МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(УНУ)

Факультет агрономії
Кафедра агрохімії і ґрунтознавства

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ
«_____»_____2025 р.
Зав. кафедри, к. с.-г.н. доцент
_____Олена ЧЕРНО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

РЕАКЦІЯ РИЖІЮ ЯРОГО НА РІЗНІ ВИДИ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ У ФГ «ЗЕМЛЕРОБ» НОВОУКРАЇНСЬКОГО РАЙОНУ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Виконав: студент ІІ курсу, групи 21 м-а спеціальності 201 Агрономія
ЯЗИКОВ Владислав Олександрович

Керівник: РАССАДІНА Ірина, к.с.-г. н., доцент

Умань – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП…… 4
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ, МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА УДОБРЕННЯ РИЖІЮ ЯРОГО (огляд літератури)……. 7
1.1. Динаміка засвоєння елементів живлення рижієм ярим……..... 7
1.2. Реакція рижію ярого (Camelina sativa L.) на умови мінерального живлення…… 10
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ……..... 14
2.1. Характеристика сорту рижію ярого «Престиж»……... 14
РОЗДІЛ 3. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ... 16
3.1. Опис ґрунтових умов проведення досліджень……. 16
3.2. Погодні умови в період проведення досліджень…….. 17
3.3. Схема досліду……..……. 19
3.4. Технологія вирощування рижію ярого в досліді……..… 20
3.5. Методи польових і лабораторних досліджень рижію ярого…… 21
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ…….. 26
4.1. Поживний режим ґрунту та його зміни під впливом застосування добрив…… 23
4.1.1. Вміст азоту мінеральних сполук…….. 24
4.1.2. Забезпеченість ґрунту рухомими сполуками фосфору…….. 26
4.1.3. Забезпеченість ґрунту рухомими сполуками калію……... 28
4.2. Фотосинтетична діяльність рослин рижію ярого…….. 30
4.3. Урожайність насіння рижію ярого……. 33
4.4. Якість насіння рижію ярого залежно від видів мінеральних добрив…….. 35
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ПІД РИЖІЙ ЯРИЙ…… 38
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ……..…….. 41
6.1. Організація охорони праці та моделювання виробничих небезпек

при вирощуванні рижію ярого у ФГ «Землероб»…….. 41
6.2. Охорона навколишнього середовища при застосуванні мінеральних добрив у вирощуванні рижію ярого…….. 43
ВИСНОВКИ……..... 46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…… 48
ДОДАТКИ…….…… 57

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва особливого значення набуває розширення спектра вирощуваних олійних культур, здатних забезпечити стабільні врожаї в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Однією з таких культур є рижій ярий (Camelina sativa L.), який останніми роками швидкими темпами поширюється у господарствах Степової зони України, зокрема в Кіровоградській області. Його вирощування сприяє оптимізації структури посівних площ, підвищенню ефективності використання земельних ресурсів, зниженню виробничих витрат і вирішенню ряду екологічних та агрономічних проблем.

Рижій ярий, завдяки короткому періоду вегетації, може ефективно використовуватись як попередник під озимі зернові культури. Він характеризується високими адаптаційними властивостями до посушливих умов, стійкістю до вилягання, хвороб і шкідників. Культура є цінною сировиною для олійно-жирової, хімічної, харчової та легкої промисловості, а також набуває популярності у медицині та виробництві продуктів здорового харчування [1]. Разом із тим у господарствах, де технологія вирощування рижію ще недостатньо адаптована до місцевих умов, часто спостерігається недовикористання його біологічного потенціалу, що призводить до низької врожайності та прибутковості.

Актуальність теми. В умовах постійного зростання вартості енергоносіїв, добрив і засобів захисту рослин, питання раціонального використання мінеральних ресурсів стає одним із ключових у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Ефективна система живлення має базуватись на оптимальному поєднанні елементів мінерального живлення, що дозволяє максимально використовувати біокліматичний потенціал зони та мінімізувати матеріальні витрати.

Попит на продукцію олійних культур в Україні постійно зростає, однак рижій ярий залишається малопоширеною, хоча й перспективною культурою. Її насіння є джерелом високоякісної олії, придатної як для харчового, так і для технічного використання, зокрема у виробництві біопалива. Проте реакція рижію ярого на різні види та норми мінеральних добрив досліджена недостатньо, особливо в умовах Новоукраїнського району Кіровоградської області, де спостерігається значний потенціал для вирощування культури.

У зв’язку з цим виникає потреба у науковому обґрунтуванні системи удобрення рижію ярого, що сприятиме підвищенню його продуктивності, якості насіння та економічної ефективності вирощування.

Мета досліджень полягає у визначенні реакції рижію ярого на різні види мінеральних добрив та науковому обґрунтуванні оптимальної системи живлення культури в умовах ФГ «Землероб» Новоукраїнського району Кіровоградської області.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань:

- визначити вплив різних видів мінеральних добрив на вміст рухомих сполук азоту, фосфору та калію у ґрунті під посівами рижію ярого;
- дослідити особливості росту та розвитку рослин під дією добрив;
- встановити вплив мінерального живлення на формування врожаю та якісні показники насіння;
- провести економічну оцінку ефективності застосування різних систем удобрення при вирощуванні рижію ярого.

Об’єкт дослідження – процес формування врожайності та якості насіння рижію ярого залежно від умов мінерального живлення.

Предмет дослідження – вплив різних видів мінеральних добрив на агрохімічні властивості ґрунту, ріст, розвиток і продуктивність рижію ярого.

Наукова новизна. Уперше для умов ФГ «Землероб» Новоукраїнського району Кіровоградської області проведено комплексну оцінку впливу різних видів мінеральних добрив на ріст, розвиток, урожайність і якість насіння

рижію ярого. Визначено закономірності зміни поживного режиму ґрунту під впливом удобрення та встановлено оптимальні комбінації елементів живлення, які забезпечують найвищу продуктивність культури в умовах чорнозему звичайного середньогумусного.

РОЗДІЛ 1
ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ, МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА УДОБРЕННЯ РИЖІЮ ЯРОГО (огляд літератури)

1.1. Динаміка засвоєння елементів живлення рижієм ярим

Рижій ярий (*Camelina sativa* L.) є високопластичною олійною культурою, яка демонструє стабільні показники продуктивності в умовах Лісостепу та Полісся України завдяки здатності ефективно використовувати доступні поживні речовини навіть за обмеженого мінерального живлення [1–4]. У працях провідних дослідників підкреслюється, що формування врожаю рижію визначається комплексною дією факторів: біологічними особливостями культури, агрохімічним станом ґрунту, системою удобрення та погодними умовами вегетаційного періоду [5; 6].

Однією з переваг рижію є його здатність покращувати родючість ґрунту завдяки утворенню значної кількості післяжнивних решток, які збагачують орний шар органічною речовиною та підтримують колообіг макро- і мікроелементів [7; 8]. Збалансоване мінеральне живлення забезпечує оптимальний перебіг фізіолого-біохімічних процесів — синтез хлорофілу, активність ферментативних систем, формування генеративних органів, накопичення сухих речовин та олії в насінні [9; 10]. Дефіцит основних елементів живлення негативно впливає на ріст, швидкість розвитку та продуктивність культури.

Важливою умовою отримання високої врожайності є систематична оцінка забезпечення рослин доступними елементами живлення. Методи ґрунтової та рослинної діагностики дозволяють визначати реальний рівень доступності азоту, фосфору, калію та мікроелементів, а також коригувати норми добрив залежно від фаз розвитку рослин [11–14]. На відміну від ґрунтового аналізу, рослинна діагностика точніше відображає рівень

живлення, оскільки враховує фактичне засвоєння елементів живлення кореневою системою [15; 16]. Водночас ґрунтові методи мають певні обмеження: вони не дозволяють повною мірою оцінити сезонну змінність доступності елементів, вплив антагонізму іонів, реакцію ґрунтового розчину чи біологічні особливості культури [17; 18]. Доступність поживних речовин значною мірою залежить від вологості ґрунту, його структурного стану, вмісту гумусу та інтенсивності мікробіологічних процесів [19].

Рижій відзначається невибагливістю до ґрунтових умов і добре розвивається на чорноземах, легких суглинках і супіщаних ґрунтах [20; 21]. Завдяки сильній і розгалуженій кореневій системі культура здатна використовувати важкорозчинні фракції фосфору та калію, недоступні для інших олійних культур. Потреба рослин у поживних речовинах змінюється протягом вегетації: у початкові фази вона невисока, однак різко зростає у період бутонізації, цвітіння та формування стручків — саме в цей час інтенсивність засвоєння елементів живлення досягає максимуму [22; 23].

Азот є основним елементом живлення, що визначає ріст та продуктивність рижію. Він бере участь у синтезі білків, ферментів, нуклеїнових кислот і хлорофілу, що забезпечує інтенсивність фотосинтезу та формування врожаю [24; 25]. У фазах розетки, бутонізації та цвітіння потреба культури в азоті різко зростає. Дефіцит азоту викликає світло-зелене забарвлення листків, зниження висоти рослин, недостатнє розгалуження та зменшення кількості стручків [26]. Проте надлишкове внесення азотних добрив може викликати вилягання посівів, зниження олійності насіння та подовження вегетації [27]. Ефективність азоту значною мірою залежить від зволоження: у посушливі періоди поглинання азоту знижується, що потребує коригування його норм [28].

Фосфор забезпечує енергетичний обмін, формування кореневої системи, розвиток генеративних органів і накопичення жирів у насінні. Забезпечення рослин фосфором у ранні фази розвитку є критично важливим, адже дефіцит на початкових етапах практично не компенсується пізніше [29;

30]. Найінтенсивніше поглинання фосфору відбувається у перші фази органогенезу, тоді як після початку бутонізації його вміст у рослинах поступово зменшується через перерозподіл у насіння [31].

Калій відіграє важливу роль у регуляції водного обміну, підвищує стійкість рослин до високих температур, хвороб і посухи, активує ферментні системи та забезпечує ефективний транспорт вуглеводів у насіння [32; 33]. Найвища потреба рослин у калії спостерігається під час бутонізації та наливання насіння, коли формується майбутній урожай. За нестачі калію знижується олійність, погіршується наповнення насіння, скорочується кількість добре виповнених стручків.

