речовини у ґрунті, а й завдяки ефекту природного розпушування ґрунту. Її потужна коренева система покращує структуру ґрунту, підвищує його водо- та повітропроникність, а також сприяє зменшенню ерозійних процесів. Завдяки цим властивостям редька активно

використовується в системах екологічного землеробства, де головний акцент робиться на відновлення і підтримку родючості ґрунтів [5]. Універсальність та адаптивність олійної редьки дозволяє ефективно використовувати її в різних кліматичних зонах і агротехнічних умовах, що робить її незамінною культурою для забезпечення стійкого розвитку агроєкосистем.

Насіння олійної редьки рекомендується висівати на глибину 3–4 см у підготовлений ґрунт із забезпеченням відстані між рядами близько 15 см. За сприятливих умов перші сходи з'являються вже через 4–6 днів після посіву [6, 10]. Завдяки високій холодостійкості та невибагливості до умов, ця культура може бути висіяна навіть пізно восени в холодних регіонах, включаючи важкі глинисті ґрунти. Її вегетаційний період розпочинається за температури ґрунту $+7^{\circ}\text{C}$, а молоді рослини здатні витримувати короточасні морози до -5°C . Дорослі екземпляри ще більш морозостійкі та можуть переносити зниження температури до -8°C [31].

Олійна редька формує стрижневу кореневу систему з потовщеними верхівками та добре вираженим розгалуженням, але не утворює коренеплодів. Потужне і глибоке коріння дозволяє рослині витягувати поживні речовини з нижніх шарів ґрунту та транспортувати їх до поверхневих шарів, що значно покращує доступність елементів живлення для інших культур у сівозміні. Завдяки своїм унікальним структуроутворюючим властивостям, редька олійна поліпшує фізичні характеристики ґрунту, забезпечує його дренаж, посилює повітрообмін та сприяє збереженню вологи. Використання рослинних залишків як сидерату запобігає вітровій ерозії, а взимку не рекомендується скошувати олійну редьку [12]. Її надземна біомаса створює природний сніговий покрив, який знижує ризик промерзання ґрунту та сприяє накопиченню вологи, необхідної для весняних посівів.

Олійна редька демонструє високий темп росту за сприятливих умов, однак є чутливою до хвороб, зокрема до білої плісняви під час цвітіння в липні, особливо у вологі роки. Через це господарствам, де також

виросшуються інші культури, сприйнятливі до цієї хвороби (ріпак, соняшник, бобові), варто уникати їх висіву на насіння у тих же сівозмінах. Водночас у випадках вирощування олійної редьки як покривної культури восени проблем із білою пліснявою практично не виникає, що пов'язано із зниженням температур у цей період.

Універсальність олійної редьки та її здатність адаптуватися до різних кліматичних умов і типів ґрунту роблять її цінною культурою як для покращення родючості ґрунтів, так і для забезпечення екологічної стабільності агроєкосистем.

Олійна редька (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*) є універсальною культурою, яка все більше використовується у сільському господарстві завдяки своїм високим адаптивним властивостям, значним сидератним перевагам та позитивному впливу на якість ґрунтів. Наукові дослідження [3, 5] підтверджують, що олійна редька є ефективним компонентом сівозмін, сприяючи збагаченню ґрунту органічними речовинами та азотом, що підвищує врожайність наступних культур.

У дослідженнях [25] особливу увагу приділено нормам висіву цієї культури. Встановлено, що оптимальна густина посіву залежить від типу ґрунту, кліматичних умов та мети вирощування (корм, сидерат чи покривна культура). Зокрема, густий посів ефективніше пригнічує бур'яни, тоді як рідкий посів забезпечує потужніше формування кореневої системи. Водночас використання сучасних агротехнологій, таких як агродрони, дозволяє забезпечити рівномірність посіву та оптимізувати витрати насіння. Це особливо важливо в умовах навчально-дослідних полів, де проводяться експерименти для визначення найефективніших технологічних підходів.

Значну роль у дослідженнях редьки олійної відіграють її агротехнічні властивості. У роботах [35, 36] показано, що її потужна коренева система не лише сприяє поліпшенню аерації ґрунту, але й допомагає відновлювати структуру деградованих ґрунтів. Особливо цінною є здатність культури

витягувати поживні речовини з нижніх шарів ґрунту та забезпечувати їх доступність для інших культур.

Використання агродронів у висіванні та догляді за редькою олійною є перспективним напрямом сучасного землеробства, що обговорюється в роботах [1, 2]. Завдяки точному розподілу насіння та внесенню добрив, агродрони дозволяють знизити витрати матеріальних ресурсів та підвищити ефективність агротехнічних заходів. Це особливо актуально в умовах дослідницької діяльності, де важливо враховувати вплив кожного фактора на кінцевий результат.

Таким чином, аналіз літературних джерел свідчить, що поєднання традиційних методів вирощування олійної редьки з інноваційними технологіями, такими як агродрони, відкриває нові можливості для підвищення ефективності агровиробництва. Ця тема є актуальною та потребує подальших досліджень, особливо в контексті умов Поліського регіону.

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

2.1. Місце та умови проведення досліджень

Дослідження проводилися в рамках реалізації пілотного міжнародного проєкту в умовах дослідного поля Поліського національного університету, що розташоване поблизу с. Велика Горбаша Черняхівської селищної територіальної громади Житомирського району Житомирської області (28°41'33"N50°26'24"E). Підібрана для закладки експерименту ділянка механічно не оброблялася більше 3 років, була вкрита змішаною дикорослою рослинністю, мала добре сформовану дернину та за класифікацією підлягала під категорію – переліг. Ґрунти дослідної ділянки – ясно-сірі лісові, що характеризуються низьким вмістом гумусу (1,1-1,2 %) і основних елементів живлення та підвищеною кислотністю (рН 5,7), бал бонітету 28. Детальний опис ґрунтового розрізу науково-дослідної ділянки Поліського університету, с. Велика Горбаша Черняхівська ОТГ Житомирського району Житомирської області можна спостерігати на рис. 1.



**Рис. 1. Загальний вигляд ґрунтового розрізу ділянки модельного досліду
Поліського університету**

Модельний дослід передбачав використання ділянки, що була вкрита бур'яною рослинністю та попередньо механічно не оброблялася. Метою наших досліджень було визначення можливості використання дрону для відсіву різних норм та динаміки розвитку посівів олійної редьки. Також в рамках експерименту визначалася можливість її адаптації і конкурентоспроможності в умовах високого природного рівня забур'яненості. При цьому нами було відпрацьовано два технологічні напрямки: безгербіцидна та гербіцидна технології. Так, за умов безгербіцидної технології посів здійснювався безпосередньо у бур'янову рослинність та дернину, а за умов гербіцидного обробітку - попередньо була проведена обробка препаратом Раундап у нормі 2 л/га (діюча речовина гліфосат).

