

## Нетрадиційні добрива для оптимізації живлення ріпаку озимого

**Анотація.** Актуальність теми обумовлена необхідністю оптимізації живлення ріпаку озимого (*Brassica napus* L.), у тому числі й із застосуванням нетрадиційних добрив, враховуючи обмежену кількість мінеральних туків з низькою вартістю. Метою досліджень було вивчити вплив суміші побічних продуктів виробництва (деревної золи та дигестату) на врожайність та якість насіння ріпаку озимого. Проведено польові дослідження в навчально-дослідному господарстві “Peterlauki” (Латвія). У сільському господарстві як деревна зола, так і дигестат біомаси використовуються окремо як матеріали для вапнування та добрива, тоді як із їх суміші можна отримати високоякісне добриво. Авторами оцінені суміші з дигестату гною великої рогатої худоби та деревної золи у різних співвідношеннях. Використані аналізи із груп системних, статистичних та порівняльних. Застосовано методи дослідження: загальноприйняті в рослинництві польовий та лабораторний – для з'ясування взаємодії об'єкта досліджень з агротехнічними та природними абіотичними факторами; розрахунково-ваговий – для визначення продуктивності посівів; розрахунково-порівняльний; математично-статистичний (дисперсійний) – з метою оцінки ймовірності результатів досліджень. Визначено, що, використовуючи суміші деревної золи та дигестату, можна отримувати відповідні врожаї ріпаку озимого без застосування мінеральних добрив. Вищу врожайність цієї культури – 2.45 т/га було отримано у випадках, де для підживлення використовували норми добрив 10 т/га. Насіння ріпаку озимого мало більший вміст олії у варіантах із застосуванням удобреної суміші 5 т/га, але без аміачної селітри. Об'ємна маса (натура) насіння ріпаку озимого в досліджуваних варіантах трохи перевищувала 670 г/л. Наукова новизна полягає в тому, що оцінено вплив суміші дигестату та деревної золи на продуктивність, у тому числі олійність ріпаку озимого. Практична цінність полягає в удосконаленні технології вирощування досліджуваної культури шляхом правильно підібраної суміші для оптимізації живлення і отримання високоякісної олії

**Ключові слова:** *Brassica napus*, дигестат, деревна зола, врожайність, олійність, якість урожаю

### Вступ

Ріпак озимий (*Brassica napus* L.) широко культивується в Латвії, при цьому зростає врожайність (з 2.5 т/га у 2010 р. до 3.3 т/га у 2020 р.) та загальна площа вирощування (з 67.6 тис. га у 2010 р. до 127.7 тис. га у 2020 р.) (Areas, gross harvests..., 2020). За даними Державної служби статистики України, площі посівів ріпаку озимого в Україні в 2022 році досягли 1.4 млн га, що на 40% більше, ніж у попередньому році. Середньорічна врожайність ріпаку в Україні становить 2.67 т/га (Areas, gross harvests..., 2022), що свідчить про зацікавленість аграріїв у вирощуванні ріпаку озимого та розвитку технологій його вирощування.

Для виробництва ріпаку озимого особливу увагу слід приділяти агрономічному та економічно обґрунтованому використанню добрив, таким чином зменшуючи витрати та потенційні ризики забруднення довкілля (Litke et al., 2019).

Е. Shahini, Е. Skuraj, F. Sallaku & Sh. Shahini (2022) досліджували, що застосування “розумних” добрив – це важливий підхід до зростання обсягів виробництва харчової продукції, вкрай необхідної як для забезпечення нею населення, так і підтримки належного економічного розвитку. Вчені стверджують на основі своїх досліджень, що такі добрива можуть стати вирішенням проблем як біорізноманіття, так і продовольчої безпеки у складні часи. Для оптимізації умов живлення ріпаку використовують різні види та дози добрив.

За висновком О.О. Matsera (2020), найкращими умовами для синтезу органічної речовини, завдяки якому формується продуктивність рослин, є норма добрив  $N_{240}P_{120}K_{240}$ .

За даними V.V. Bazalii, A.N. Kerimov & A.O. Donets (2015) у роки проведення досліджень (2009-2010, 2010-2011, 2012-2013 рр.) встановлено зміни врожайності ріпаку озимого в дуже широкому діапазоні – від 0.39 до 2.82 т/га. Вища врожайність насіння (у середньому 2.18 т/га) сформувалася в моделі, де застосували розрахункову дозу мінеральних добрив спільно з використанням комплексного органо-мінерального рідкого біодобрива Ростконцентрат, що перевищило контрольний показник на 100.5%, а інші удобрені варіанти – на 15.3-59.1%.

Ефективність застосування добрив змінюється за роками залежно від системи удобрення (Garbar et al., 2018; Hospodarenko et al., 2022).

М. Kolomiets (2001) проаналізував ряд літературних джерел та зробив висновок, що підвищення дози азотних добрив сприяє зростанню врожайності. У той самий час абсолютна величина приросту врожайності на одиницю азоту, що вноситься, знижується.

У даний час у Латвії для виробництва тепла та енергії широко використовуються біогазові когенераційні установки та різні твердопаливні котли, побічними продуктами яких є дигестат та деревна зола. До цих пір ці матеріали використовувалися в сільському господарстві окремо як матеріали для вапнування та добрива (Patterson et al., 2004; Koszel et al., 2020).