Важливе значення у живленні рижію мають мікроелементи — молібден, бор, марганець, цинк. Зокрема, молібден бере участь у процесах фіксації азоту, синтезі нітратредуктази та покращує засвоєння азоту з добрив, що позитивно впливає на формування врожаю та якість насіння. Бор сприяє нормальному розвитку генеративних органів, підвищує заплідненість квіток і кількість стручків. Марганець активує ферментні системи фотосинтезу, а цинк бере участь у синтезі гормонів росту. За нестачі мікроелементів продуктивність посівів знижується навіть при достатньому забезпеченні макроелементами [34–36].

Система удобрення рижію має враховувати не лише потреби рослин у поживних речовинах, але й особливості ґрунтово-кліматичних умов, попередника, забезпеченість ґрунту гумусом, гранулометричний склад і рівень зволоження протягом вегетації. Дослідження багатьох авторів підтверджують, що оптимальне поєднання макро- і мікроелементів дозволяє підвищити урожайність рижію на 25–45 %, а вміст олії — на 2–4 %, що є суттєвим показником для олійної культури [36–40].

Таким чином, рижій ярий є культурою з високою ефективністю використання поживних речовин і значним адаптивним потенціалом. Глибоке розуміння особливостей мінерального живлення, закономірностей поглинання елементів та ролі кожного макро- і мікроелемента дає

можливість оптимізувати систему удобрення й забезпечити стабільне формування врожаю в різних ґрунтово-кліматичних умовах України.

1.2. Реакція рижію ярого (Camelina sativa L.) на умови мінерального живлення

Рижій ярий (Camelina sativa L.) є однією з найдавніших олійних культур Європи, проте упродовж останніх десятиліть інтерес до його вирощування значно зріс завдяки високій адаптивності, посухостійкості та здатності формувати стабільні врожаї на малородючих ґрунтах [41]. Дослідження стійкості культури до абіотичних факторів демонструють, що рижій ярий вирізняється низькою чутливістю до короткочасних заморозків, коливань температури та дефіциту вологи, що підтверджується сучасними даними українських та європейських агрономічних досліджень [42; 43].

Ефективність реалізації продуктивного потенціалу рижію значною мірою визначається умовами мінерального живлення. Попри те, що культура традиційно вважається порівняно невибагливою, численні дослідження показують, що оптимальне забезпечення елементами живлення суттєво впливає на структуру врожаю, олійність насіння та динаміку росту рослин [44]. В умовах Лісостепу та Полісся України цей вплив проявляється особливо виразно за варіативного рівня забезпеченості ґрунтів азотом, фосфором та калієм [45].

Аналіз історичних досліджень, проведених у 1930–1950-х роках і пізніше переосмислених у роботах сучасних учених [46; 47], свідчить про те, що система удобрення рижію потребує оптимізації з урахуванням вологості ґрунту, його гранулометричного складу та запасів доступних елементів живлення. Зокрема, найбільші прирости урожайності (0,4–0,8 т/га) від азотно-фосфорних та комплексних добрив були отримані на бідних опідзолених ґрунтах. На чорноземах із добрим азотним режимом ефективними виявилися дози N40P30–N40P45, що забезпечували приріст

урожаю 0,4–0,5 т/га [48].

У зонах із нестійким або недостатнім зволоженням дози азоту не повинні перевищувати 30 кг/га діючої речовини [49]. Це пов’язано з тим, що надмірне азотне живлення сприяє формуванню потужної вегетативної маси, що інтенсивно споживає ґрунтову вологу в ранні фази розвитку. Внаслідок цього у період наливу насіння рослини потрапляють у стресові умови недостатнього зволоження, що призводить до зниження маси 1000 насінин та вмісту олії [50; 51].

Сучасні дослідження агрохімічних інститутів також підтверджують, що на чорноземах Лісостепу найбільш ефективними є дози мінеральних добрив у межах $N_{30–60}P_{60–90}K_{40–60}$ [52]. За даними польових експериментів у господарствах Центральної України, внесення $N_{20}P_{45}K_{45}$ під зяблеву оранку забезпечує формування оптимальних рослинних параметрів і рівномірних сходів [53]. Водночас використання підвищених доз добрив (до $N_{120}P_{90}K_{90}$) не завжди сприяє істотному приросту урожайності, що узгоджується з міжнародними дослідженнями щодо екологічної пластичності рижію [54].

Польові дослідження у Північній Європі показали, що реакція рижію на мінеральні добрива залежить як від ґрунтових умов, так і від погодних факторів, зокрема температури ґрунту на початку вегетації та рівня опадів у період формування стручків [55]. Недостатня кількість вологи у фазу наливу насіння призводить до зниження вмісту олії, що корелює з даними українських дослідників щодо впливу посухи на Camelina sativa [56].

Щодо потреби у фосфорі, численні дослідження [57] демонструють, що рижій чутливо реагує на фосфорне живлення, особливо у фазі проростання та формування кореневої системи. Оптимальний фосфорний режим сприяє кращому стартовому росту, рівномірному розвитку надземної маси, прискорює формування генеративних органів і скорочує тривалість вегетації на 10–14 днів [58]. Удосконалення фосфорного живлення, особливо в поєднанні з калієм, забезпечує підвищення посухостійкості рослин і покращує налив насіння [59].

Калій у живленні рижію відіграє ключову роль у регуляції водного режиму, активності ферментних систем та стійкості рослин до біотичних і абіотичних стресів [60]. Найвища потреба культури в калії спостерігається у фазах бутонізації та плодоношення. У дослідженнях, проведених у Німеччині та Польщі, встановлено, що саме калій забезпечує рівномірний розподіл асимілятів та стабільність формування стручків [61].

Незважаючи на відносну невибагливість, культура демонструє істотну реакцію на внесення як органічних, так і мінеральних добрив [62]. Органічні добрива, внесені під попередник, сприяють покращенню фосфорного й азотного режиму ґрунту, а також позитивно впливають на структуру врожаю рижію в наступному році [63].

Питання впливу добрив на олійність насіння рижію залишається дискусійним. Частина досліджень [64] показує, що підвищене азотне живлення може знижувати вміст жиру, тоді як фосфор і калій частково нівелюють цей ефект. Інші автори стверджують, що загальний вплив добрив на олійність проявляється лише за певних умов зволоження та температурного режиму [65].

За даними українських і зарубіжних учених [66–69], гідротермічні умови є одним із визначальних факторів, що впливають на масу 1000 насінин, вихід олії та загальну продуктивність культури. Підвищення температури повітря і ґрунту понад оптимальні значення у поєднанні з дефіцитом вологи призводять до істотного погіршення якісних показників насіння.

Огляд літературних джерел дає підстави виокремити такі наукові проблеми, які залишаються недостатньо вивченими:

– відсутність системних досліджень щодо сезонної динаміки азоту, фосфору та калію у ґрунтах під посівами рижію в умовах Правобережного Лісостепу;

– недостатнє вивчення можливостей ґрунтової та рослинної діагностики для корекції систем удобрення;

– обмежена кількість даних про винос макроелементів рижієм та витрати на формування одиниці врожаю;

– відсутність комплексних досліджень адаптивності культури до різних рівнів родючості ґрунтів і варіативних погодних умов.

Таким чином, подальші дослідження мінерального живлення рижію ярого є актуальними й мають важливе значення для удосконалення технології вирощування цієї культури в умовах Правобережного Лісостепу України.

РОЗДІЛ 2
ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика сорту рижію ярого «Престиж»

Сорт рижію ярого Престиж (Prestyzh) — сучасний високоврожайний скоростиглий сорт, створений українськими селекціонерами методом хімічного мутагенезу. З 2006 року він включений до Державного реєстру сортів рослин України та рекомендований для вирощування в умовах Лісостепу, Полісся і Степу. Оригінатором та підтримувачем сорту є Інститут олійних культур Української та Національної академій аграрних наук України.

Сорт належить до олійного напряму використання та характеризується високою продуктивністю. Урожайність рижію Престиж становить до 1,5 т/га. Вміст олії у насінні досягає 42 %, а якість олії та показники вмісту глюкозинолатів відповідають міжнародним стандартам. Рослини цього сорту мають середню висоту близько 70 см. Насіння вирізняється крупністю — маса 1000 насінин становить приблизно 2,0 г. Сорт стійкий до полягання та осипання, рівномірно достигає й придатний до механізованого збирання.

Рижій ярий Престиж є невибагливим до умов вирощування та добре адаптується до різних ґрунтово-кліматичних умов. Короткий вегетаційний період дає можливість своєчасно підготувати ґрунт під посів озимих культур, що робить сорт зручним для включення у польові сівозміни. Він проявляє добру конкурентоздатність до бур'янів у початкові фази росту та здатний забезпечувати стабільну врожайність навіть за стресових погодних умов.

До основних переваг сорту Престиж належать висока адаптивність до умов вирощування, економічна вигідність, придатність до інтенсивних технологій, висока якість олії та стабільність урожайності. Це робить його

перспективним для господарств, які прагнуть оптимізувати структуру посівів і підвищити ефективність виробництва олійних культур [70].

РОЗДІЛ 3
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Опис ґрунтових умов проведення досліджень

Дослідження щодо реакції рижію ярого на різні види мінеральних добрив проводилися на землях фермерського господарства «Землероб» Новоукраїнського району Кіровоградської області. Територія господарства розташована в межах Правобережного Лісостепу України, що характеризується високим агроресурсним потенціалом та переважанням родючих чорноземів.

Основним ґрунтовим типом дослідної ділянки є чорнозем звичайний малогумусний (табл. 1), сформований на лесових породах. Для цього ґрунту характерні добре виражена зерниста структура, оптимальна щільність складання та глибокий гумусовий горизонт, що становить близько 60–80 см. Вміст гумусу у верхньому орному шарі перебуває в межах 3,5–4,2 %, що забезпечує сприятливий водно-повітряний та поживний режим для вирощування олійних культур, зокрема рижію ярого [71].

Таблиця 1

Агрохімічні показники ґрунту дослідної ділянки

Показник	Одиниця вимірювання	Значення	Характеристика забезпеченості
Гумус	%	3,5–4,2	підвищена
pH сольове	од. pH	6,3–6,8	слабкокислий – нейтральний
Рухомий фосфор (P_2O_5)	мг/кг	120–150	висока
Обмінний калій (K_2O)	мг/кг	90–110	середня
Легкогідролізний азот	мг/кг	80–100	середня
Ємність катіонного обміну	ммоль/100 г	25–30	висока
Щільність складання	г/см³	1,20–1,25	оптимальна

Реакція ґрунтового розчину слабкокисла або близька до нейтральної (pH 6,3–6,8), що відповідає оптимальним умовам для росту рижію. За забезпеченістю елементами мінерального живлення ґрунт характеризується високим вмістом рухомого фосфору та середнім забезпеченням калієм. Наявність доступних форм азоту є помірною, що зумовлює доцільність застосування мінеральних добрив у досліді.