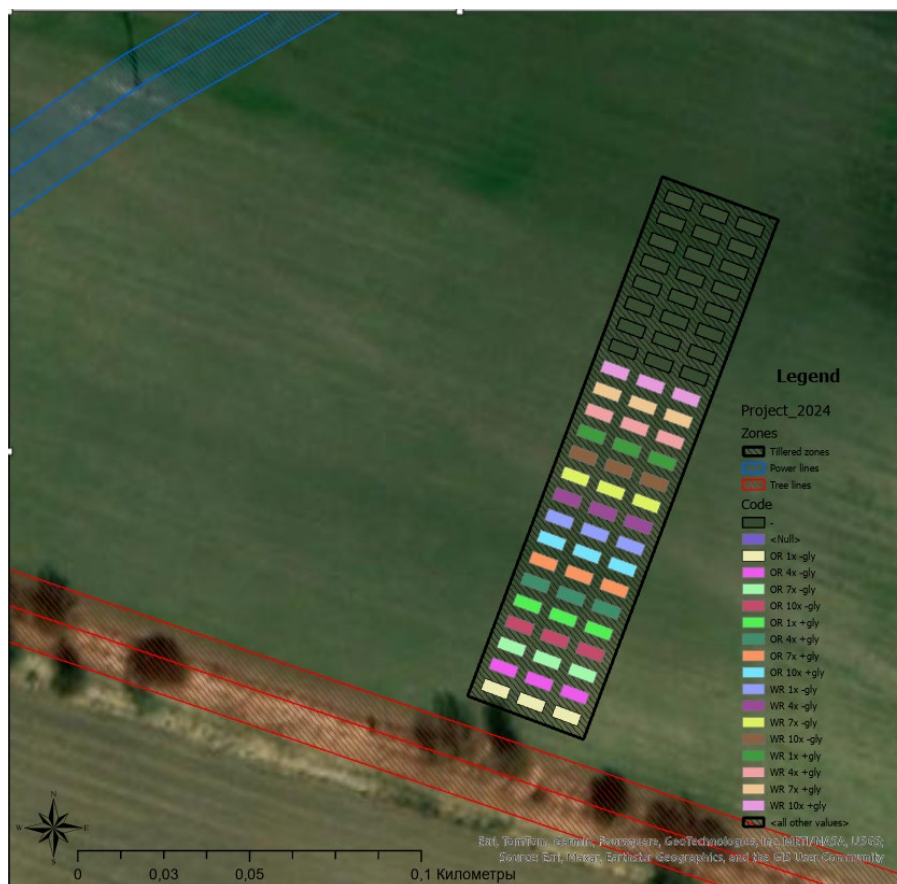


Рис. 2. Схема досліду, яку було адаптовано до особливостей місцевості та умов експерименту за допомогою програмного комплексу ArcGIS Pro (ESRI).

Дослідна територія складається з двох окремих полів: одне з розмірами 36×54,3 м, що включає 24 ділянки, розміщені у триразовій повторності відповідно до затвердженої схеми; інше – мікроділяночний експеримент під вирощування тютюну, розміром 16,8×7,3 м, також розподілене на 24 ділянки у триразовій повторності за аналогічною схемою (рис. 2). Для кожної експериментальної повторності передбачено окремий ярус без рендомізації, що зумовлено специфікою механізованого посіву сільськогосподарських культур.

Такий підхід забезпечує можливість чітко дотримуватися схеми повторень і уніфікувати умови для всіх варіантів дослідження. Особливості розташування ділянок сприяють мінімізації впливу зовнішніх чинників на результати експерименту, що є важливим для об'єктивного оцінювання отриманих даних.

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 попередньо не піддавалася механічній обробці та була вкрита бур'яною рослинністю. Основна мета дослідження полягала у визначенні ефективності використання дрону для висіву різних норм насіння та аналізу динаміки розвитку посівів редьки олійної. Особливу увагу приділяли вивченню її адаптації до умов високого природного рівня забур'яненості та оцінці конкурентоспроможності культури.

У рамках експерименту досліджували два технологічні підходи до вирощування редьки олійної:

1. Безгербіцидна технологія. Посів насіння здійснювався безпосередньо у наявну бур'янову рослинність та дернину без застосування хімічних препаратів.

2. Гербіцидна технологія. Перед висівом проводилась обробка ділянки гербіцидом Раундап (діюча речовина - гліфосат) у нормі 2 л/га для усунення бур'янів.

Для вирощування редьки олійної як сидеральної культури використовували наступні норми висіву:

- 80 шт/м²,
- 320 шт/м²,
- 560 шт/м²,
- 800 шт/м².

У дослідженні було використано насіння сорт редьки олійної «Кияночка», який був внесений до реєстру у 2017 році. Його оригінаторами є Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка та Національна академія наук України. Цей сорт має широкий спектр застосувань: його можна використовувати для біоенергетичних цілей, як сидеральну культуру або кормову. Сорт характеризується високою стійкістю до обсіпання (9 балів). Найбільш придатними для вирощування є зони Лісостепу та Полісся. Урожайність зеленої маси досягає 45 т/га. Період вегетації або дозрівання становить 80 діб. Середня маса коренеплоду дорівнює 50 г, а маса 1000 насінин — 9,5 г. Цей сорт демонструє абсолютну стійкість до захворювань, таких як біла гниль, мокра гниль та чорна ніжка (ураження - 0 %). Щодо біологічних характеристик, листя сорту «Кияночка» має темно-зелений колір, зубчастий край помірний, довжина листка велика, а ширина середня. Рослина досягає значної висоти під час цвітіння, яке настає у середні терміни; пелюстки мають білий колір. Стручки довгі за довжиною, середньої ширини, з середньої довжини плодоніжкою, і містять велику кількість насіння. У разі пізнього висіву рослина демонструє сильну тенденцію до формування суцвіть у рік сівби [7, 11].