У той же час суміші деревної золи та дигестату можуть забезпечити високоякісне добриво, яке можна використовувати для удобрення широкого спектру сільськогосподарських культур (у тому числі й ріпаку озимого), забезпечуючи підвищення продуктивності та якості культур (Hejzman et al., 2011; Koszel et al., 2020).

Тому метою досліджень було вивчити вплив суміші дигестату та деревної золи на врожайність та якість насіння ріпаку озимого.

### Огляд літератури

Ріпак (*Brassica napus* L.) є однорічною трав'янистою рослиною, яку відносять до сімейства капустяних (*Brassicaceae*).

У даний час ріпак визнаний другим за вмістом у його складі олії після сої. Його вважають стратегічною культурою за виходом олії. Олійну продукцію використовують насамперед у харчовій промисловості. Завдяки своїм властивостям ріпакова олія конкурує з оливковою. Олію з ріпаку використовують як сировину для виробництва такої продукції як біодизель, мастила, пластик. Вона користується попитом у лакофарбовій промисловості. З ріпаку виділяють смолу двох видів, що використовується для виробництва чорнила. Бджолярі вважають цю культуру одним із найпоширеніших медоносів, бо період, коли цвіте ріпак, триває понад 30 днів. Один гектар посіву ріпаку може надати можливість зібрати близько 100 кг меду (Malyna, 2020; Faostat, 2019).

О.С. Malyarchuk (2012) проведено дослідження зростання та розвитку рослин ріпаку озимого у ланках польових короткоротаційних сівозмін. Ґрунти під дослідом – темно-каштанові. Встановлено, що в південному регіоні найбільш сприятливими умовами для формування насіння ріпаку озимого можна вважати системи різноглибинної основної відвальної обробки ґрунту, або диференційовану обробку із застосуванням глибокого розпушування під посів ріпаку. Можна проводити дрібну обробку, якщо під попередню культуру здійснено щільни глибиною 40 см. На думку вченого, доза внесення азотних добрив необхідна в межах  $N_{100} - N_{130}$  на формування високого врожаю.

J. Beres, D. Veska, J. Tomasek & J. Vasak (2019) підтвердили статистично значущий вплив внесення добрив в осінній період на збільшення приросту надземної біомаси та коріння. Також статистично підтверджено вплив застосування азоту на формування врожаю насіння. При внесенні 40 кг/га азоту врожайність була найвищою, в середньому на 10.6% вище за контроль (5.7-6.5 т/га), з іншого боку, доза  $N_{80}$  кг/га підвищувала врожай насіння в середньому тільки на 7.4% (5.4-6.3 т/га), тобто була менш ефективною. Наголошено, що вищезгадана доза  $N_{40}$  відповідає правилам директиви нітратів, підтримує зміцнення олійного

ріпаку перед зимою та інтенсифікує його зростання та розвиток для підвищення врожайності насіння.

К. Jankowski & M. Sokolski (2018) на основі досліджень, проведених на сільськогосподарській експериментальній станції в Балцинах (північний схід Польщі), запевняють, що доцільно вносити мінеральні добрива як стартові або смугові, що є ефективним. Завдяки цим методам знижуються дози добрив (витрати на їх внесення) і зводиться до мінімуму екологічний ризик (знижується стратифікація поживних речовин, знижуються їх викиди в поверхневі, ґрунтові води та доквілля). Локальне внесення добрив призводить до підвищення посухостійкості рослин. При цьому у ґрунті формуються вогнища з підвищеним вмістом елементів живлення, де відбувається активне розгалуження коренів.

Ефективним є позакореневе підживлення ріпаку озимого на етапі утворення 4-6 листків (ВВСН 14-16), що сприяє підвищенню зимостійкості на 8-11%. Осінні підживлення некореневими макро- та мікроелементними добривами зумовлюють підвищення врожайності насіння, значно збільшують вміст сирого жиру (на 1.3-7.4 г/кг сухої речовини), підвищують вміст олеїнової кислоти, знижують концентрацію лінолевої кислоти, вміст гліукозинолатів (Jankowski et al., 2019).

Е. Gutiérrez-Moya, В. Adenso-Díaz & S. Lozanoet (2021) встановили, що реальний рівень внесення добрив у різних країнах світу є досить неоднаковим. Найбільше їх вносять у Нідерландах. У цій державі загалом на 1 га орних земель для сільськогосподарського виробництва витрачається 258 кг добрив. Дещо менше їх вносять у Великій Британії – 247 кг, Німеччині – 202 кг, Франції – 169 кг, США – 137 кг, Туреччині – 107 кг/га.

Як стверджують М. Makadi, А. Tomocsik & V. Orosz (2012), добриво, в якому поживні речовини для рослин присутні в більш легкій для засвоєння формі, відіграє важливу роль у виробництві конкурентоспроможних культур. Дигестат містить відносно велику кількість поживних речовин, що легко засвоюються рослинами, має високий рівень мінералізації азоту та фосфору. У процесі ферментації відбуваються різні зміни (вміст амонію, рН, співвідношення вуглецю та азоту та ін.), які впливають на кількість доступних рослинам мікроелементів та макроелементів.

Літературні джерела свідчать про коливання думок щодо норм та доз добрив під озимий ріпак, способів їх внесення, недостатню кількість дешевих препаратів для оптимізації живлення досліджуваної культури, що можна вважати невикористаним резервом збільшення продуктивності рослин цього виду.