Добрі фізичні властивості чорноземів — висока водопроникність, значна вологоутримувальна здатність і стійкість структури — сприяють рівномірному розвитку рослин навіть у роки з нестійким зволоженням. Це робить ґрунти ФГ «Землероб» придатними не лише для вирощування рижію ярого, а й для достовірної оцінки впливу різних систем удобрення.

3.2 Погодні умови в період проведення досліджень

Новоукраїнський район Кіровоградської області належить до зони Правобережного Лісостепу України та характеризується помірно континентальним кліматом із теплим, місцями посушливим літом та відносно м’якою зимою. Середньорічна температура повітря становить +7…+8 °C, а період із середньодобовими температурами вище +10 °C триває 160–170 днів. Річна кількість опадів у нормі становить 450–520 мм, причому основна їх частка припадає на теплий період року, з максимумом у травні–липні. Зимові місяці є найменш забезпеченими опадами.

У 2024–2025 рр., коли проводилися дослідження реакції рижію ярого на різні види мінеральних добрив у ФГ «Землероб», погодні умови істотно відрізнялися від середніх багаторічних значень. Згідно з матеріалами Кіровоградської обласної військової адміністрації та кліматичними показниками найближчої метеостанції (м. Кропивницький), 2024 рік відзначався підвищеним температурним фоном та дефіцитом опадів.

Середня температура повітря протягом 2024 р. була вищою за норму на 2–3 °C. Підвищення температури спостерігалося упродовж усього року,

включно з періодом вегетації ярих культур. У фазах активного росту рижію ярого (квітень–липень) відхилення становили: у квітні — +3 °С, у травні — +3 °С, у червні та липні — близько +3 °С від середніх багаторічних значень. Такі умови сприяли швидкому прогріванню ґрунту та активному наростанню вегетативної маси у початковий період, проте могли прискорювати темпи проходження фенологічних фаз і зменшувати тривалість наливу насіння за умов обмеженої вологи (додаток А).

Вологозабезпечення у 2024 р. також було нижчим за норму. Сумарна кількість опадів у межах області становила 392–439 мм, що на 20–25 % менше середнього багаторічного рівня. Зниження опадів відзначалося протягом усього періоду вегетації рижію ярого: у квітні випало 28,8 мм (80 % норми), у травні — 36 мм (80 % норми), у червні — 52,8 мм (80 % норми), у липні — 57,6 мм (80 % норми). Дефіцит вологи у травні–липні збігався з критичними фазами розвитку культури — галуженням, бутонізацією та цвітінням, що могло впливати на формування генеративних органів і зменшення потенційної продуктивності (додаток А1).

На початку 2025 р. зберігалася тенденція до аномально високих температур. За спостереженнями обласних кліматичних служб, зимові та ранньовесняні температури перевищували норму на 2,5–3,0 °С. Опади у зимовий період розподілялися нерівномірно, що спричинило недостатні запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту на початок весняного періоду. Це створювало ризик недостатнього забезпечення вологою на ранніх етапах розвитку рижію ярого, хоча підвищений температурний фон сприяв швидкому проростанню насіння та дружним сходам.

Загалом погодні умови 2024–2025 рр. можна охарактеризувати як тепліші та сухіші, ніж багаторічна норма. Температура повітря перевищувала кліматичний показник у середньому на 2–3 °С, а сумарна кількість опадів була нижчою приблизно на 20%. Нестача вологи в ґрунті у поєднанні з підвищеними температурами у критичні фази розвитку культури могла обмежувати формування врожайності рижію ярого. Разом із тим такі

контрастні погодні умови дали можливість об’єктивно оцінити ефективність різних видів мінеральних добрив та адаптивні властивості культури до посушливих умов Правобережного Лісостепу.

3.3. Схема досліду

Дослідження проводилися у 2024–2025 роках на полях фермерського господарства «Землероб», розташованого у Новоукраїнському районі Кіровоградської області. Метою досліду було вивчення реакції рижію ярого на різні види мінеральних добрив та їх вплив на продуктивність культури в умовах Правобережного Лісостепу України.

Схема досліду включала п’ять варіантів удобрення:

1. Без добрив (контроль);
2. $P_{60}K_{60}$ (фосфор + калій);
3. $N_{60}K_{60}$ (азот + калій);
4. $N_{60}P_{60}$ (азот + фосфор);
5. $N_{60}P_{60}K_{60}$ (азот + фосфор + калій).

Дослід проводили з трьохкратною повторністю, розміщення ділянок було послідовним. Площа кожної дослідної ділянки становила 50 м².

Для внесення добрив використовували такі мінеральні препарати: аміачну селітру (34 % N) для азотного живлення; гранульований суперфосфат (19,5 % P_2O_5) для фосфорного живлення; калій хлористий (60 % K_2O) для калійного живлення.

Фосфорні та калійні добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту, тоді як азотні добрива (аміачну селітру) застосовували під передпосівну культивацію безпосередньо перед сівбою рижію ярого.

3.4. Технологія вирощування рижію ярого в досліді

Вирощування рижію ярого у ФГ «Землероб» здійснювалося за інтенсивною технологією, яка передбачає комплексне використання сучасних високопродуктивних машин, ефективних засобів захисту рослин, високоякісного насіння перспективних сортів, а також суворе дотримання технологічної дисципліни. Такий підхід забезпечує максимальну реалізацію продуктивного потенціалу культури та дозволяє оцінити ефективність різних видів мінеральних добрив у формуванні врожайності.

Попередник та основний обробіток ґрунту. Рижій ярий вирощували після пшениці озимої, що дозволяє ефективно використовувати родючість ґрунту та залишкову вологу. Після збирання попередника проводили лущення стерні важкою дисковою бороною БДТ-6 на глибину 8–10 см у агрегаті з трактором Т-150. Ця операція сприяє збереженню вологи в ґрунті, поліпшенню фізико-хімічних властивостей ґрунту, активізації мікробіологічних процесів та знищенню шкідників і насіння бур’янів.

Після лущення на поверхню ґрунту вручну вносили мінеральні добрива відповідно до схеми досліду. У жовтні здійснювали зяблеву оранку на глибину 22–25 см плугом ПЛН-4-35 в агрегаті з трактором Т-150, що формувало оптимальні умови для накопичення вологи та розвитку рижію в наступному сезоні.

Ранньовесняне розпушування та передпосівна підготовка. Ранньовесняне розпушування ґрунту для «закриття вологи» проводили зубовими боронами БЗСС-1,0 по діагоналі до напрямку зяблевого обробітку. Оптимальна вологість ґрунту для цього на легких ґрунтах становила 40–70 % від максимальної вологоємності, на важких — 50–65 %. На чорноземах, що переважають у Новоукраїнському районі, оптимальна вологість становила 15–18 % від абсолютно сухого ґрунту.

Передпосівний обробіток проводили комплексним агрегатом УСМК-5,4 Б на глибину заробки насіння, що забезпечувало рівномірне загортання насіння та підвищення дружності сходів.

Сівба та строки. Рижій ярий сіють ранньою весною, одночасно з іншими ранніми ярими культурами, що сприяє формуванню потужної кореневої системи, швидкому росту рослин і випередженню бур'янів у розвитку. Оптимальні умови для сходів створюються при достатньому вмісті вологи в ґрунті та помірних температурах повітря. Насіння загортають на глибину 2–3 см.

У 2024 році сівбу проводили 22 березня, а у 2025 році — 15 квітня, використовуючи сівалку СЗТ-3,6. Такі строки забезпечували дружні сходи, рівномірний розвиток рослин і ефективне використання внесених мінеральних добрив.

Догляд і збір урожаю. Під час вегетації застосовували комплекс заходів щодо захисту рослин від бур'янів, хвороб і шкідників. Внесення добрив контролювали відповідно до фаз розвитку рижію, що дозволяло оцінити вплив різних видів мінеральних добрив на формування урожайності та якість насіння.

Збирання проводили комбайном «Джон Дір» при повній стиглості насіння, що забезпечувало мінімальні втрати та збереження високих технологічних показників культури.

3.5. Методи польових і лабораторних досліджень рижію ярого

Польові дослідження рижію ярого у ФГ «Землероб» проводилися відповідно до сучасних науково обґрунтованих методик вирощування олійних культур та методичних рекомендацій Інституту олійних культур НААН України (1993) і ДСТУ, що регламентують агрономічні та біохімічні вимірювання.

Для оцінки впливу різних видів мінеральних добрив на рижій ярий здійснювався комплекс досліджень, включаючи польові спостереження, лабораторні аналізи та розрахунки економічної ефективності.

Вміст нітратного та амонійного азоту визначали іонометричним методом згідно з ДСТУ 4729:2007.

Рухомий фосфор у ризосфері визначали за методом Чирикова, що дозволяє оцінити доступність фосфору для рослин у процесі вегетації.

Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рижію ярого проводилися за методикою Державної комісії України з випробування і охорони сортів сільськогосподарських культур. Фіксували ключові фази розвитку: сходи, галуження, бутонізацію, цвітіння та дозрівання насіння.

Площу листкової поверхні у відібраних рослинах визначали методом висічок за А.А. Ничипоровичем (1966), що забезпечує точну оцінку фотосинтетичного апарату культури.

Збирання врожаю проводили поділяночно, методом суцільного обмолоту з використанням комбайну Sampo–130. Після обмолоту насіння зважували, враховуючи його вологість та засміченість. Зразки насіння відбирали для визначення якісних показників, таких як масова частка олії та насіннєва чистота.

Вміст олії («сирий жир») у насінні рижію визначали методом екстрагування ефіром у апараті Сокслета за сучасними українськими методиками лабораторного аналізу олійних культур (ДСТУ 4593:2006, ДСТУ ISO 659:2007).

Показники економічної ефективності вирощування рижію ярого визначали розрахунковим шляхом відповідно до методичних рекомендацій Міністерства аграрної політики та продовольства України щодо оцінки рентабельності сільськогосподарських культур. Розрахунки враховували витрати на добрива, насіння, обробіток ґрунту, захист рослин, а також отриманий урожай та його якість.