У процесі дослідження здійснювалося фарбування насіння редьки олійної, що мало на меті покращення візуалізації його розподілу на площі ділянки після проведення посіву агродроном (рис. 3). Ця методика дозволила

ефективніше оцінити рівномірність висіву та виявити можливі зони концентрації чи недостатнього розподілу насіння. Завдяки цьому було отримано об'єктивні дані щодо точності роботи агродрона, що є важливим для вдосконалення технологій механізованого посіву.



Рис. 3. Загальний вигляд фарбованого насіння редьки олійної сорту «Кияночка» для візуалізації розподілу після посіву агродрону.

Для оцінки бур'янової рослинності на експериментальних ділянках було використано методику аналізу проективного покриття поверхні ґрунту. Проективне покриття визначалося за допомогою окомірного методу, що передбачає візуальну оцінку площі, зайнятої бур'янами, у балах та у відсотковому співвідношенні (рис. 4). Цей підхід дозволяє швидко отримати якісну оцінку стану рослинного покриву, враховуючи густоту, розміри та рівномірність розподілу бур'янової рослинності на поверхні ґрунту.

Показники, отримані під час аналізу, були зафіксовані у відповідних таблицях і використані для порівняння ефективності технологій та норм висіву культурних рослин. Такий підхід дозволив встановити залежності між рівнем забур'яненості, типом технології обробітку ґрунту та розвитком культурних рослин.

Бал	а	б	в	г	%
I					10
II					25
III					50
IV					>50

Рис. 4. Шкала окомірної оцінки забур'яненості за проективним покриттям бур'янами поверхні ґрунту (в балах і процентах):

а, б – рівномірне поширення бур'янів на площі;

в – осередкове покриття;

г – суцільне покриття.

Кількісний аналіз засміченості посівів, проведений за шкалою Арешнікова та інших дослідників, показав, що всі ділянки з редькою олійною мали дуже високий ступінь забур'яненості. За оцінкою, ступінь засміченості становив максимальний бал (5 із 5), при цьому кількість бур'янів перевищувала 100 шт./м² (табл. 1).

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

Модельний дослід імітував висів насіння з дрону, що дозволило забезпечити рівномірний розподіл насіння. Протягом дослідження вивчали

особливості проростання та динаміку росту культури, адаптацію до різних умов забур'яненості та ефективність технологій вирощування.

Застосування комплексної методики вивчення бур'янової активності, яка включає аналіз проективного покриття поверхні ґрунту та кількісний облік бур'янової рослинності за шкалою Арешнікова, продемонструвало свою ефективність у визначенні рівня засміченості посівів. Поєднання візуальних оцінок (окомірний метод) із кількісним підходом дозволило отримати детальну характеристику стану бур'янової рослинності на дослідних ділянках.

Результати досліджень дозволять визначити оптимальні умови використання редьки олійної як сидеральної культури з урахуванням економічної та екологічної ефективності.

РОЗДІЛ III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Лабораторні дослідження щодо посівних кондицій редьки олійної сорту «Кияночка»

Для забезпечення високої якості експерименту та мінімізації похибок у визначенні фактичної густоти рослин на полі важливо враховувати посівні кондиції насіння. Попередня оцінка насіннєвого матеріалу дозволяє знизити вплив зовнішніх чинників на результати дослідження та забезпечити точність виконання посівних робіт. У рамках роботи проведено лабораторні випробування насіння редьки олійної сорту «Кияночка» для визначення його посівних характеристик. З метою забезпечення чистоти експерименту та зменшення похибки у визначенні фактичної густоти рослин, 21 травня 2024 року було проведено лабораторний дослід з оцінювання насіннєвих кондицій культур, запланованих для висіву відповідно до схеми досліду (табл. 2). Ця робота дала змогу визначити ключові показники якості насіння, необхідні для досягнення однорідності та точності висіву.

Таблиця 2

Насіннєві кондиції насіння редьки олійної та ріпаку озимого за результатами лабораторного дослід (n=3)

Культура	Енергія проростання, %				Схожість, %			
	I	II	III	Середнє	I	II	III	Середнє
Radish oil (редька олійна)	99	98	99	98,7	99	98	99	98,7

За результатами лабораторної перевірки закупленого насіннєвого матеріалу редьки олійної було встановлено його високі посівні якості. Зокрема, насіння демонструє високу енергію проростання та лабораторну схожість, що свідчить про його придатність для проведення експерименту. Завдяки цим показникам стало можливим уникнути коригування фактичної норми висіву, що відповідає вимогам і рекомендаціям щодо закладки польового дослід, узгодженим із партнерами проєкту. Це забезпечує

точність виконання експерименту та створює передумови для отримання достовірних результатів у польових умовах.



Рис. 5. Лабораторне дослідження для оцінки лабораторної схожості та енергії проростання насіння редьки олійної сорту «Кияночка» з метою уточнення фактичної норми висіву.



Рис. 6. Лабораторне дослідження з оцінки схожості та енергії проростання насіння редьки олійної сорту «Кияночка» (3-й день після початку експерименту).



Рис. 7. Лабораторне дослідження з оцінки схожості та енергії проростання насіння редьки олійної сорту «Кияночка» (7-ий день після початку експерименту).

Проведені лабораторні дослідження насіння редьки олійної сорту «Кияночка» підтвердили його високі посівні кондиції, зокрема, енергію проростання та схожість на рівні 98,7%. Отримані результати засвідчують, що насіннєвий матеріал відповідає вимогам для закладки польового дослідження без необхідності коригування норми висіву. Це дозволяє мінімізувати похибки, пов'язані з посівними роботами, та забезпечує високу якість виконання експерименту. Високі посівні кондиції насіння створюють сприятливі передумови для досягнення однорідного розподілу рослин на полі, що є важливим для об'єктивної оцінки результатів дослідження.

3.2. Закладка ділянки під модельний дослід з різними нормами висіву редьки олійної сорту «Кияночка»

У модельному досліді була використана ділянка, вкрита природною бур'яною рослинністю, яка не піддавалася попередній механічній обробці. Метою досліджень було вивчення можливостей застосування дронів для висіву насіння з різними нормами та оцінка динаміки розвитку посівів редьки олійної. Особливу увагу приділено адаптації цієї культури та її конкурентоспроможності в умовах високого рівня природної забур'яненості.



Рис. 8. Обприскування ділянок згідно схеми дослід (09.05.2024)

Експеримент охоплював два технологічні підходи: безгербіцидну та гербіцидну технології. У межах безгербіцидного підходу посів виконували безпосередньо у бур'янову рослинність і дернину, тоді як за гербіцидної технології попередньо здійснювали обробку ділянки препаратом Раундап (2 л/га, діюча речовина – гліфосат), рис. 8.