### Матеріали та методи

Польові досліді були проведені в навчально-дослідному господарстві “Peterlauki” (56°53’ пн.ш., 23°71’ с.д.) Латвійського університету природничих наук та технологій: ґрунт – дерново-карбонатний, важкосуглинистий; реакція ґрунту рН 6,7; вміст доступного рослинам фосфору (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 60 мг/кг; вміст калію (K<sub>2</sub>O) – 144 мг/кг; вміст органічної речовини – 2.6%.

Посів ріпаку озимого проводили з використанням тукосумішей з дигестату великої рогатої худоби (D) (отримано від АТ “Ziedi JP”) та деревної золи (P) (отримано від ТОВ “Gren Jelgava”) у різних співвідношеннях:

- В1 –D;
- В2 –D +P 1:1;
- В3 –D +P 2:1;
- В4 –D +P 3:1;
- В5 –D +P 3:1 + N<sub>16</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>;
- В6 –D +P 3:1 + N<sub>68,8</sub>;
- В7 – D +P 4:1

Інноваційні результати від внесення суміші дигестату та деревної золи **відзначено** за нормами А1 – 5 т/га, А2 – 10 т/га та А3 – 20 т/га.

Хімічний склад суміші дигестату та деревної золи наведено в таблиці 1, згідно з якою можна розрахувати кількість поживних речовин, що вносяться з кожною сумішшю добрив та норму.

**Таблиця 1.** Вміст поживних речовин у сумішах дигестату та деревної золи

Поживні речовини	Вміст у сухій речовині, %				
	D	D+P 1:1	D+P 2:1	D+P 3:1	D+P 4:1
Азот в натуральній пробі (N)	0.29	0.27	0.30	0.51	0.34
Азот амонійний (N/NH <sub>4</sub> ), г/кг	1.20	0.43	0.40	0.76	0.37
Фосфор (P)	0.74	0.90	0.89	0.83	0.83
Калій (K)	1.70	2.90	2.92	2.73	2.64
Кальцій (Ca)	2.41	13.44	13.55	10.48	10.86
pH	9.27	12.19	11.84	11.22	10.91

*Note:* D – дигестат із гною великої рогатої худоби; P – деревна зола

*Source:* власна авторська розробка

Як контроль використовували нещодобрені ділянки ріпаку озимого та різні норми внесення дигестату з гною великої рогатої худоби (D). Варіанти у двофакторних дослідженнях були розподілені рендомізовано, у трьох повтореннях. Загалом у досвіді було закладено 66 майданчиків, площа кожної ділянки становила 30 м<sup>2</sup>.

Озима пшениця (*Triticum aestivum* L.) була попередником ріпаку озимого. Для підготовки дослідних ділянок проводили оранку на глибину 22 см, а перед посівом вносили заздалегідь приготовлені суміші дигестату й деревної золи та мінеральних добрив у варіанті 5 –D + P 3:1 + N16P40K60 кг/га.

Добрива розкидали на підготовлених ділянках ріпаку озимого, які загортали в ґрунт агрегатом передпосівної обробки ґрунту – універсальною ротаційною бороною Zirkon 8. Вона характеризується позитивними якостями. Так, за допомогою опційного редуктора DUAL-Shift є можливість змінювати оберти роторів з 300 на 400. За потреби змінюється й напрям їх обертання – від агресивного до лагідного, до того ж без інструментів.

Для посіву використовували сорт ріпаку озимого Visby з нормою висіву 80 схожих насіння на м<sup>2</sup>. Сіяли ріпак озимий на глибину 1.5-2 см. Весною, коли вегетація рослин відновлювалася, на ділянках дослідного варіанта А6 було внесено N 68,8 кг/га аміачної селітри. Збирання врожаю з кожної ділянки окремо проводилося малогабаритним комбайном “Sampo”.

Після того, як дослідні ділянки були зібрані, врожай з кожної ділянки зважували та очищали за допомогою автоматичного очищувача проб PFEUFFER SLN3. Цей комплекс для очищення проб здатний зважувати вихідну пробу насіння (приблизно 1.5 літра) за один цикл, запускати очищувач проб SLN 3, видаляти грубе волокно, відкривати та закривати днище для видалення грубих волокон, виконувати кероване за часом очищення та автоматично зважувати дві фракції - дрібне зерно та якісне зерно, тобто очищену пробу. Наявне сучасне програмне забезпечення дає змогу подивитися на дисплеї отримані маси і відповідні процентні їх співвідношення. Потім з кожного варіанта двократної повторності були взяті середні зразки для проведення хімічних аналізів. Аналізи проводили в акредитованій науковій лабораторії біотехнологій Латвійського університету природничих наук та технологій (LBTU BZL). Використовуючи стандартні методи, визначали вміст сухої речовини (%), загального протеїну (%), олійність насіння (%), об'ємну масу насіння (г/л) та масу 1000 насінин.

За отриманими результатами розраховували врожай (т/га) та кількість олії (т/га) при стандартній вологості (8%) та повній (100%) чистоті зразків. Обробку даних проводили за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу комп'ютерних програм Microsoft Excel та R-Studio.