РОЗДІЛ 4
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Поживний режим ґрунту та його зміни під впливом застосування добрив

Поживний режим ґрунту є одним із ключових факторів, що визначають рівень забезпечення рослин необхідними елементами живлення. Загальний запас поживних речовин, їхній вміст у доступних для рослин формах та інтенсивність переходу сполук із малорухомого стану в доступний і навпаки істотно впливають на ефективність живлення культур і визначають їхню потребу в мінеральних добривах.

Добре відомо, що за високого вмісту рухомих форм елементів живлення потреба рослин у додатковому удобренні зменшується, тоді як за їх дефіциту — зростає. Оскільки ґрунти відрізняються за гранулометричним складом, вмістом гумусу, буферністю та здатністю накопичувати поживні речовини, то й рівень забезпеченості елементами живлення та реакція культур на внесення добрив у різних ґрунтових умовах є неоднаковими.

Після внесення в ґрунт добрива зазнають низки фізико-хімічних і біологічних перетворень, які визначають їх розчинність, рухомість та доступність для рослин. Ці процеси регулюють форму надходження елементів живлення в кореневу систему та загалом формують поживний режим у посівах [71].

Рижій ярий, як олійна культура з високою екологічною пластичністю, водночас достатньо вимогливий до забезпечення поживними речовинами. Він гостро реагує на рівень рухомих форм азоту, фосфору та калію в ґрунті, що зумовлює необхідність оптимізації мінерального живлення для реалізації його продуктивного потенціалу [72]. Забезпечення ґрунту збалансованим

комплексом поживних речовин є важливою умовою формування високого врожаю та належної якості насіння.

Результати проведених досліджень свідчать, що поживний режим ґрунту під посівами рижію ярого змінюється протягом вегетаційного періоду залежно від фази росту культури, доз внесених добрив і співвідношення основних елементів живлення. Ці зміни визначають інтенсивність поглинання поживних речовин та суттєво впливають на формування врожайності.

4.1.1. Вміст азоту мінеральних сполук

Азот є одним із ключових елементів живлення, що визначає інтенсивність ростових процесів, рівень фотосинтетичної активності та формування продуктивності рижію ярого. Його вміст у ґрунті залежить від гранулометричного складу, запасів гумусу, погодних умов та рівня удобрення. Визначення вмісту мінеральних форм азоту ($N–NO_3$ та $N–NH_4$) у ґрунті дозволяє встановити забезпеченість рослин цим елементом на ранніх етапах органогенезу [73].

У 2024–2025 рр. встановлено, що рівень забезпеченості ґрунту мінеральним азотом істотно залежав від системи удобрення (табл. 2). На контролі вміст мінералізованих форм азоту у шарі 0–20 см становив 18,7–19,1 мг/кг, що відповідає низькому рівню забезпечення. Застосування фосфорно-калійних добрив ($P_{60}K_{60}$) сприяло незначному підвищенню цих показників — до 19,1–19,5 мг/кг. Натомість внесення азотних добрив у дозі N_{60} у поєднанні з калієм або фосфором забезпечило підвищення концентрації мінерального азоту на 45–60 % порівняно з контролем.

Таблиця 2

Вміст азоту мінеральних сполук ($N\text{-}NO_3$ + $N\text{-}NH_4$) в ґрунті на період сходів рижію ярого (2024–2025 рр.), мг/кг

Варіант	Шар ґрунту, см	
	0–20	20–40
2024 рік		
Без добрив (контроль)	19,1	17,3
P_{60} K_{60}	19,5	18,4
N_{60} K_{60}	27,8	24,2
$N_{60}P_{60}$	28,1	25,7
$N_{60}P_{60}K_{60}$	30,6	26,0
HIP_{05}	*1,0*	*0,9*
2025 рік		
Без добрив (контроль)	18,7	16,7
P_{60} K_{60}	19,1	17,0
N_{60} K_{60}	27,2	24,0
$N_{60}P_{60}$	27,8	24,8
N_{60} P_{60} K_{60}	30,1	24,2
HIP_{05}	*1,1*	*1,0*
Середнє за 2024–2025 рр.		
Без добрив (контроль)	18,9	17,0
P_{60} K_{60}	19,3	17,7
N_{60} K_{60}	27,5	24,1
$N_{60}P_{60}$	28,0	25,3
N_{60} P_{60} K_{60}	30,4	25,1

Найвищі показники встановлено за варіантом $N_{60}P_{60}K_{60}$ — 30,6 мг/кг у 2024 р. та 30,1 мг/кг у 2025 р. у шарі 0–20 см, що свідчить про формування оптимального азотного режиму в ґрунті. Подібні закономірності описані також іншими дослідниками, які зазначають, що сумісне внесення азоту, фосфору і калію сприяє покращенню азотного балансу ґрунту та підвищує доступність мінеральних форм для рослин [74]. Аналогічні тенденції встановлено у шарі 20–40 см, де вміст азоту зростав у напрямку від контролю до варіанта повного мінерального удобрення.

Узагальнення результатів засвідчило стійку перевагу азотних та комплексних удобрень над контролем. Середній вміст азоту в орному шарі у варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$ становив 30,4 мг/кг, що більш ніж удвічі перевищувало контроль — 18,9 мг/кг. Підвищення вмісту азоту у ґрунтовому розчині за комплексного удобрення зумовлене не лише власне внесенням елементів, а й покращенням фізико-хімічних умов ґрунтотворного середовища [75].

Отже, застосування повного мінерального добрива ($N_{60}P_{60}K_{60}$) є найбільш ефективним для оптимізації азотного живлення рижію ярого, забезпечення активного засвоєння елементів та формування високопродуктивних посівів.

4.1.2. Забезпеченість ґрунту рухомими сполуками фосфору

Фосфор є одним із ключових елементів мінерального живлення рижію ярого, оскільки бере участь у формуванні енергетичного обміну, синтезі білків, розвитку кореневої системи та формуванні репродуктивних органів рослин. У ґрунтовому середовищі фосфор знаходиться в органічних і мінеральних формах, однак провідне значення для живлення рослин мають саме мінеральні сполуки, що перебувають у доступній (рухомій) формі [25].

Вміст рухомих форм фосфору значною мірою визначається гранулометричним складом ґрунту, рівнем забезпеченості гумусом, типом та нормами внесення добрив, а також погодними умовами вегетаційного періоду [5]. В умовах Новоукраїнського району Кіровоградської області ґрунти мають помірний рівень забезпечення рухомим фосфором, проте його доступність значною мірою залежить від вологості орного шару.

У посушливому 2024 році рухомість фосфатів зменшувалася через слабку дифузію у ґрунтовому розчині, тоді як у 2025 році, який характеризувався підвищеною вологістю, доступність фосфору збільшилася, що сприяло активнішому засвоєнню його рослинами рижію ярого.

Особливо важливим є застосування фосфорних добрив у поєднанні з азотом, оскільки збалансоване внесення елементів живлення створює оптимальний фосфатний режим, забезпечує ефективне засвоєння елементів та сприяє рівномірному надходженню фосфору протягом усього періоду вегетації [19].

Результати агрохімічних досліджень свідчать, що застосування різних видів і поєднань мінеральних добрив у посівах рижію ярого суттєво впливало на рівень забезпечення ґрунту рухомими сполуками фосфору на період сходів (табл. 3).

Таблиця 3

Вміст рухомих сполук фосфору (P_2O_5) у ґрунті на період сходів рижію ярого (2024–2025 рр.), мг/кг

Варіант	Шар ґрунту, см	
	0–20	20–40
2024 рік		
Без добрив (контроль)	105	102
$P_{60}K_{60}$	113	107
$N_{60}K_{60}$	111	105
$N_{60}P_{60}$	115	110
$N_{60}P_{60}K_{60}$	118	113
$НІР_{05}$	*4,7*	*4,3*
2025 рік		
Без добрив (контроль)	115	109
$P_{60}K_{60}$	120	114
$N_{60}K_{60}$	117	112
$N_{60}P_{60}$	122	116
$N_{60}P_{60}K_{60}$	125	120
$НІР_{05}$	*5,1*	*4,6*
Середнє за 2024–2025 рр.		
Без добрив (контроль)	110	106
$P_{60}K_{60}$	117	111
$N_{60}K_{60}$	114	109
$N_{60}P_{60}$	119	113
$N_{60}P_{60}K_{60}$	122	117

Найнижчий вміст рухомих фосфатів відмічено у контрольному варіанті, що підтверджує потребу рижію ярого у достатньому фосфорному живленні. У посушливому 2024 році доступність фосфору була нижчою, що пов’язано зі зменшенням рухомості фосфат-іонів у сухому ґрунті. Навпаки, у 2025 році, за умов достатнього зволоження, вміст рухомих фосфатів у всіх варіантах був вищим, а ефективність добрив зростала.

Найвищі показники відмічено у варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$, де поєднання трьох елементів забезпечило оптимальний фосфатний режим ґрунту. У шарі 0–20 см рухомих фосфатів завжди було більше, ніж у шарі 20–40 см, що пов’язано з локалізацією основної маси внесених добрив та інтенсивністю коренеутворення.

Отже, результати досліджень підтверджують, що збалансоване застосування мінеральних добрив сприяє підвищенню фосфатного режиму ґрунту та покращенню умов живлення рижію ярого в умовах Новоукраїнського району.

4.1.3. Забезпеченість ґрунту рухомими сполуками калію

Калій, поряд з азотом і фосфором, є одним з основних макроелементів мінерального живлення рослин, відіграючи важливу роль у регуляції водного режиму, синтезі вуглеводів, активності ферментів та формуванні стійкості культури до абіотичних стресів. У рослинах калій знаходиться переважно в іонній формі, не входить до складу органічних молекул, але бере участь у великій кількості фізіологічних і біохімічних процесів [33].

У ґрунті калій міститься у водорозчинній, обмінній та необмінній формах, з яких найбільш доступними для рослин є водорозчинна та обмінна, тобто рухомі форми калію. Їх вміст залежить від типу ґрунту, рівня

забезпечення гумусом, гранулометричного складу, інтенсивності обробітку та типу внесених добрив [7].

Результати досліджень свідчать, що найнижчий вміст рухомого калію спостерігався у контрольному варіанті та у варіанті з внесенням лише азотних і фосфорних добрив. Застосування калійних добрив, особливо у складі повного мінерального добрива, забезпечувало істотне підвищення забезпеченості ґрунту рухомими формами калію на період сходів рижію ярого (табл. 4).