Для вирощування редьки олійної як сидеральної культури було застосовано різні норми висіву: 80, 320, 560 і 800 шт/м². Експеримент проводився з триразовою повторністю, а посів здійснювався 6 червня 2024 року. Відбір даних та аналіз стану посівів проводили з інтервалом у 20 днів, що дозволило оцінити вплив технологічних підходів і норм висіву на розвиток рослин у реальних польових умовах.

В роботі висвітлено процес підготовки дослідної ділянки, який включав закладку експерименту в натурі, встановлення реперних точок для точного маркування та розбивку дослідних ділянок з урахуванням прив'язки до обраної системи координат (рис. 9). Ці дії забезпечили точність виконання досліджень і заклали основу для проведення подальших експериментальних робіт.



Рис. 9. Проведення польового експерименту включало закладку досліду, встановлення реперних точок та розподіл дослідних ділянок із прив'язкою до визначеної системи координат.

У рамках дослідження проаналізовано динаміку розвитку рослин редьки олійної сорту «Кияночка» за різних норм висіву. Дані спостережень, представлені в таблицях 2, 3, 4, відображають середні показники розвитку рослин за триразової повторності на трьох етапах: 06.06.2024 рік, 26.06.2024 рік та 12.07.2024 рік. Аналіз результатів дозволяє виявити закономірності у впливі норм висіву на ріст і розвиток культури, а також оцінити адаптаційні можливості редьки олійної в умовах модельного досліді. Особливу увагу приділено впливу густоти посівів на ключові параметри розвитку рослин і їх конкурентоспроможність у межах експериментальних умов.

Як видно з таблиці 3, за контрольної технології (без застосування гербіциду) при нормі висіву 80 шт/м² густота рослин на момент сходів становила 68 шт/м², що відповідає 85 % виживабельності - найнижчому показнику серед усіх варіантів. Найвищий рівень виживабельності спостерігався при нормі висіву 320 шт/м², де відсоток виживаності досяг 88,8%. За умов гербіцидної обробки гліфосатом найнижча виживабельність була зафіксована при нормі висіву 560 шт/м²: густота рослин на момент сходів становила 498 шт/м², що відповідає 88,9 %. Водночас найвищий показник за цієї технології був за нормою висіву 80 шт/м², де густота рослин склала 75 шт/м², що становить 93,8 %.

Таблиця 3

**Динаміка розвитку рослин олійної редьки за різних норм висіву,
06.06.2024 (середнє, 3 кратна повторність)**

Культура	Технологія	Норма висіву насіння (шт/м ²)	густина рослин, шт/м ²	% виживабельності
Редька олійна	Без застосування гербіциду	80	68	85,0
		320	284	88,8
		560	477	85,2
		800	702	87,8
	Обробка гліфосатом	80	75	93,8
		320	296	92,5
		560	498	88,9
		800	743	92,9

Через 20 днів після початку дослідження ми провели повторне обстеження дослідних ділянок. Як свідчать дані таблиці 4, за безгербіцидної технології (прямий посів у бур'янову рослинність) при нормі висіву 560 шт/м² спостерігалася найбільша кількість випадання рослин редьки олійної. Густота на момент обстеження становила 94 шт/м², що відповідає лише 16,8 % виживабельності.

Водночас найвищий показник виживабельності за цієї технології було зафіксовано при нормі висіву насіння редьки олійної - 800 шт/м²: густота рослин становила 223 шт/м², що відповідає 27,9 % виживабельності. Ці результати свідчать про значний вплив конкуренції з бур'янами та стресових умов на молоді рослини редьки олійної, особливо при середніх нормах висіву. Висока норма висіву, попри більшу загальну густоту, забезпечила кращу адаптацію рослин завдяки підвищеній конкурентоспроможності в умовах забур'яненості. Також важливо зазначити, що безгербіцидна технологія потребує подальших досліджень щодо оптимізації норм висіву для підвищення виживаності та продуктивності культур у природно забур'янених умовах.

Таблиця 4

**Динаміка розвитку рослин олійної редьки за різних норм висіву,
26.06.2024 (середнє, 3 кратна повторність)**

Культура	Технологія	Норма висіву насіння (шт/м ²)	густина рослин, шт/м ²	% виживабельності
Редька олійна	Без застосування гербіциду	80	21	26,3
		320	83	25,9
		560	94	16,8
		800	223	27,9
	Обробка гліфосатом	80	63	78,8
		320	187	58,4
		560	192	34,3
		800	295	36,9

На дослідній ділянці, обробленій гербіцидом, показники виживабельності рослин редьки олійної були значно вищими порівняно з безгербіцидною технологією, хоча загальні тенденції залишалися подібними. Найбільше випадання рослин редьки олійної спостерігалось при нормі висіву 560 шт/м², де виживабельності становила 34,3 %, що відповідає 192 рослинам на 1 м². Це свідчить про те, що навіть за умов гербіцидного обробітку висока норма висіву не завжди забезпечує належну густоту через конкуренцію серед рослин і можливий вплив залишкової бур'янової рослинності.

Найвищий рівень виживабельності був зафіксований при нормі висіву 80 шт/м², де густота рослин редьки олійної через 20 днів становила 63 шт/м², що відповідає 78,8 % виживабельності. Це свідчить про те, що нижча норма висіву у поєднанні з гербіцидним обробітком забезпечує більш сприятливі умови для росту рослин редьки олійної завдяки зменшенню конкуренції за ресурси.

Отримані результати підтверджують ефективність гербіцидної обробки для підвищення виживаності редьки олійної за різних норм висіву, особливо в умовах оптимального співвідношення густоти посіву та доступності ресурсів. У подальших дослідженнях доцільно проаналізувати вплив різних доз гербіцидів і способів їх застосування для оптимізації густоти та продуктивності посівів.

Третій відбір та аналіз виживабельності рослин редьки олійної було проведено 12 липня 2024 року, через 40 днів після сходів, або 20 днів після попереднього відбору (табл. 5). За умов безгербіцидної технології спостерігалось повне знищення висіяних рослин редьки олійної на варіантах із нормами висіву 80 шт/м² та 320 шт/м², що було спричинено інтенсивною конкуренцією з бур'яною рослинністю.

Для варіанта з нормою висіву 560 шт/м² відсоток виживабельності становила лише - 8,2, що відповідає 46 рослинам на 1 м². Максимальний рівень виживабельності рослин спостерігався за норми висіву 800 шт/м², де показник становив 13,5 %, або 108 рослин на 1 м². Це підкреслює критичний

вплив забур'яненості на життєздатність рослин і вказує на необхідність застосування додаткових заходів для зменшення конкуренції за ресурси.