## Результати та обговорення

Поради щодо внесення добрив під ріпак досить різноманітні. Так, у дослідях В. Parkhuts (2015), проведених в умовах чорнозему типового Хмельницької області встановлено, що найбільша урожайність ріпаку (3.94 т/га), у середньому за три роки досліджень, була сформована за моделі основного внесення мінеральних добрив нормою  $N_{60}P_{80}K_{130}$  з наступним підживленням рослин  $N_{60}$ . Приріст урожайності за вказаної моделі склав 2.10 т/га (або 114.1%).

У Латвії за чотирирічними дослідженнями О. Balodis & Z. Gaile (2011) доведено істотну залежність росту і розвитку рослин, зокрема проростання насіння ріпаку озимого, від опадів і температури повітря.

Середня врожайність ріпаку озимого на дослідних ділянках була відносно низькою (1.97-2.48 т/га) порівняно з потенціалом сорту. Це було зумовлено сухими та спекотними погодними умовами при появі сходів та початку вегетації. У літературних джерелах описано, що абіотичний стрес – посуха зменшує діаметр та довжину стебла ріпаку та негативно впливає на врожайність насіння (Sangtarash et al., 2009).

У дослідженні найнижча врожайність ріпаку озимого 1.97 т/га була отримана безпосередньо з контрольних польових ділянок (Таблиця 2).

**Таблиця 2.** Вплив різних норм добрив із сумішей дигестату та деревної золи на врожайність насіння ріпаку озимого, т/га

Норма внесення добрив (F <sub>A</sub> )	Співвідношення дигестату та деревної золи в суміші (F <sub>B</sub> )							(F <sub>A</sub> ) p=0.003 LSD <sub>0.05</sub> = 0.149
	D	D+P 1:1	D+P 2:1	D+P 3:1	D+P 3:1 + NPK	D+P 3:1 + N	D+P 4:1	
Контроль	1.97							1.97
5 т/га	1.85	2.21	1.94	2.24	2.12	1.77	2.30	2.05
10 т/га	2.76	2.47	2.45	2.24	2.53	2.06	2.66	2.45
20 т/га	2.26	2.67	2.13	2.03	2.11	2.25	2.50	2.28
У середньому p=0,046 LSD <sub>0.05</sub> (B) = 0.230 LSD <sub>0.05</sub> (AB) = 0.393	2.29	2.45	2.17	2.17	2.26	2.03	2.48	×

*Note:* D – дигестат із гною великої рогатої худоби; P – деревна зола

*Source:* авторська розробка А. Adamovics & R. Berkis

Достовірно вищі (p < 0.05) середні показники врожайності насіння ріпаку озимого отримані при застосуванні норми добрив 10 і 20 т/га. При найменшій нормі добрив 5 т/га у варіантах D, D + P 2:1 та D + P 3:1 + N формувався нижчий урожай, ніж у контрольних варіантах; проте відмінності були достовірними (p > 0.05). Достовірно вищі (p < 0.05) середні показники врожайності ріпаку озимого мали варіанти D, D + P 1:1, D + P 3:1 + NPK, D + P 4:1, з яких найвищі врожаї отримані від добрива у варіантах D+P 1:1 та D+P 4:1.

Дослідження М. Koszel, S. Parafiniuk, A. Szparaga, A. Bochniak, S. Kocira, A. Atanasov & S. Kovalyshyn (2020) також показали, що використання рідкого дигестату, принаймні 25.000 л/га як добрива, може суттєво (p < 0.05) підвищити врожайність ріпаку, а за рахунок збільшення норм дигестату підвищується врожайність.

Використання органічних добрив, таких як дигестат, може призвести до утворення в ґрунті невеликих анаеробних зон. Таким чином, використання дигестату може збільшити викиди N<sub>2</sub>O порівняно з використанням мінеральних добрив (Jones et al., 2007).

Вирощування ріпаку під зиму тісно пов'язане з проблемами викидів N<sub>2</sub>O, що виникають внаслідок використання азотних добрив при вирощуванні ріпаку. Нітрифікація є одним із основних джерел утворення N<sub>2</sub>O у ґрунті (Hoefnagels et al., 2010).

D. Fangueiro, A. Fernandes, J. Coutinho, N. Moreira & H. Trindade (2009) встановили, що застосування органічних добрив з інгібіторами нітрифікації підвищує ефективність використання азоту та підвищує врожайність.

У дослідженні порівняно з контролем використання тільки дигестату підвищило середню врожайність ріпаку озимого при нормі добрива 10 т/га при всіх змішаних обробках добривами, що свідчить про те, що дефіцит поживних речовин не був фактором, який обмежує врожайність у випробувальні роки. Висновок, що спостерігається, також підтверджується тим фактом, що середнє збільшення врожайності насіння при застосуванні суміші дигестату і деревної золи з додаванням азотних добрив лише незначно збільшило врожайність.

Слід зазначити, що в літературі є висновки, згідно з якими збільшення азотних добрив до 60 кг/га також призвело до значного збільшення врожаю ячменю озимого незалежно від пробного року (Litke, 2019).

Одним із основних показників якості ріпаку озимого є олійність його насіння.

Аналіз результатів показав, що достовірно більш високий ( $p=0.07$ ) середній вміст олії в насінні ріпаку озимого отримано за норми 5 т/га суміші дигестату та золи. Поміж середніх значень всіх варіантів добрива сумішею достовірно більш високий ( $p=0.001$ ) вміст олії отримано у варіантах D + P 1:1, D + P 2:1, D + P 3:1, D + P. 3:1 + NPK ; тоді як достовірно менший ( $p=0,001$ ) вміст олії отримано у варіантах, де додатково використовували для підживлення аміачну селітру (Таблиця 3).