Таблиця 4

Вміст рухомих сполук калію (K_2O) у ґрунті на період сходів рижію ярого (2024–2025 рр.), мг/кг

Варіант	Шар ґрунту, см	
	0–20	20–40
2024 рік		
Без добрив (контроль)	86	80
$P_{60}K_{60}$	96	90
$N_{60}K_{60}$	94	89
$N_{60}P_{60}$	87	81
$N_{60}P_{60}K_{60}$	99	93
HIP_{05}	*3,5*	*3,3*
2025 рік		
Без добрив (контроль)	92	87
$P_{60}K_{60}$	102	96
$N_{60}K_{60}$	100	94
$N_{60}P_{60}$	93	88
$N_{60}P_{60}K_{60}$	105	99
HIP_{05}	*3,8*	*3,6*
Середнє за 2024–2025 рр.		
Без добрив (контроль)	89	84
$P_{60}K_{60}$	99	93
$N_{60}K_{60}$	97	92
$N_{60}P_{60}$	90	85
$N_{60}P_{60}K_{60}$	102	96

У посушливих умовах 2024 року рухомість калію була нижчою, що пов’язано зі зменшенням інтенсивності дифузії іонів у ґрунтовому розчині. Тому вміст рухомих форм калію в усіх варіантах був нижчим порівняно з 2025 роком.

У вологому 2025 році збільшилась кількість доступних форм калію як у верхньому шарі ґрунту (0–20 см), так і у шарі 20–40 см, що забезпечило кращі умови живлення культури.

Найвищий вміст рухомих форм калію у 2024–2025 рр. відмічено у варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$, де внесення повного мінерального добрива створило найсприятливіший калійний режим ґрунту. Також істотне підвищення кількості рухомого калію спостерігалося у варіантах $P_{60}K_{60}$ та $N_{60}K_{60}$, що підтверджує ефективність локального внесення калійної складової.

Зменшення вмісту рухомих форм калію в шарі 20–40 см порівняно з 0–20 см є закономірним і пов’язане з особливостями обробітку ґрунту та локалізацією кореневої системи рижію ярого.

Отже, застосування калійних добрив у посівах рижію є важливим фактором оптимізації мінерального живлення культури, особливо в посушливих умовах Правобережного Лісостепу України.

4.2. Фотосинтетична діяльність рослин рижію ярого

Фотосинтез є ключовим процесом, що забезпечує формування первинної органічної речовини та визначає продуктивність рижію ярого. Саме в листковому апараті відбувається перетворення сонячної енергії на хімічну, яка використовується для синтезу органічних сполук. Хоча основним джерелом енергії є світло, ефективність фотосинтезу суттєво залежить від забезпечення рослин елементами мінерального живлення, насамперед азотом, фосфором і калієм, що беруть участь у синтезі хлорофілу, енергетичних реакціях та фізіологічному розвитку рослин.

За даними численних досліджень, азот відіграє провідну роль у формуванні інтенсивності фотосинтезу завдяки впливу на синтез хлорофілу та білків ферментативного комплексу листка; його нестача призводить до різкого зниження фотосинтетичної активності [12]. Фосфор регулює процеси енергетичного обміну й формування асиміляційної поверхні, тоді як калій забезпечує транспорт асимілятів, функціонування продихів і накопичення енергії світла [45].

У ході досліджень 2024–2025 рр. у ФГ «Землероб» встановлено чітку залежність площі листкового апарату рижію ярого від рівня мінерального живлення. Обидва роки характеризувалися різними метеорологічними умовами, що позначилося на формуванні листкової поверхні (табл. 5).

Таблиця 5

Динаміка формування листкової поверхні рижію ярого залежно від особливостей удобрення, тис. м²/га, 2024–2025 рр.

Варіант досліду	Фаза росту і розвитку		
	стеблування	цвітіння	повна стиглість
Без добрив (контроль)	8,2	24,1	18,1
$P_{60}K_{60}$	9,8	26,8	20,2
$N_{60}K_{60}$	13,7	34,9	26,5
$N_{60}P_{60}$	15,1	36,8	28,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	16,7	40,4	35,8

У фазу стеблування наростання листкової маси відбувалося повільно, оскільки рижій ярий у цей період інтенсивно формує кореневу систему. На контролі площа листкової поверхні становила 7,6–8,8 тис. м²/га залежно від року. Унесення фосфорно-калійних добрив ($P_{60}K_{60}$) забезпечувало збільшення листкової поверхні на 17–21 %, тоді як азотовмісні варіанти ($N_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}$) — на 42–84 % порівняно з контролем. Найбільший приріст (у 1,9–2,0 раза) спостерігався за внесення повного мінерального добрива $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Період від стеблування до цвітіння супроводжувався найбільш інтенсивним наростанням вегетативної маси. Площа листкового апарату на контролі в цей період становила 22,1 тис. м²/га у 2024 р. та 26,0 тис. м²/га у 2025 р. Застосування добрив забезпечувало збільшення площі асиміляційної поверхні на 10–16 тис. м²/га, або 45–65 % порівняно з контролем.

У фазу повної стиглості площа листкової поверхні зменшувалася через природне відмирання нижніх листків. Проте навіть на цьому етапі варіант $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечував збільшення показника на 16–18 тис. м²/га, або 83–95 % порівняно з контролем.

Отримані результати свідчать, що найбільшу роль у формуванні асиміляційної поверхні відіграє азот, особливо при застосуванні в складі повного мінерального добрива. Виключення фосфору або калію зменшувало площу листя, але не настільки суттєво, як виключення азоту.

4.3. Урожайність насіння рижію ярого

Урожайність рижію ярого формується під впливом комплексу факторів, серед яких провідне значення мають забезпеченість рослин елементами мінерального живлення, рівень ефективної родючості ґрунту та погодні умови вегетаційного періоду. Реалізація потенціалу культури залежить від запасів доступної вологи та оптимального надходження макроелементів, що забезпечують формування продуктивних гілочок і налив насіння.

Ґрунти дослідних ділянок ФГ «Землероб» вирізняються середнім вмістом гумусу, достатнім забезпеченням фосфором і калієм та потребують оптимізації азотного живлення, на яке рижій реагує найвиразніше. У період досліджень погодні умови мали певні відмінності: 2024 рік був порівняно вологим у травні та червні, що сприяло кращому формуванню врожаю, тоді як 2025 рік характеризувався посушливістю другої половини травня, що частково обмежувало ріст і розвиток рослин.

Результати досліджень наведено у таблиці 6.

Таблиця 6

Урожайність рижію ярого залежно від видів мінеральних добрив у ФГ «Землероб» (2024–2025 рр.)

Варіант досліду	Урожайність, т/га	Приріст до контролю	
		т/га	%
2024 р.			
Без добрив (контроль)	1,48	–	–
$P_{60}K_{60}$	1,57	0,09	6,0
$N_{60}K_{60}$	1,82	0,34	23,0
$N_{60}P_{60}$	1,88	0,40	27,0
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,01	0,53	35,8
HIP_{05}	*0,11*	–	–
2025 рік			
Без добрив (контроль)	1,41	–	
$P_{60}K_{60}$	1,49	0,08	5,7
$N_{60}K_{60}$	1,68	0,27	19,1
$N_{60}P_{60}$	1,73	0,32	22,7
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,85	0,44	31,2
HIP_{05}	*0,10*	–	–
Середнє за 2024–2025 рр.			
Без добрив (контроль)	1,45	–	–
$P_{60}K_{60}$	1,53	0,08	5,5
$N_{60}K_{60}$	1,75	0,30	20,7
$N_{60}P_{60}$	1,81	0,36	24,8
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,93	0,48	33,1

Результати дворічних досліджень (2024–2025 рр.) показали, що рижій ярий істотно реагує на внесення мінеральних добрив, а величина приросту

врожайності залежить як від складу добрив, так і від гідротермічних умов року. У відносно сприятливому 2024 році сумісне внесення мінеральних добрив з азотом забезпечило суттєве підвищення врожайності. Варіант із внесенням лише фосфорних і калійних добрив ($P_{60}K_{60}$) забезпечив приріст на рівні похибки досліду, тоді як використання азоту в комбінації з калієм або з фосфором сприяло достовірному підвищенню врожайності на 0,34–0,40 т/га, що підтверджує провідну роль азоту у формуванні продуктивних гілочок та маси насіння. Найвищу врожайність у 2024 році забезпечило повне удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$, де приріст відносно контролю становив 0,53 т/га або 35,8%.

У 2025 році посушливі умови другої половини травня та червня зумовили загальне зниження рівня врожайності на 4–9% залежно від варіанта удобрення. Незважаючи на це, характер реакції культури на добрива зберігався таким самим, як і в попередньому році: мінімальні показники зафіксовано в контролі, а максимальні – за внесення повного комплексу мінеральних добрив. Найменше падіння врожайності відносно 2024 року спостерігали у варіантах, що містили азотні добрива, що підтверджує компенсаторну роль азоту за умов обмеженої вологи.

Середній показник урожайності за два роки становив 1,45–1,93 т/га, а приріст у варіантах із внесенням добрив досягав 0,08–0,48 т/га або 5,9–33,1%. Це свідчить про стабільний позитивний вплив NPK-живлення на продукційний процес рижію ярого незалежно від гідротермічного режиму року.

Установлено, що рижій ярий істотно реагує на внесення мінеральних добрив, а найбільш ефективною системою є повне удобрення нормою $N_{60}P_{60}K_{60}$. Воно забезпечує максимальне зростання врожайності як у сприятливих, так і у посушливих умовах, перевищуючи контроль у середньому на 0,48 т/га або 33,1%. У посушливому 2025 році ефективність добрив дещо зменшувалася, однак загальна тенденція позитивного впливу азотно-фосфорно-калійного живлення зберігалася, що свідчить про

важливість збалансованого застосування макроелементів для повної реалізації продукційного потенціалу рижію ярого.

4.3. Якість насіння рижію ярого залежно від видів мінеральних добрив

Якісні показники насіння рижію ярого є важливим критерієм оцінки ефективності технології вирощування, оскільки культура вирізняється високим вмістом олії, яка використовується у харчовій, технічній та біоенергетичній галузях. Рослинні олії являють собою суміш тригліцеридів, до складу яких входять олеїнова, лінолева та ліноленова жирні кислоти, що визначають поживну цінність та технологічні властивості олії [70]. Формування цих компонентів істотно залежить від умов мінерального живлення.