Таблиця 5

**Динаміка розвитку рослин олійної редьки за різних норм висіву,
12.07.2024 (середнє, 3 кратна повторність)**

Культура	Технологія	Норма висіву насіння (шт/м ²)	густота рослин, шт/м ²	% виживабельності
Редька олійна	Без застосування гербіциду	80	0	0,0
		320	0	0,0
		560	46	8,2
		800	108	13,5
	Обробка гліфосатом	80	38	47,5
		320	121	37,8
		560	150	26,8
		800	233	29,1

Результати досліджень на ділянках із гербіцидною технологією показали іншу динаміку розвитку рослин редьки олійної у порівнянні з безгербіцидними варіантами. При різних нормах висіву не було зафіксовано повної загибелі рослин. Найнижчий рівень виживабельності становив 26,8 % при нормі висіву 560 шт/м², тоді як найвищий показник дорівнював 47,5 % - було зафіксовано при нормі висіву 80 шт/м².

Загальний аналіз отриманих даних підтверджує доцільність і ефективність використання агродронів для посіву редьки олійної навіть за умов значної забур'яненості або на необроблених землях, що залишалися без механічного обробітку понад три роки. Водночас попередня хімічна обробка ділянки забезпечила технологічну перевагу, проявляючись у вищих показниках виживаності та кращому розвитку рослин.

Отримані результати мають практичне значення для застосування в важкодоступних районах, на деградованих ґрунтах або еродованих територіях, де використання агродронів дозволяє значно скоротити економічні та енергетичні витрати на відновлення земель, забезпечуючи їх ефективне освоєння.

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

Для завершення дослідження та отримання всебічної оцінки ефективності застосованих технологій було проведено аналіз стану експериментальних ділянок. Особливу увагу приділено вивченню динаміки розвитку культурних рослин і впливу бур'янової рослинності, що дозволило оцінити адаптаційні можливості редьки олійної в умовах різного технологічного обробітку. З цією метою було виконано низку додаткових досліджень, спрямованих на деталізацію та узагальнення результатів експерименту.

У заключній фазі досліджень, ми провели аналіз загального стану експериментальних ділянок, зокрема стану культурних і дикорослих рослин. Для цього здійснено додаткові дослідження, які охоплювали такі аспекти:

- ✓ визначення фактичної густоти культурних рослин у динаміці відповідно до технологій та норм висіву, передбачених схемою досліду;
- ✓ облік найбільш поширених видів бур'янової рослинності, присутньої на дослідних ділянках;
- ✓ порівняння впливу різних технологій (гербіцидна/безгербіцидна), норм висіву та виду культури на динаміку росту культурних рослин у період від масових сходів до фази цвітіння (редька олійна).

Ці заходи дозволили отримати комплексну оцінку ефективності застосованих технологій і встановити взаємозв'язки між різними факторами, що впливають на розвиток рослин у різних умовах експерименту.

Аналіз отриманих даних свідчить, що на завершальній фазі досліджень спостерігався період, коли культурні рослини зазнавали значного витіснення бур'яною рослинністю або помітно відставали у рості. Це супроводжувалося подовженням міжфазних періодів розвитку, скороченням кількості рослин, а в окремих випадках - повною їх загибеллю (рис. 10).



Рис. 10. Стан посівів редьки олійної на ділянках не оброблених гліфосатом: а) *OR-80*; б) *OR-320*; в) *OR-560*; г) *OR-800*

В ході досліджень було виділено три ключові (рекомендовані) періоди для спостережень:

1-ий період – початок масових сходів, коли визначаються стартові умови для подальшого розвитку культури.

2-ий період – фаза інтенсивного росту та розвитку рослин, у якій культура демонструє оптимальну конкурентоспроможність щодо бур'янової рослинності.

3-ій період – уповільнення ростових процесів, зниження конкурентоспроможності культури, що спричиняє витіснення бур'янами і, в деяких випадках, повне випадання культурних рослин.

Ці періоди є критичними для оцінки ефективності агротехнологій і планування заходів щодо підвищення стійкості культурних рослин до зовнішніх факторів (рис. 11).