**Таблиця 3.** Вплив різних норм добрив із сумішею дигестату та деревної золи на олійність насіння ріпаку озимого, %

Норма внесення добрив, т/га (фактор А)	Співвідношення дигестату та деревної золи в суміші (фактор В)							У середньому (фактор А)
	D	D+P 1:1	D+P 2:1	D+P 3:1	D+P 3:1 + NPK	D+P 3:1 + N	D+P 4:1	$p=0.007$ LSD <sub>0.05</sub> = 0.295
Контроль	47.3							47.3
5 т/га	47.70	48.03	48.06	48.06	48.03	46.27	47.27	47.63
10 т/га	47.23	47.50	47.70	47.63	47.57	45.87	47.40	47.27
20 т/га	47.43	47.73	47.76	47.93	47.87	46.37	48.06	47.59
У середньому LSD <sub>0.05</sub> (B) = 0.390 LSD <sub>0.05</sub> (AB) = 0.781	47.45	47.75	47.84	47.87	47.82	46.17	47.58	×

*Note:* D – дигестат із гною великої рогатої худоби; P – деревна зола

*Source:* авторська розробка А. Adamovics & R. Berkis

Така тенденція також спостерігалася в інших дослідженнях, де збільшення норми азотних добрив значно знижувало вміст олії в насінні ріпаку озимого (Farahbakhsh et al., 2006).

У ході випробувань (Kesenheimer et al., 2021), проведених у Німеччині, було досліджено викиди N<sub>2</sub>O при використанні дигестатних добрив з інгібіторами нітрифікації та без них при вирощуванні ріпаку. У дослідженнях не виявлено позитивного впливу інгібіторів нітрифікації на врожайність ріпаку озимого, а також вихід олії з 1 га. Урожай насіння ріпаку варіював від 2.8 до 5.7 т/га, а врожай олії – від 1.2 до 2.7 т/га, залежно від місця проведення дослідів та року. На ці результати, ймовірно, вплинула висока норма внесення добрив (180 кг NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N га<sup>-1</sup> на рік) при використанні рідкого дигестату).

У той же час у дослідях J. Beres, D. Becka, J. Tomasek & J. Vasak (2019) встановлено, що вплив добрива на олійність та масу 1000 насінин був статистично незначним. А за даними V.V. Bazalii, A.N. Kerimov, A.O. Donets (2015), внесення мінеральних добрив розрахунковою дозою та підживлення Ростконцентратом зумовило формування найбільшої маси 1000 насінин ріпаку озимого, збільшення вмісту жиру, протеїну, клітковини та сиріої золи.

Дослідження свідчать про те, що використання суміші деревної золи та дигестату як добрива, не мало достовірного впливу ( $p=0.334$ ) на середній вміст олії у ріпаку. Але, з іншого боку, підвищення норми добрив до 10 і 20 т/га призвело до збільшення ( $p=0.004$ ) збору олії досліджуваної культури (Таблиця 4).

**Таблиця 4.** Вплив різних норм добрив із сумішшю дигестату та деревної золи на збирання олії ріпаку озимого, т/га

Норма внесення добрив, т/га (фактор А)	Співвідношення дигестату та деревної золи в суміші (фактор В)							У середньому (F <sub>A</sub> )
	D	D + P 1:1	D + P 2:1	D + P 3:1	D + P 3:1 + NPK	D + P 3:1 + N	D + P 4:1	p=0.004 LSD <sub>0.05</sub> = 0.128
Контроль	0.93							0.93
5 т/га	0.88	1.06	0.93	1.07	1.02	0.80	1.11	0.98
10 т/га	1.30	1.17	1.17	1.07	1.21	0.94	1.26	1.16
20 т/га	1.07	1.28	1.02	0.97	1.01	1.04	1.18	1.08
У середньому p=0.334	1.08	1.17	1.04	1.04	1.08	0.93	1.18	×

*Note:* D – дигестат із гною великої рогатої худоби; P – деревна зола

*Source:* авторська розробка A. Adamovics & R. Berkis

Важливим показником якості насіння є натура зерна (об'ємна маса). Це маса насіння в об'ємі 1 л. Чим більшим є цей показник, тим вища якість насіння.

Аналіз зміни об'ємної маси насіння ріпаку озимого показав, що збільшені норми добрив із сумішшю золи дерева та дигестату достовірно (p=0.001) зменшують цей показник порівняно з контролем. Порівняння варіантів сумішшю показало достовірно велику (p=0.001) об'ємну масу при додатковому внесенні аміачної селітри. В даному варіанті досягнута насипна щільність 679.6 г/л, що подібно до контрольного варіанту (Таблиця 5).

У досліді оцінювали вплив сумішшю деревної золи та дигестату на масу 1000 насінин ріпаку озимого. Середня маса 1000 насінин зразків коливалася від 4.37 до 4.79 г. Спостерігали невеликі відмінності між обробками добривами, але вони були достовірними (p=0.671).