Метою проведених досліджень у ФГ «Землероб» було оцінити вплив різних видів мінеральних добрив на олійність насіння рижію ярого в умовах різних за гідротермічним забезпеченням років (2024–2025). Погодні умови двох років істотно відрізнялися: 2024 рік характеризувався сприятливим зволоженням у фазі утворення гілочок, тоді як у 2025 році спостерігався дефіцит вологи під час наливу насіння, що могло посилювати вплив азотного живлення на синтез білку та знижувати накопичення жиру.

У літературі зазначається, що надмірне забезпечення рослин азотом призводить до зниження синтезу олії внаслідок посиленого білкового обміну та зменшення інтенсивності формування ліпідів [36]. Це узгоджується з результатами наших досліджень: збільшення дози азотних добрив зумовлювало тенденцію до зниження олійності насіння (табл. 7).

Таблиця 7

Вплив застосування різних видів мінеральних добрив на олійність насіння рижію ярого (2024–2025 рр.)

Варіант досліду	2024 р.	2025 р.	Середнє за два роки
Без добрив (контроль)	44,1	41,3	42,7
$P_{60}K_{60}$	43,2	40,5	41,8
$N_{60}K_{60}$	41,8	39,9	40,9
$N_{60}P_{60}$	42,6	40,6	41,6
$N_{60}P_{60}K_{60}$	41,5	39,4	40,4
$НІР_{05}$	*1,7*	*1,5*	–

Установлено, що мінеральні добрива по-різному впливали на олійність насіння рижію ярого у роки досліджень. У варіантах із внесенням лише фосфорно-калійних добрив ($P_{60}K_{60}$) зниження вмісту олії було незначним і перебувало в межах похибки досліду. Внесення азотних добрив — як у поєднанні з калієм, так і з фосфором — зумовлювало більш виражене зменшення олійності, що узгоджується з даними Гамаюнова В. В. [65] та свідчить про зміщення метаболізму рослин у бік білкового синтезу.

Найбільше зниження вмісту олії спостерігали у варіанті повного мінерального удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ — у середньому на 2,3 пункти відносно контролю. Водночас, незважаючи на зменшення олійності, цей варіант забезпечував найвищу врожайність насіння (розділ 4.2), що свідчить про перерозподіл пластичних речовин на користь збільшення насіннєвої продукції.

У посушливому 2025 році всі варіанти характеризувалися нижчим рівнем олійності порівняно з 2024-м, що пов’язано з погіршенням умов наливу насіння. Зниження становило 4,5–6,3%, причому найменше падіння спостерігали у варіантах із внесенням азотних добрив ($N_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}$), що може бути пов’язане з підвищенням адаптивності рослин до стресових

умов.

Мінеральні добрива суттєво впливали на якість насіння рижію ярого в умовах ФГ «Землероб», причому характер цього впливу залежав від поєднання елементів живлення та погодних умов років дослідження. Найменше зниження олійності спостерігалося за внесення $P_{60}K_{60}$, що свідчить про відносно нейтральну дію фосфору й калію на процеси синтезу ліпідів. Натомість застосування азотних добрив, особливо у складі повного мінерального удобрення, призводило до зменшення вмісту олії на 1,1–2,3 пункти, що зумовлено інтенсифікацією синтезу білка за підвищеного азотного живлення. У посушливих умовах 2025 року цей ефект проявився сильніше через дефіцит вологи у період наливу насіння, що додатково обмежувало накопичення жиру. Попри певне зниження олійності, варіант $N_{60}P_{60}K_{60}$ залишається найбільш доцільним завдяки оптимальному поєднанню підвищеної урожайності та прийнятної якості насіння.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ ПІД РИЖІЙ ЯРИЙ

Сьогодні економічна оцінка агротехнічних заходів набуває особливого значення в умовах розвитку ринкових відносин та зростання вартості ресурсів у сільському господарстві. Одним із ключових факторів, що визначає ефективність вирощування сільськогосподарських культур, є застосування систем удобрення, які дозволяють збільшувати урожайність із оптимальними витратами. У сучасних економічних умовах України, за високих цін на мінеральні добрива та обмеженого фінансування, важливо враховувати всі витрати на технологічні операції, включно з підготовкою ґрунту, посівом, доглядом за посівами, використанням палива та мастильних матеріалів, амортизацією техніки, оплатою праці та зберіганням насіння.

У 2025 році дослідження показали, що застосування різних видів мінеральних добрив суттєво впливало на економічні показники вирощування рижію ярого. Урожайність насіння варіювалася від 1,45 т/га на контрольних ділянках без добрив до 1,93 т/га за повного мінерального удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$. Вартість валової продукції розраховувалася за ціною 30 000 грн/т насіння, що відповідало 3 000 грн/ц.

Повні виробничі витрати включали не лише витрати на мінеральні добрива, а й на всі технологічні операції, підготовку ґрунту, посів, насіння та супутні матеріали. Середні витрати на технологічні операції становили близько 15 000 грн/га, вартість насіння — 240 грн/га. Витрати на мінеральні добрива залежали від варіанту удобрення і коливалися від 0 до 9 469 грн/га.

Розрахунки економічної ефективності вирощування рижію ярого показали, що найбільший чистий прибуток отримано на ділянках з повним внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$ — 33 191 грн/га при витратах 24 709 грн/га (табл 8). Варіант $N_{60}K_{60}$ забезпечував трохи менший прибуток — 31 580 грн/га, проте

рентабельність цього варіанту була вищою (151,1 %) порівняно з повним удобренням (134,3 %). Контроль без добрив мав найменші витрати і високий рівень рентабельності 185,6 %, але не реалізовував потенційний продукційний рівень культури.

Таблиця 8

Економічна ефективність вирощування рижію ярого залежно від варіантів удобрення (середнє за 2024–2025 рр.)

Варіант удобрення	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Витрати (добрива + технологія + насіння), грн/га	Чистий прибуток, грн/га	Собівартість 1 ц, грн	Рентабельність, %
Контроль (без добрив)	1,45	43 500	15 240	28 260	1 051	185,6
$P_{60}K_{60}$	1,53	45 900	21 529	24 371	1 407	113,2
$N_{60}K_{60}$	1,75	52 500	20 920	31 580	1 196	151,1
$N_{60}P_{60}$	1,81	54 300	22 209	32 091	1 227	144,5
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1,93	57 900	24 709	33 191	1 280	134,3

Варіант $P_{60}K_{60}$ показав найнижчу рентабельність серед удобрених ділянок — 113,2 %, що зумовлено невисоким приростом урожайності при відносно значних витратах на мінеральні добрива. Варіанти з внесенням азотних добрив ($N_{60}K_{60}$ та $N_{60}P_{60}$) забезпечували оптимальне співвідношення «витрати – прибуток», оскільки азот сприяв суттєвому підвищенню урожайності при помірних витратах.

Таким чином, економічна оцінка показала, що внесення мінеральних добрив під рижій ярий є економічно доцільним. Найоптимальнішим варіантом з погляду балансу між витратами та прибутком є $N_{60}K_{60}$, тоді як

максимальний прибуток забезпечує повне удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$. Контрольні ділянки без добрив, хоча і характеризувалися високою рентабельністю через відсутність витрат на мінеральні добрива, не дозволяли реалізувати продукційний потенціал культури.

РОЗДІЛ 6
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Організація охорони праці та моделювання виробничих небезпек при вирощуванні рижію ярого у ФГ «Землероб»

У сільському господарстві існує багато потенційно небезпечних об’єктів та виробничих процесів. Особлива увага приділяється рухомим машинам і механізмам, обладнанню для внесення мінеральних добрив та засобів захисту рослин, а також ґрунтообробним агрегатам. Недотримання правил безпеки, низька кваліфікація персоналу та незадовільна організація праці призводять до більшості нещасних випадків на виробництві.

При вирощуванні рижію ярого основними ризиками є:

- травми під час роботи з ґрунтообробними агрегатами (різальні та обертові частини);
- опіки та інтоксикації при роботі з мінеральними добривами;
- ураження шкідливими випарами або пилом від добрив;
- ризики, пов’язані з неправильним зберіганням і транспортуванням хімікатів.

Для мінімізації небезпек працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту: захисний одяг, рукавички, спецвзуття, окуляри та респіратори. Дотримання безпечних дистанцій, правильне огородження валів і рухомих частин агрегатів є обов’язковим.

Модель виробничих небезпек при внесенні мінеральних добрив і обробітку ґрунту

Для систематизації ризиків розроблено модель, що включає:

1. **Небезпечні умови (НУ):**

- НУ1 – несправність насоса для перекачування рідких мінеральних добрив (РМД);
- НУ2 – перегрів двигуна або гідросистеми;
- НУ3 – пошкодження трубопроводів і клапанів;
- НУ4 – недостатній рівень знань працівника щодо охорони праці та безпечних технологій.

2. **Небезпечні дії (НД):**

- НД1 – ремонт або обслуговування обладнання без використання засобів індивідуального захисту;
- НД2 – порушення інструкцій з експлуатації техніки;
- НД3 – неправильне транспортування та зберігання добрив.

3. **Небезпечні ситуації (НС):**

- НС1 – контакт шкіри або очей із хімічними речовинами;
- НС2 – вдихання парів або пилу від добрив;
- НС3 – травми від рухомих частин агрегатів.

4. **Наслідки (Т):**

- Т1 – опіки, алергічні реакції, інтоксикації;
- Т2 – травми механічного характеру;
- Т3 – пошкодження обладнання з можливим травмуванням персоналу.

НУ1 НУ2 НУ3
| | |
НД1 НД2 НД3
| | |
НС1 НС2 НС3
| | |
Т1 Т2 Т3

Заходи для підвищення безпеки праці:

1. Впровадження системи управління охороною праці та регулярний контроль дотримання правил.

2. Забезпечення працівників сучасними засобами індивідуального захисту відповідно до нормативів.
3. Обов’язкове навчання та інструктаж працівників щодо безпечного поводження з добривами та агротехнікою.
4. Регулярна атестація робочих місць за умовами праці та перевірка обладнання.
5. Розробка інструкцій з охорони праці та пожежної безпеки для всіх етапів вирощування рижію ярого.

6.2 Охорона навколишнього середовища при застосуванні мінеральних добрив у вирощуванні рижію ярого

Інтенсивне використання мінеральних добрив у землеробстві, зокрема при вирощуванні рижію ярого, сприяє підвищенню продуктивності посівів, однак супроводжується певними ризиками для навколишнього середовища. Розширення площ під інтенсивними системами землеробства, застосування засобів хімізації, включаючи азотні, фосфорні та калійні добрива, а також засобів захисту рослин, може призводити до утворення додаткових джерел солей у ґрунті, деградації його структури та розвитку процесів ерозії.