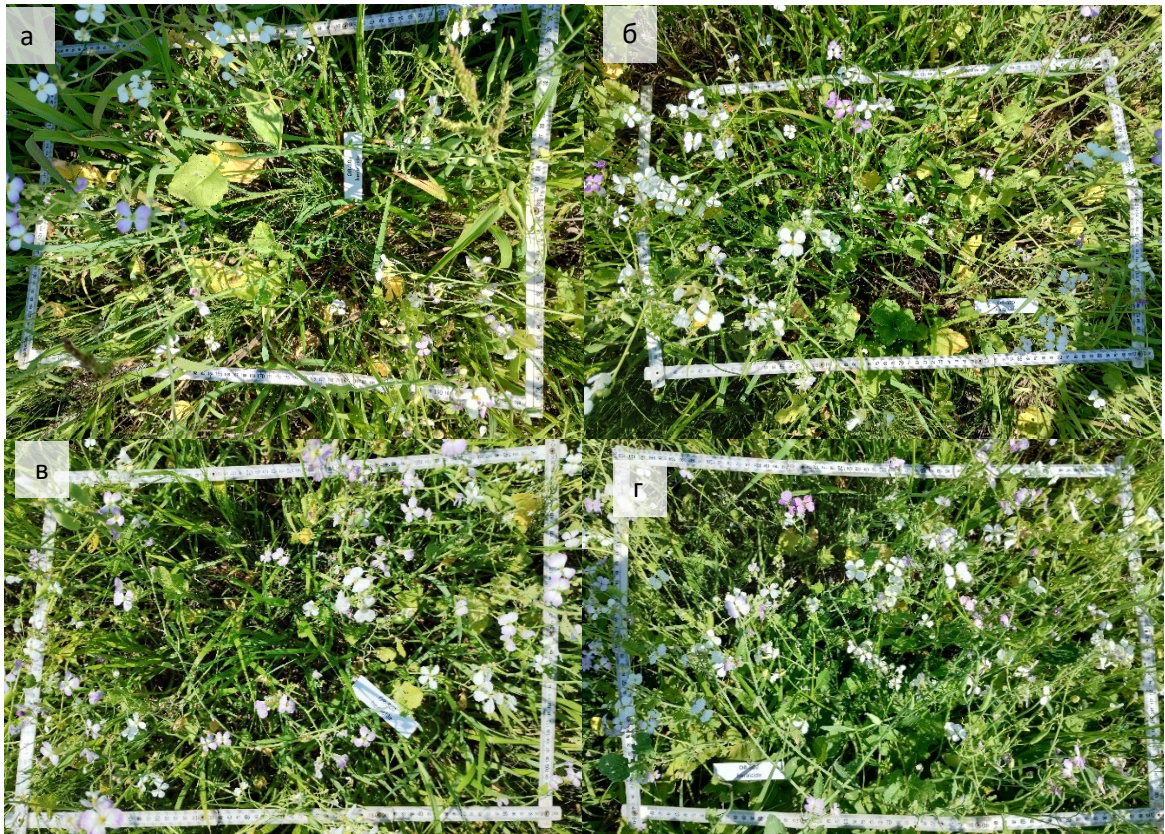


Рис. 11. Стан посівів редьки олійної на ділянках попередньо оброблених гліфосатом: а) *OR-80 herbicide*; б) *OR-320 herbicide*; в) *OR-560 herbicide*; г) *OR-800 herbicide*

У зв'язку з цим, найбільш оптимальним періодом для збору інформації про стан культури, на нашу думку, є проміжок у 18–20 днів після появи сходів. У цей час рослини редьки олійної найкраще вирізняються серед бур'янової рослинності, мають добре сформований стеблостій і ще не зазнають значних втрат. На 35–37 день після сходів у досліджуваних умовах року було зафіксовано інтенсивне випадання культури, що насамперед пов'язане з активним ростом і розвитком бур'янової рослинності.

Слід також відзначити значне біорізноманіття бур'янових рослин на дослідних ділянках, яке включало 21 вид. Серед них налічувалося 17 домінуючих видів та 4, які траплялися лише поодинокі (табл. 6). Це різноманіття створювало серйозну конкуренцію для культурних рослин і значною мірою впливало на їх розвиток.

У межах дослідження найбільш виражену присутність виявили три види бур'янів: хвощ польовий (*Equisetum arvense*), пирій повзучий (*Elymus repens*) та мишій сизий (*Setaria verticillata*). Проведені обстеження показали, що ці види демонстрували найвищу агресивність у ґрунтово-кліматичних умовах експерименту, зокрема, через швидкі темпи розвитку та значне покриття площі, що створювало потужну конкуренцію за життєві ресурси. Зазначені бур'яни були виявлені практично на всіх дослідних ділянках.

Наші спостереження показали, що видовий склад бур'янової рослинності тісно пов'язаний із технологією підготовки ділянки до посіву основної культури. У нашому дослідженні це була обробка гліфосатом у дозі 2 л/га. На ділянках, які не зазнавали попередньої гербіцидної обробки, переважали злакові види сегетальної рослинності. У багатьох випадках вони витісняли навіть такі стійкі багаторічні бур'яни, як хвощ польовий, що підкреслює їхню агресивність. Водночас їхня конкуренція негативно позначалася на піддослідних культурах, часто призводячи до повного випадання рослин, особливо за менших норм висіву.

На ділянках із попередньою хімічною обробкою ситуація виглядала інакше. Спостерігалася значна диференціація та збільшення видового складу бур'янів. Проте виживаність культурних рослин помітно зростала, що вказує на ефективність гербіцидної підготовки в забезпеченні сприятливих умов для розвитку основної культури.

Особливий інтерес становлять результати на ділянках із підвищеними нормами висіву редьки олійної. Тут було зафіксовано підвищену конкурентоспроможність культурних рослин, які у ряді випадків навіть витісняли бур'янову рослинність. На таких ділянках відзначався повноцінний розвиток редьки олійної, включаючи цвітіння та формування стручків. Це підтверджує, що оптимальне поєднання технології обробітку ґрунту та норми висіву може сприяти досягненню балансу між розвитком культури та контролем забур'яненості.

Таблиця 6

Видовий склад бур'янової рослинності в посівах редьки олійної за різних норм висіву, 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 (Elymus repens)	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Хвощ польовий (Equisetum arvense)	+	+	+	+	+	+	+	+
3	Мишій сизий (Setaria verticillata)	+	+	+	+	+	+	+	+
4	Суріпиця звичайна (Barbarea vulgaris)	+	+	+	+				
5	Метлюг звичайний (Apera spica-venti)	+	+	+	+	+			
6	Підмаренник чіпкий (Galium aparine)	+	+	+	+				
7	Морква дика (Daucus carota)	+	+						
8	Тонконіг лучний (Poa pratensis)	+	+	+	+				
9	Волошка синя (Centaurea cyanus)	+	+	+	+				
10	Ромашка лікарська (Matricaria chamomilla)	+	+	+	+				
11	Триреберник непахучий (Tripleurospermum maritimum)		+	+	+				
12	Квасениця прямостояча (Xanthoxalis Fontana)		+	+	+				
13	Осот жовтий польовий (Sonchus arvensis)			+					
14	Злинка канадська (Erigeron canadensis)	+	+						
15	Плоскуха звичайна (Echinochloa crus-galli)					+	+	+	+
16	Мишій зелений (Setaria viridis)						+	+	+
17	Золототисячник звичайний (Centaureum erythraea)								
18	Горошок мишачий (Vicia cracca)								
19	Щириця звичайна (Amaranthus retroflexus)								
20	Берізка польова (Convolvulus arvensis)	+	+	+	+				
21	М'ята польова (Méntha arvensis)								

Таблиця 7 демонструє, як різні технології обробітку ґрунту та норми висіву впливають на густоту рослин редьки олійної, виживаність, стан культури та рівень забур'яненості поверхні ґрунту. Так, за умов технології без застосування гербіцидів, було виявлено, що при низьких і середніх нормах висіву (80 і 320) виживаність культурних рослин відсутня (0 %), і бур'янова рослинність повністю витісняє культуру. Проективне покриття бур'янами оцінюється на рівні 4г. Для вищих норм висіву (560 і 800) виживаність рослин становила 8,2 % і 13,5 % відповідно, але стан культури залишався незадовільним, а забур'яненість ґрунту - високою (4б і 3г).

Таблиця 7

Стан редьки олійної та бур'янової рослинності залежно від технологій висіву на 12.07.2024 р.