Водночас, В. Parkhuts (2015) стверджує, що найвищі показники структури урожаю ріпаку озимого (кількість стручків – 99,7 шт./рослину, насінин у стручку – 20.0 шт./рослину, кількість насінин – 1994 шт./рослину, маса 1000 насінин – 3.49 г, маса насіння з 1 рослини – 7.0 г) відзначено у варіанті досліді за внесення мінеральних добрив нормою N<sub>60</sub>P<sub>80</sub>K<sub>130</sub> з наступним підживленням рослин N<sub>60</sub>, що обумовило вищу врожайність за цієї моделі удобрення.

**Таблиця 5.** Вплив норм добрив із сумішшю дигестату та деревної золи на об'ємну масу насіння ріпаку озимого, г/л

Норма внесення добрив, т/га (фактор А)	Співвідношення дигестату та деревної золи в суміші (фактор В)							У середньому (F <sub>A</sub> )
	D	D + P 1:1	D + P 2:1	D + P 3:1	D + P 3:1 + NPK	D + P 3:1 + N	D + P 4:1	p=0.001 LSD <sub>0.05</sub> =1.62
Контроль	679.3							
5 т/га	671.0	673.3	672.7	672.0	672.0	680.3	673.3	673.5
10 т/га	671.7	668.3	675.0	671.7	669.3	679.3	675.0	672.9
20 т/га	671.3	671.3	669.7	672.3	672.0	679.3	672.3	672.6
У середньому p=0.001 LSD <sub>0.05</sub> (B)=2.1 LSD <sub>0.05</sub> (AB)=4.3	671.3	671.0	672.5	672.0	671.1	679.6	673.5	×

*Note:* D – дигестат із гною великої рогатої худоби; P – деревна зола

*Source:* авторська розробка A. Adamovics & R. Berkis

Також за проведення досліджень не виявлено достовірних відмінностей (p=0.095) між зразками ріпаку озимого за внесеними нормами тукоsumішшю. Відносно низькі значення маси 1000 насінин, отримані під час випробування, можна пояснити посушливими умовами

сезону, які перешкоджали розвитку навесні та викликали тепловий стрес у рослин наприкінці цвітіння до повної стиглості ріпаку.

L.I. Shkarivska, G.V Davidyuk, I.I. Klymenko & N.I. Dovbush (2021), вчені ННЦ “Інститут землеробства НААН України”, також запевняють, що можна використати дигестати як добрива, але необхідний контроль наявності в них важких металів та мікроелементів, бо завдяки агрохімічній експертизі дигестатів і їх побічного продукту (рідкої фракції) встановлено високий вміст у них нутрієнтів.

Деякі дослідження в лабораторних умовах підтвердили значне скорочення викидів N<sub>2</sub>O під час використання інгібіторів нітрифікації в дигестаті (Wolf et al., 2014; Severin et al., 2016).

Дигестат, залежно від джерела та типу використовуваних матеріалів, також може містити важкі метали, що може суттєво вплинути на його використання у виробництві харчових продуктів (Kupper et al., 2014; Govasmark et al., 2011). Він може містити сполуки, які стимулюють або пригнічують мікробіологічну активність ґрунту (Risberg et al., 2017).

При аналізі вмісту важких металів у насінні ріпаку та ґрунті після трьох років використання дигестату підвищення їх не виявлено. Вміст важких металів у ґрунті, як і в насінні ріпаку, відповідав нормам ЄС (Rozylo et al., 2019).

H. Riedel & C. Marb (2008) провели порівняння компостів, отриманих різними методами, на вміст в них важких металів. Було проаналізовано компостований дигестат з харчових відходів, а також компост, отриманий з тих же відходів. Вони встановили, що практично за всіма показниками була відсутня різниця між двома зразками за вмістом важких металів. Обидва компости відповідали німецьким вимогам до їх якості.

Вплив може бути іншим у зонах охорони ґрунтових вод, де фермери повинні зменшити норми внесення азоту. Загалом результати досліджень показують, що використання органічних добрив, таких як дигестат, може допомогти скоротити обсяги викидів парникових газів під час промислового виробництва синтетичних азотних добрив (Kesenheimer et al., 2021).

A. Comparetti, P. Febo, C. Greco & S. Orlando (2013) зазначають, що виробництво сільськогосподарської продукції має здійснюватися відповідно до вимог охорони навколишнього середовища. Важливо підтримувати безпечне використання добрив у сільськогосподарському середовищі, особливо азотних добрив. Поживні речовини, що містяться в дигестаті, знаходяться у формі, зручній для рослин, і є відповідним добривом для них. Органічна речовина, що є у дигестаті, надає позитивний вплив на фізико-хімічні властивості ґрунту та його родючість в цілому.

Отже, результати досліджень свідчать про можливість заміни високовартісних мінеральних добрив нетрадиційними добривами. До того ж загальновідомо що мінеральні добрива засвоюються лише на 30–50%, а біодобрива – практично повністю, одночасно підвищуючи урожайність сільськогосподарських культур, зокрема й ріпаку озимого.

### **Висновки**

Встановлено, що за сучасних умов господарювання нагромаджується велика кількість органічних відходів у вигляді гною великої рогатої худоби та деревної тріски, що викликає потребу їх утилізації. Ці відходи здебільшого використовують для виробництва тепла та енергії біогазовими когенераційними установками та різними твердопаливними котлами. Побічними продуктами цих підприємств є дигестат та деревна зола.

За результатами проведених досліджень встановлено, що використовуючи як альтернативні добрива суміші деревної золи та дигестату, можна отримати хороші врожаї ріпаку озимого і без застосування мінеральних туків.