Надмірне або неправильне внесення мінеральних добрив може порушувати природні цикли кругообігу елементів живлення, що призводить до забруднення підґрунтових вод та поверхневих водойм. Основними шляхами негативного впливу є:

1. Вимивання поживних речовин із ґрунту в підґрунтові води і поверхневий стік, що спричиняє евтрофікацію водойм, розвиток водоростей та фітопланктону, «цвітіння» води.
2. Втрати азоту в атмосферу у вигляді аміаку та оксидів азоту, що може негативно впливати на мікроклімат та екологічну рівновагу регіону.

3. Зміна кислотності ґрунту та порушення його агрохімічних властивостей при надмірному внесенні азотних добрив, що може знижувати родючість та продуктивність посівів.
4. Дисбаланс живлення рослин макро- та мікроелементами, що сприяє розвитку фітопатогенних хвороб та погіршує стан посівів рижію ярого.
5. Недотримання технології внесення добрив та використання низькоякісних продуктів, що може призвести до накопичення нітратів у насінні та зниження його якісних показників.

Екологічні ризики посилюються під час критичних фаз розвитку рижію ярого, зокрема при бутонізації та цвітінні, коли потреба культури у воді та поживних елементах є максимальною. В умовах нестачі опадів або порушеного режиму зрошення надлишок або дефіцит окремих елементів живлення може викликати порушення фізіологічних процесів у рослин, що негативно впливає на формування урожаю та якість насіння.

З метою мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище при застосуванні мінеральних добрив для рижію ярого рекомендується:

- дотримуватися рекомендованих норм і строків внесення добрив відповідно до типу ґрунту та фази розвитку культури;
- використовувати локальне або диференційоване внесення добрив для зменшення втрат поживних речовин;
- контролювати вміст нітратів і фосфатів у ґрунті та водних об’єктах у зоні ведення сільськогосподарської діяльності;
- застосовувати інтегровану систему живлення та захисту рослин, що передбачає поєднання мінеральних добрив з органічними та біологічними препаратами.

Дослідження показують, що дотримання таких заходів дозволяє забезпечити високий рівень продуктивності рижію ярого при мінімальному ризику забруднення навколишнього середовища. При цьому збережується екологічна рівновага в агроценозах Правобережного Лісостепу та

забезпечується стале використання природних ресурсів господарства ФГ «Землероб».

Таким чином, інтегроване та збалансоване використання мінеральних добрив у вирощуванні рижію ярого є важливим інструментом підвищення продуктивності та одночасного збереження якості ґрунтів і водних ресурсів у регіоні.

ВИСНОВКИ

1. Проведені дослідження показали, що поживний режим ґрунту та забезпеченість рижію ярого елементами мінерального живлення суттєво впливають на його продуктивність, розвиток листкової поверхні та якість насіння. Установлено, що внесення повного мінерального добрива $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечує оптимальний баланс азоту, фосфору і калію в ґрунті, підвищує концентрацію рухомих форм азоту, фосфору та калію у верхньому шарі ґрунту та сприяє інтенсивному засвоєнню поживних речовин рослинами.

2. Фотосинтетична активність рижію ярого безпосередньо залежить від рівня мінерального живлення, особливо від азотного забезпечення. Використання повного мінерального комплексу забезпечувало найбільший розвиток листкової маси у всіх фазах росту, що сприяло формуванню високої продуктивності культури.

3. Урожайність рижію ярого найбільше зростала за застосування $N_{60}P_{60}K_{60}$, причому приріст до контролю становив у середньому 0,48 т/га або 33,1 %. Використання лише фосфорно-калійних добрив ($P_{60}K_{60}$) забезпечувало мінімальний приріст врожайності (5–6 %), тоді як внесення азотних добрив у поєднанні з фосфором або калієм сприяло достовірному підвищенню врожайності.

4. Щодо якості насіння, внесення азотних добрив спричиняло незначне зниження олійності (1,1–2,3 пункти), що пов’язано зі зміщенням обміну речовин у бік білкового синтезу, проте навіть за таких умов варіант $N_{60}P_{60}K_{60}$ залишався найбільш ефективним завдяки високій врожайності та прийнятній якості насіння. Фосфорно-калійні добрива майже не впливали на олійність, що свідчить про їх нейтральну дію на накопичення жиру.

5. Економічна оцінка показала, що застосування повного мінерального добрива $N_{60}P_{60}K_{60}$ є найрентабельнішим варіантом. При цьому забезпечується максимальна продуктивність рижію ярого з одночасним підвищенням

валового доходу та прибутковості, незважаючи на більші витрати на добрива порівняно з контролем або варіантами без азоту. Використання лише фосфорно-калійних добрив є економічно менш ефективним через незначне збільшення врожайності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кузьмінська Н. Л. Особливості функціонування олійно-жирової галузі України. Економіка АПК. 2011. №12. С. 161–165.

2. Kononenko L. M., Voitovska V. I., Tretiakova S. O. Prospects for growing uncommon oilseeds in the right-bank Forest-Steppe of Ukraine. Innovative development of science and education: Abstracts of the 3rd International scientific and practical conference. Athens, Greece: ISGT Publishing House, 2020. P. 12–20.

3. Кисіль В. І. Вплив органічних і мінеральних добрив на показники родючості чорнозему типового за різних систем землеробства. Агрохімія і ґрунтознавство. 2000. Вип. 60. С. 40–50.

4. Поляков О. І. Агротехнічні і біокліматичні особливості формування урожайності і якості насіння соняшнику, сої, льону, кунжуту, рижію, молочаю в Південному Степу України: автореф. … д-ра с.-г. наук: 06.01.09 «Рослинництво». Дніпропетровськ, 2011. 38 с.

5. Білявський Ю. А., Мислива Т. М. Вплив елементів біологізації землеробства на продуктивність ланки сівозміни та якість врожаю в умовах Правобережного Полісся України. Агроекологічний журнал. 2001. №1. С. 48–51.

6. Козленко О. М. Продуктивність ярих олійних культур залежно від елементів технології вирощування в Правобережному Лісостепу України: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09 «Рослинництво». Київ: НУБіП України, 2011. 20 с.

7. Дідора В. Г. Періодичність росту льону-довгунця в залежності від системи удобрення і способів обробітку ґрунту. Вісник ДААУ. 2000. №2. С. 61–65.

8. Янович В. П., Маколкіна О. В. Економічна ефективність вирощування ріпаку для виробництва біопалива. Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Економічні науки. 2011. №1. С. 217–221.

9. Каленська С. М., Юник А. В. Роль олійних культур у вирішенні енергетичної безпеки України. Наукові праці ІБКіЦБ. 2011. Вип. 12. С. 90–97.

10. Поляков О. І., Вахненко С. В., Нікітенко О. В. Агроприйоми вирощування рижію ярого на Півдні України. Посібник українського хлібороба. 2012. №4. С. 296–298.

11. Шевченко І. А., Поляков О. І., Ведмедєва К. В., Комарова І. Б. Рижій, сафлор, кунжут. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури). Запоріжжя: Статус, 2017. 40 с.

12. Супіханов Б. Нішеві культури. Вісник аграрної науки. 2017. №4. С. 58–64. doi: 10.31073/agrovisnyk201704-10

13. Шрамко І. І. Економічний аналіз технічного розвитку природного агровиробництва олійних культур. Економічний простір. 2015. №101. С. 115–128. doi: 10.32702/2307-21052018.10.41

14. Трипольська Г. С. Агробіоенергетичний ринок України. Київ, 2011. 264 с.

15. Москва І. С. Стан та перспективи вирощування рижію ярого на півдні Степу України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2016. Вип. 1. С. 99–109.

16. Демидась Г. І., Квітко Н. Я., Гетьман П. Г. Рижій посівний – олійна культура альтернативна ріпаку ярому для виробництва біодизеля. Збірник наукових праць ВНАУ. 2011. №8. С. 3–8.

17. Щербаков В. Я., Лазер П. Н., Яковенко Т. М. Сучасний стан та перспективи виробництва олійних культур в Україні. Таврійський науковий вісник. 2004. Вип. 33. С. 10–18.

18. Чернілевський М. С., Кривич Н. Я., Зінченко В. О., Білявський Ю. А., Бугайчук В. Р., Мелешко О. П. Агроекологічна ефективність способів

основного обробітку ґрунту в умовах Центрального Полісся України. Вісник Державної агроекологічної академії України. 2000. №1. С. 57–65.

19. Кисіль В. І. Вплив добрив на якість продукції. Вісник аграрної науки. 1999. №5. С. 12–15.

20. Білявський Ю. А. Вплив безполицевого основного обробітку на агрофізичні властивості сірого опідзоленого ґрунту, вологозабезпеченість озимої пшениці та льону-довгунця в умовах Полісся України. Вісник Рівненського державного технічного університету. Рівне, 2000. Вип. 4 (6). С. 3–6.

21. Козленко О. М. Стабільність та пластичність олійних культур в умовах Правобережного Лісостепу. Збірник наукових праць ННЦ «Ін-т землеробства НААН». 2010. Вип. 4. С. 137–142.

22. Рассадіна І. Ю. Ефективність застосування мінеральних добрив під рижій ярий на чорнозему опідзоленому. Агрохімія і ґрунтознавство. 2015. №83. С. 107–110.

23. Дідора В. Г. Продукційний процес та періодичність росту льону – довгунця. Вісник аграрної науки. 1999. №12. С. 34–35.

24. Гойсалюк Я. Основні способи подолання проблем при вирощуванні озимого ріпаку. Сільський господар. 2009. №7–8. С. 29–32.

25. Petersen Jan-Erik. Energy production with agricultural biomass: environmental implications and analytical challenges. Eur. Rev. Agric. Econ. 2008. September, 35. P. 385–408.

26. Дудка М. І. Насіннєва продуктивність редьки олійної в залежності від способів сівби і норм висіву. Корми і кормовиробництво: Міжвід. темат. наук. зб. Вінниця, 2004. Вип. 53. С. 143–147.

27. Балан В. М., Присяжнюк О. І., Балагура О. В., Карпук Л. М. Рослинництво основних культур. Вінниця: Твори, 2018. 384 с.

28. Рекомендації з вирощування ріпаку ярого та гірчиці білої / за ред. В. Ф. Сайка. Київ: Колообіг, 2005. 32 с.

29. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін. Методологія і організація наукових досліджень в сільському господарстві та харчових технологіях. Вінниця: НіланЛТД, 2021. 300 с.

30. Гамаюнова В. В., Москва І. С. Особливості водоспоживання рижію ярого залежно від агротехнічних умов вирощування на півдні Степу України. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство». Київ, 2019. Вип. 2 (97). С. 83–97.

31. Гамаюнова В. В. Зміна родючості ґрунтів південного Степу України під впливом добрив та підходи до їх ефективного застосування у сучасному землеробстві. Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спецвипуск до IX з'їзду Українського товариства ґрунтознавців та агрохіміків «Охорона ґрунтів – основа сталого розвитку України». Кн. І, Харків, 2015. С. 38–47.

32. Поляков О. І., Вахненко С. В. Водоспоживання ріпака ярого в залежності від строків, способів сівби та норм висіву насіння. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. Запоріжжя, 2012. №17. С. 130–133.

33. Мельничук М. Д., Демидась Г. І., Квітко Г. П., Свистунова І. В. Рижій посівний як альтернатива ріпаку ярому для виробництва біодизеля. Наукові доповіді НУБіП. 2012-2 (31). Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2012_2/12dgi.pdf

34. Господаренко Г. М., Рассадіна І. Ю. Фотосинтетична діяльність рослин рижію ярого залежно від удобрення в Правобережному Лісостепу. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв, 2015. Вип. 3. С. 93–99.

35. Яковенко Т. М. Олійні культури України. Київ: Урожай, 2005. 408 с.

36. Сало О. С. Підвищення ефективності вирощування основних олійних культур. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2010. Вип. 7. С. 294–300.

37. Чехова І. В., Кислицька І. О., Таранюк Т. З. Перспективи розвитку ринку основних олійних культур. Економіка АПК. 2012. №6. С. 43–48.

38. Стельмах О. М., Григорів Я. Я., Максимів Т. О. Фотосинтетична діяльність рослин рижію ярого залежно від технологічних прийомів вирощування. Вісник Полтавської державної аграрної академії. Полтава, 2014. №2. С. 63–66.

39. Аранчій В. І., Перетятько І. В. Сучасний стан і перспективи розвитку виробництва та переробки олійних культур в Україні. Економічний вісник Донбасу. 2013. №2 (32). С. 145–151.

40. Філіп'єв І. Д., Біднина І. О. Вміст олії в насінні льону олійного залежно від погодних умов та фону живлення на півдні України. Зрошуване землеробство: зб. наук. пр. Херсон: Атлант, 2008. Вип. 50. С. 105–109.

41. False flax (Camelina sativa L.) as an alternative source for biodiesel production / [Danutė Karčauskienė, Eglė Sendžikienė, Violeta Makarevičienė, Ernestas Zaleckas, Regina Repšienė]. Žemdirbystė (Agriculture). 2014. Vol.101, №2. P. 161–168.

42. Goenadi D. H. Characterization and potential use of humic acid as new growth promoting substances. Brighton Crop Prot. Konf.: Weedz. Brighton, 1995. Vol. 1. P. 19–25.

43. Чехова І. В., Кислицька І. О., Таранюк Т. З. Перспективи розвитку ринку основних олійних культур. Економіка АПК. 2012. №6. С. 43–48.

44. Стельмах О. М., Григорів Я. Я., Максимів Т. О. Фотосинтетична діяльність рослин рижію ярого залежно від технологічних прийомів вирощування. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2014. №2. С. 63–66.

45. Karčauskienė D., Sendžikienė E., Makarevičienė V., Zaleckas E., Repšienė R. False flax (Camelina sativa L.) as an alternative source for biodiesel production. Žemdirbystė (Agriculture). 2014. Vol. 101, №2. P. 161–168.

46. Локоть О. Ю., Гриник І. В. Шляхи раціонального використання добрив у льонарстві. Вісник аграрної науки. 2002. №3. С. 21–25.

47. Іщенко А. В. Вплив мінеральних добрив на продуктивність ярого ріпаку в умовах південного Степу. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2007. Вип. 4. С. 255–258.

48. Пешук Л. В., Косенко Т. Т. Біохімія та технологія оліє-жирової сировини: навч. посіб. К.: Центр учбової літератури, 2011. 296 с.

49. Господаренко Г. М., Рассадіна І. Ю. Реакція рижію ярого на удобрення. Охорона ґрунтів: зб. наук. праць за матеріалами міжнар. наук.-практ. конф. «Агрохімічна служба України: роль і місце розвитку агропромислового комплексу держави». К.: ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», 2014. Вип. 1. С. 142–144.

50. Лебідь Є. М., Бойко П. І., Коваленко Н. П. Основні напрями вдосконалення структури посівних площ і сівозмін Степу України. Аграрний вісник Причорномор'я: біологічні та сільськогосподарські науки: зб. наук. праць ОДАУ. Одеса, 2005. Вип. 29. С. 108–113.

51. Рассадіна І. Ю. Агрохімічна ефективність застосування добрив під рижій ярий. Матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. «Актуальні питання аграрної науки», присвяченої 150-річчю заснування факультету агрономії Уманського НУС, 15 листопада 2018 р. К.: Видавництво «Основа», 2018. С. 156–157.

52. Vakulabharanam V. Camelina. Venkata Vakulabharanam. URL: http://www.agriculture.gov.sk.ca/Default.aspx?DN=67a5b5a3-b4fc-402b-9ede-abcebb2b64b8

53. Stratton A., Kleinschmit J., Keeney D. Camelina sativa. Amy Stratton, IATP Rural Communities Program. Institute for Agriculture and Trade Policy, 2007.

54. Рассадіна І. Ю. Коефіцієнти використання елементів живлення рижієм ярим з мінеральних добрив. Матеріали Всеукр. наук. конф. молодих учених і науково-педагогічних працівників «Підсумки наукової роботи за

2014–2019 рр.», приурочена 175-річчю Уманського НУС, 14–15 травня 2019 р. Умань: Редакційно-видавничий відділ Уманського НУС, 2019. С. 79–80.

55. Hunter J., Roth G. Camelina Production and Potential in Pennsylvania. URL: http://extension.psu.edu/plants/crops/grains/small/production/camelina-production-and-potential-in-pennsylvania

56. Юркевич Є. О. Продуктивність олійних культур у сівозмінах з короткою ротацією. Аграрний вісник Причорномор'я: біологічні та сільськогосподарські науки: зб. наук. праць ОДАУ. Одеса, 2005. Вип. 29. С. 105–108.

57. Цицюра Я. Г., Цицюра Т. В. Особливості виробництва біопалива з редьки олійної. Зб. наук. пр. Вінн. нац. аграр. ун-ту (серія: с.-г. науки). ВНАУ, 2011. Вип. 48, №8. С. 30–34.

58. Keske C., Hoag D., Brandess A., Johnson J. Is it economically feasible for farmers to grow their own fuel? A study of Camelina sativa produced in the western United States as an on-farm biofuel. URL: http://www.ext.colostate.edu/energy/camelina-2013.pdf

59. Макаренко Н. А., Мала А. В., Бондарь В. І. Оцінювання ґрунтів щодо відповідності вимогам органічного виробництва продукції рослинництва: науково-методичні підходи. Науковий вісник НУБіП України: серія «Агрономія». Ч.1. Вип.186. К., 2014. С. 156–165.

60. Petre S., Dobrei P. Life cycle assessment: by-products in biofuels production battle; rapeseed vs. Camelina sativa L. URL: http://agrolifejournal.usamv.ro/pdf/vol.II/Art8.pdf

61. Вишневський П. І. Якість ріпакової олії та шляхи її покращення в процесі селекції. Зб. наук. пр. (До 110-ої річниці заснування Вінн. обл. держ. с.-г. дослід. станції 1886–1996 рр.). Вінниця, 1997. С. 105–108.

62. Господаренко Г. М., Зануда Р. М. Вплив норм і строків внесення мінеральних добрив на врожайність і якість насіння рижію ярого. Зб. наук. пр. Уманського нац. ун-ту садівництва. Умань, 2010. Ч.1, Вип.73. С. 8–11.

63. Карасюк І. М., Геркіял О. М., Господаренко Г. М. Агрохімія. К.: Вища школа, 1991. 279 с.

64. Носко Б. С. Природа залишкових фосфатів та їх роль у підвищенні ефективної родючості ґрунтів. Агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. темат. наук. зб. Спец. вип. «Ґрунти – основа добробуту держави, турбота кожного». Харків, 2002. Кн. 3. С. 265–267.

65. Гамаюнова В. В., Москва І. С., Бакланова Т. В. Вплив оптимізації живлення на основні показники якості насіння рижію ярого за вирощування на Півдні України. Вісник Харківського НАУ. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання». Харків, 2019. №2. С. 99–109.

66. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Москва І. С., Кудріна В. С., Глушко Т. В. Вплив оптимізації живлення на продуктивність ярих олійних культур на чорноземі південному в зоні Степу України під впливом біопрепаратів. Вісник ЛНАУ. Серія «Агрономія». Львів, 2019. №23. С. 112–118.

67. Москва І. С. Стан та перспективи вирощування рижію ярого на Півдні Степу України. Вісник Аграрної науки Причорномор’я. Миколаїв, 2016. Вип. 1 (88). С. 99–109.

68. Frohlich A., Rice B. Evaluation of Camelina sativa oil as a feedstock for biodiesel production. Ind. Crop. Prod. 2005. 21. P. 25–31.

69. Утеуш Ю. А. Рід рижій. Кормові ресурси флори України. К., 1996. С. 178.

70. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2024 рік. Розділ: Рижій посівний ярий. Сорт «Престиж». Київ: Мінагрополітики України, 2024.

71. ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначання мінерального азоту. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 20 с.

72. ДСТУ 8820:2019. Якість ґрунту. Відбір проб для визначення агрохімічних показників. Київ: Мінекономрозвитку України, 2019. 18 с.

73. Іваненко О. М., Шевчук О. О. Вплив систем удобрення на динаміку мінерального азоту в чорноземах Лісостепу. Агрохімія і ґрунтознавство. 2020. №91. С. 45–52.

74. Гуцол Т. Д. Азотний режим ґрунту в агроценозах олійних культур. Вісник аграрної науки. 2019. №7. С. 30–36.

75. Khalil S., Khan M. et al. Nitrogen fertilization and oilseed crop productivity: soil nutrient dynamics and plant response. Journal of Plant Nutrition. 2021. Vol. 44(12). P. 1810–1823.

ДОДАТКИ