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

За умов технології із застосуванням гліфосату у посівах редьки олійної, за мінімальної норми висіву (80) виживаність склала 47,5 %, і культура перебувала в доброму стані. Рівень забур'яненості оцінювався як низький

(2а). При нормі висіву 320 спостерігалася виживаність на рівні 37,8%, а рослини були добре розвинені, хоча забур'яненість залишалася помірною (2в). Для вищих норм висіву (560 і 800) виживаність становила 26,8% і 29,1% відповідно, але спостерігалось відставання рослин у рості. Рівень забур'яненості залишався на середньому рівні (3б).

Отримані дані підтверджують, що обробка ґрунту гліфосатом значно підвищує виживаність і покращує стан культури навіть за умов високої забур'яненості. У той же час безгербіцидна технологія не забезпечує ефективного розвитку культури, особливо при низьких і середніх нормах висіву. Максимальні норми висіву покращують конкурентоспроможність культури, але не повністю компенсують негативний вплив бур'янів без додаткових заходів боротьби із забур'яненістю.

3.4. Економічна ефективність традиційної технології вирощування олійної редьки як сидеральної культури порівняно з використанням агродронів в умовах Полісся

Сучасне сільське господарство стрімко впроваджує інноваційні технології, які набувають все більшої популярності завдяки здатності знижувати економічні витрати, підвищувати продуктивність, скорочувати робочий час та автоматизувати багато процесів. Інноваційні рішення дозволяють роботизувати та автоматизувати низку традиційних операцій, які раніше виконувалися наземною технікою. До таких процесів належать моніторинг стану полів і посівів, обробка рослин хімічними препаратами та рідкими мінеральними добривами, посів сільськогосподарських культур, внесення трихограми, десикація, полив, обробка полів деструкторами, а також вирощування сидеральних культур.

Агродрони стають універсальним інструментом для виконання цих завдань завдяки високій точності, мобільності та можливості працювати у важкодоступних або невеликих за площею ділянках. Їх застосування

дозволяє не лише зменшити витрати на паливе та амортизацію техніки, але й суттєво знизити ризики пошкодження ґрунту через ущільнення, що часто спостерігається при використанні важкої наземної техніки. Автоматизація за допомогою агродронів забезпечує ефективніше управління технологічними процесами, особливо в умовах точного землеробства, що дозволяє значно оптимізувати використання ресурсів і підвищити загальну рентабельність сільськогосподарського виробництва.

Таблиця 8

Порівняльний аналіз витрат на технологічні процеси при застосуванні традиційної технології та агродронів

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

У межах дослідження було проведено порівняльний аналіз двох технологічних операцій, що представлені в таблиці 8: внесення хімічного препарату (гербіциду Раундап) і посів. За результатами аналізу встановлено, що внесення гербіциду за допомогою агродрону має суттєві переваги. Зокрема, вартість цієї операції становить близько 20 грн/га, а витрати води — від 3 до 5 літрів на гектар. Тривалість обробки залежно від параметрів сягає 5–7 хвилин. У той же час традиційна технологія обробки має значно вищі затрати: 371 грн/га, із витратами води від 200 до 250 літрів на гектар. Час обробки 1 га коливається від 25 до 45 хвилин залежно від марки обприскувача та швидкості агрегату.

Щодо посіву, використання агродрона також демонструє економічні переваги: вартість посіву становить 120 грн/га порівняно з 265 грн/га при традиційному підході. Це свідчить про високу продуктивність і економічність використання безпілотних літальних апаратів у сільському господарстві.

Порівняльний аналіз підтверджує ефективність агродронів у виконанні агротехнічних операцій, особливо в умовах необхідності оптимізації витрат ресурсів і підвищення продуктивності. Проте широке впровадження дронів у агровиробництво стикається з певними проблемами, серед яких відсутність достатньої кількості висококваліфікованих операторів і певні обмеження у функціоналі та обладнанні сучасних моделей дронів. Розв'язання цих питань може значно посилити потенціал дронів у сільському господарстві та сприяти їхньому масштабному впровадженню.

ВИСНОВКИ

1. Лабораторна перевірка насіння редьки олійної сорту "Кияночка" підтвердила його високі посівні якості, що створює передумови для успішного вирощування культури за оптимальних технологічних умов.
2. Найвищий рівень виживаності (88,8 %) за безгербіцидної технології на момент сходів зафіксовано при нормі висіву 320 шт/м².
3. Через 20 днів після сходів (26.06.2024) за безгербіцидної технології найнижча виживаність (16,8 %) зафіксована при нормі висіву 560 шт/м², а найвища (27,9 %) — при нормі 800 шт/м².
4. За безгербіцидної технології через 40 днів після сходів (12.07.2024) на ділянках із нормами висіву 80 і 320 шт/м² спостерігалася повна загибель рослин редьки олійної внаслідок інтенсивної конкуренції з бур'янами.
5. Найвищий рівень виживаності (93,8 %) за гербіцидної технології спостерігався при нормі висіву 80 шт/м², де густина рослин на момент сходів становила 75 шт/м².
6. За умов гербіцидної технології найнижчий показник виживаності (88,9 %) зафіксовано при нормі висіву 560 шт/м² (густина 498 шт/м²).
7. Через 40 днів після сходів (12.07.2024) жодного варіанта з гербіцидною обробкою не зафіксовано повної загибелі рослин. Найвищий рівень виживаності (47,5%) зафіксовано при нормі висіву 80 шт/м², а найнижчий (26,8%) — при нормі 560 шт/м².
8. Результати досліджень показали, що гербіцидна обробка значно покращує виживаність рослин і сприяє їхньому кращому розвитку. За безгербіцидної технології культура сильно потерпає від конкуренції з бур'яновою рослинністю, особливо на ранніх етапах росту. Гербіцидна технологія забезпечує стабільніші результати незалежно від норм висіву.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Використання агродронів у сільському господарстві України є перспективним напрямом, який дозволяє суттєво підвищити ефективність посівних робіт. Дрони забезпечують рівномірний розподіл насіння, що є особливо важливим для земель із різнорельєфною поверхнею та еродованими ґрунтами. Це рішення стає незамінним для важкодоступних районів, де застосування традиційної техніки ускладнене або економічно невиправдане. Українські фермери можуть використовувати агродрони як для посівів із попередньою обробкою ґрунту, так і для прямого висіву без обробки, адаптуючи технологію до потреб конкретної місцевості.