Вищу урожайність насіння ріпаку озимого – 2.45 т/га було отримано у варіантах з обробкою добривами у нормі 10 т/га, тоді як на контролі (без добрив) цей показник склав 1.97 т/га, або на 24.4% менше.



Найвища олійність ріпаку озимого також була сформована на варіантах з обробкою в нормі 10 т/га тукосуміші (1.16 т/га), тоді як на контролі (без добрив) цей показник відзначено на рівні 0.93 т/га, або на 24.7% менше. Істотно менший вміст олії отримано у варіантах, де додатково використовували для підживлення аміачну селітру. Більш високий середній вміст олії в насінні досліджуваної культури отримано за внесення 5 т/га суміші дигестату та золи.

Об'ємна маса насіння ріпаку озимого в досліджуваних варіантах була дещо вищою 670 г/л. Істотної різниці між досліджуваними варіантами не виявлено.

Застосовуючи для оптимізації живлення ріпаку озимого суміші дигестату із гною великої рогатої худоби та деревної золи, замість великої кількості мінеральних добрив, можна очікувати зменшення ризику забруднення довкілля відходами виробництва, куди входять важкі метали, радіонукліди, органічні забруднювачі.

Використання сумішей дигестату із гною великої рогатої худоби та деревної золи сприяє переробці вищезгаданої біомаси та поверненню в ґрунт органічної речовини для збереження, або навіть підвищення його родючості, тому суміші деревної золи та дигестату доцільно використовувати для оптимізації живлення ріпаку озимого в агроформуваннях. Досить важливим є визначення конкретної користі від них, впливу на навколишнє природне середовище, в які терміни краще вносити досліджувані суміші, що і буде метою подальших досліджень.

### Подяки

Дослідження підтримано грантом Міністерства сільського господарства та Служби підтримки села Латвійської Республіки для проекту “Розробка нової технології виробництва рослинних добрив із залишків біогазової установки (дигестату) та когенераційних залишків деревної тріски – деревної золи”; договір №19-00-A01612-000008.

### References

1. Areas, gross harvests and productivity of agricultural crops by their types in Ukraine. (2022). Retrieved from <https://ukrstat.gov.ua>
2. Areas, gross harvests and yields of agricultural crops by their species in Latvia. (2020). Retrieved from [https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP\\_PUB/START\\_NOZ\\_LA\\_LAG/LAG020](https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START_NOZ_LA_LAG/LAG020).
3. Balodis, O. & Gaile, Z. (2011). Winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) autumn growth. In *Proceedings of the Annual 17th International Scientific Conference Research for Rural Development, Jelgava, Latvia* (pp. 6-12). Jelgava: Latvia University of Agriculture.
4. Bazalii, V.V., Kerimov, A.N., & Donets, A.O. (2015). Productivity and seed quality of winter rapeseed varieties depending on sowing rates and nutrition background in the conditions of southern Ukraine. *Taurian Scientific Bulletin*, 93, 6-13.
5. Beres, J., Becka, D., Tomasek, J., & Vasak, J. (2019). Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters. *Plant Soil Environment*, 65, 435-441. doi:10.17221/444/2019-PSE.
6. Comparetti, A., Febo, P., Greco, C., & Orlando, S. (2013). Current state and future of biogas and digestate production. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19, 1-14. doi:10.31210/visnyk2018.01.12.
7. Fanguero, D., Fernandes, A., Coutinho, J., Moreira, N., & Trindade, H. (2009). Influence of two nitrification inhibitors (DCD and DMPP) on annual ryegrass yield and soil mineral N dynamics after incorporation with cattle slurry. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40, 3387-3398.
8. Faostat. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. (2019). Retrieved from <http://www.apps.fao.org>.
9. Farahbakhsh, H., Pakgozar, N., & Karimi, A. (2006). Effects of nitrogen and sulphur fertilizer on yield, yield components and oil content of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 5, 112-115.

10. Garbar, L.A., Yatsyshina, T.P., & Samoliuk O.P. (2018). Effect of fertilizer on overwintering of winter rapeseed. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 74-77.
11. Govasmark, E., Ståb, J., Holen, B., Hoornstra, D., Nesbakk, T., & Salkinoja-Salonen, M. (2011). Chemical and microbiological hazards associated with recycling of anaerobic digested residue intended for agricultural use. *Waste Manage*, 31, 2577-2583.
12. Gutiérrez-Moya, E., Adenso-Díaz, B., & Lozano, S. (2021). Analysis and vulnerability of the international wheat trade network. *Food Security*, 13(1), 113-128.
13. Hejzman, M., Ondracek, J., & Smrz, Z. (2011). Ancient waste pits with wood ash irreversibly increase crop production in Central Europe. *Plant and Soil*, 339(1), 341-350.
14. Hoefnagels, R., Smeets, E., & Faaij, A. (2010). Greenhouse gas footprints of different biofuel production systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier*, 14(7), 1661-1694.
15. Hospodarenko, H., Mostoviak, I., Karpenko, V., Liubych, V., & Novikov, V. (2022). Yield and quality of winter durum wheat grain depending on the fertilizer system. *Scientific Horizons*, 25(3), 16-25. doi:10.48077/scihor.25(3).2022.16-25.
16. Jankowski, K.J., & Sokólski, M. (2018). The effect of a micro-granular starter fertilizer on the biomass quality of winter oilseed rape. *Kategorie: Agricultural*, 23, 1243-1255. doi:10.5601/jelem.2018.23.1.1634.
17. Jankowski, K.J., Sokólski, M., & Szatkowski, A. (2019). The effect of autumn foliar fertilization on the yield and quality of winter oilseed rape seeds. *Agronomy*, 9, 849. doi:10.3390/agronomy9120849.
18. Jones, S.K., Rees, R.M., Skiba, U.M., & Ball, B.C. (2007). Influence of organic and mineral N fertiliser on N<sub>2</sub>O fluxes from a temperate grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 121, 74-83.
19. Kesenheimer, K., Augustin, J., Hegewald, H., Kobke, S., Dittert, K., Rabiger, T., Quinones, T.S., Prochnow, A., Hartung, J., Fub, R., Stichnothe, H., Flessa, H., & Ruser, R. (2021). Nitrification inhibitors reduce N<sub>2</sub>O emissions induced by application of biogas digestate to oilseed rape. *Nutr Cycl Agroecosyst*, 120, 99-118.
20. Kolomiets, M. (2001). Fertilizer for rape. *Offer*, 6, 44-45.
21. Koszel, M., Parafiniuk, S., Szparaga, A., Bochniak, A., Kocira, S., Atanasov, A., & Kovalyshyn, S. (2020). Impact of digestate application as a fertilizer on the yield and quality of winter rape seed. *Agronomy*, 10(6), 878-896. doi:10.3390/agronomy10060878.
22. Kupper, T., Bürge, D., Bachmann, H.J, Güsewell, S., & Mayer, J. (2014). Heavy metals in source-separated compost and digestates. *Waste Management*, 34, 867-874.
23. Litke, L., Gaile, Z., & Ruža, A. (2019). Effect of nitrogen fertilization and tillage on yield and quality of winter canola. In *From: Balanced agriculture: Proceedings of the LLU LF, LAB and LLMZA scientific-practical conference* (pp. 44-49). Jelgava: LLU.
24. Makadi, M., Tomocsik, A., & Orosz, V. (2012). *Digestate: A new nutrient source – a review*. Retrieved from <https://www.intechopen.com/chapters/31331>.
25. Malyarchuk, A.S. (2012). Productivity of winter rape depending on soil cultivation and doses of nitrogen fertilizers. *Irrigated Agriculture: Collection of Scientific Works*, 57, 131-137.
26. Malyna, T., & Batalova, A. (2020). *Ripakov's Rhapsody*. Retrieved from <https://www.syngenta.ua/news/ripek-ozimiy/cikavi-fakti-pro-ripek-ripekova-rapsodiya>.
27. Matsera, O.O. (2020). Influence of elements of growing technology on plant development, yield and quality of winter rapeseed. *Danish Scientific Journal*, 36(2), 7-15.
28. Parkhuts, B. (2015). Productivity of winter rape depending on fertilization on typical chernozems of the Izyaslav district of Khmelnytskyi region. *Bulletin of the Lviv National Agrarian University*, 19, 173-175.
29. Patterson, S.J., Acharya, S.N., Bertschi, A.B., & Thomas, J. (2004). Application of wood ash to acidic boralf soils and its effect on oilseed quality of canola. *Agronomy Journal*, 96(5), 1344-1348.

30. Riedel, H., & Marb, C. (2008). *Heavy metal and organic contaminants in Bavarian composts – An overview*. Retrieved from <https://silo.tips/download/heavy-metals-and-organic-contaminants-in-bavarian-composts-an-overview>
31. Risberg, K., Cederlund, H., Pell, M., Arthurson, V., & Schnürer, A. (2017). Comparative characterization of digestate versus pig slurry and cow manure – chemical composition and effects on soil microbial activity. *Waste Management*, 61, 529-538.
32. Różyło, K., Andruszczak, S., Kwiecińska - Poppe, E., Różyło, R., & Kraska, P. (2019). Effect of threeyears' application of biogas digestate and mineral waste to soil on phytochemical quality of rapeseed. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(2), 833-843.
33. Sangtarash, M.H., Qadri, M.M., Chinnapa, C.C., & Reid, D.M. (2009). Differential sensitivity of canola (*Brassica napus*) seedlings to ultraviolet-B radiation, water stress and abscisic acid. *Environmental and Experimental Botany*, 66, 212-219.
34. Severin, M., Fub, R., Well, R., Hahndel, R., & Van den Weghe, H. (2016). Greenhouse gas emissions after application of digestate: Short-term effects of nitrification inhibitor and application technique effects. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62, 1007-1020.
35. Shahini, E., Skuraj, E., Sallaku, F., & Shahini, Sh. (2022). Smart fertilizers as a solution for the biodiversity and food security during the war in Ukraine. *Scientific Horizons*, 25(6), 129-137.
36. Shkarivska, L.I., Davidyuk, G.V., Klymenko, I.I., Dovbash, N.I. (2021). Peculiarities of the use of digestates in organic farming. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection "Agriculture"*, 2(97), 3-14.
37. Wolf, U., Fub, R., Hoppner, F., & Flessa, H. (2014). Contribution of N<sub>2</sub>O and NH<sub>3</sub> to total greenhouse gas emission from fertilization. Results from a sandy soil fertilized with nitrate and biogas digestate with and without nitrification inhibitor. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 100, 121-134.