Для земель із високим рівнем забур'яненості рекомендовано застосування гербіцидів, таких як гліфосат у дозі 2 л/га. Це дозволяє значно знизити конкуренцію з боку бур'янів і створити сприятливі умови для росту та розвитку культурних рослин. Там, де використання хімічних препаратів неможливе, альтернативою можуть стати такі методи, як мульчування або механічне видалення бур'янів, що сприятиме збереженню конкурентоспроможності культур.

За результатами досліджень оптимальними нормами висіву редьки олійної при гербіцидній технології є 80–320 шт/м². Вони забезпечують високу виживаність і стабільний розвиток культури. У безгербіцидних умовах для часткової компенсації втрат рослин доцільно застосовувати підвищені норми висіву, до 800 шт/м². Це дозволяє мінімізувати негативний вплив бур'янової конкуренції, хоча повністю вирішити проблему без додаткових заходів не вдасться.

Агродрони сприяють зменшенню витрат на посівні роботи, скорочують залежність від важкої техніки та покращують якість висіву. Для малих і середніх господарств це є економічно вигідним рішенням, яке також дозволяє адаптуватися до сучасних викликів, пов'язаних із змінами клімату та деградацією ґрунтів.

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. Грищенко Т., Ярош С. Впровадження моделі сучасного органічного господарства по вирощуванню лікарських рослин. Сучасні тенденції розвитку галузі землеробства: проблеми та шляхи їх вирішення: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., 8–9 черв. 2023 р. Житомир : вид-во «Поліського університету», 2023, С. 12-14.
4. 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.
5. 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.
6. Марчук Ю. М., Кондратюк О. О., Богуславець В. Ю. та ін. Аналіз масштабів застосування регуляторів росту стимулюючої дії в рослинництві. «Science without borders – 2018»: Materials of the XIII international scientific and practical conference. 2018. Vol. 9. Р. 42 – 45.

7. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Державний стандарт (ДСТУ 4138-2002). К. : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
8. Сайко В. Ф. Особливості проведення досліджень з хрестоцвітими олійними культурами. К.: Інститут землеробства НААН, 2011. 76 с.
9. Окрушко С.Є. Екологічна безпека сучасних систем захисту рослин. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2015. № 2. С. 126-134.
10. 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.
11. Рослинництво. Технології вирощування с.-г. культур / В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, П. В. Івашук, О. В. Корнійчук. – Львів: НВФ Укр. технології, 2010. – 1086 с.
12. Рахметов Д. Б., Горобець С.О. Алелопатична роль альтернативних сидеральних культур у функціонуванні агрофітоценозів. Вісник аграрної науки. 2000. № 10. С. 20-24.
13. Цицюра Я. Г, Цицюра Т. В. Редька олійна. Стратегія використання та вирощування. Монографія. Вінниця: ТОВ “Нілан ЛТД”, 2015. 624 с
14. 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.
15. Brown, L. (2020). The Role of UAVs in Modern Farming.
16. Brown, J. (2020). Forage Crops for Animal Husbandry.
17. Bruggen, A.H.C.; Gamliel, A.; Finckh, M.R. Plant Disease Management in Organic Farming Systems. Pest Manag. Sci. 2016, 72, 30–44.

18. Bodner G, Loiskandl W, Hartl W, Erhart E, Sobotik M (2019) Characterization of cover crop rooting types from integration of Rhizobox Imaging and Root Atlas Information. *Plants* 8.
19. Blum U. *Plant-Plant Allelopathic Interactions*. Springer, Berlin. 2011. 200 pp.
20. Carter, P. (2020). *Advancing Sowing Technologies Using UAVs*.
21. Döring TF, Elsalahy H (2022) Quantifying compensation in crop mixtures and monocultures. *Eur J Agron* 132:126408.
22. Elhakeem A, Bastiaans L, Houben S, Couwenberg T, Makowski D, van der Werf W (2021) Do cover crop mixtures give higher and more stable yields than pure stands? *Field Crop Res* 270:108217.
23. Entz, M.H.; Kirk, A.P.; Vaisman, I.; Fox, S.L.; Fetch, J.M.; Hobson, D.; Jensen, H.R.; Rabinowicz, J. Farmer Participation in Plant Breeding for Canadian Organic Crop Production: Implications for Adaptation to Climate Uncertainty. *Procedia Environ. Sci.* 2015, 29, 238–239.
24. Green, S. (2019). *Drone Application in Oilseed Crop Production*.
25. Ivanov A., Petrov S. Cultivation of cover crops in Europe: *Raphanus sativus*. *Agronomy Today*, 2021, Vol. 25, pp. 55–61.
26. Ivanov, A. (2018). *Innovative Technologies in Agriculture*.
27. Kovalenko, I. (2021). *Harvesting Strategies for Oil Radish*.
28. Klimenko, O. (2020). *The Role of Cover Crops in Soil Improvement*.
29. Kellogg Biological Station Cover Crops Research Program; The Quick, N-Trapping Cover, B. Hofstetter. 1994. *New Farm* 16:24-26; *Northeast Cover Crop Handbook*, Marianne Sarrantonio, 1994, Rodale Institute; *Managing Cover Crops Profitably*, Sustainable Agriculture Research and Education Program, USDA
30. Lee, H. et al. (2022). *Oil Radish as a Component of Crop Rotations*.
31. Lammerts Van Bueren, E.T.; Jones, S.S.; Tamm, L.; Murphy, K.M.; Myers, J.R.; Leifert, C.; Messmer, M.M. *The Need to Breed Crop Varieties*

Suitable for Organic Farming, Using Wheat, Tomato and Broccoli as Examples: A Review. NJAS-Wageningen J. Life Sci. 2011, 58, 193–205.

32. Miller, R. (2018). Nutritional Value of Oil Radish.

33. Novikova, T. (2016). Agrobiological Properties of Oil Radish.

34. Petrenko, V. (2017). Siderates in Organic Farming.

35. Peterson R., Williams T. Drone technology in precision agriculture. Precision Farming Journal, 2020, Vol. 8, pp. 34–45.

36. Smith J., Brown K. Enhancing soil fertility with radish cover crops. Journal of Soil Science, 2019, Vol. 42, pp. 120–128.

37. Smith, J. et al. (2021). Precision Agriculture and Drone Technology.

38. Shevchenko, M. (2019). Sustainable Agriculture Practices.

39. Shevchuk O. A., Kravets O. O., Shevchuk V. V. and et. Features of leaf mesostructure organization under plant growth regulators treatment on broad bean plants. Modern Phytomorphology. 2020. 14. PP. 104 – 106.

40. Zhang, Y. et al. (2019). Efficiency of UAV Application in Crop Management.