

УДК 633.11"324":631.811:631.861.87

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.142.2.20>

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПІДЖИВЛЕННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ДИГЕСТАТОМ

Шевчук О.В. – аспірант кафедри агрохімії і ґрунтознавства,

Уманський національний університет садівництва

Господаренко Г.М. – д.с.-г.н., професор,

професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства,

Уманський національний університет садівництва

Дослідження щодо вивчення можливості підживлення пшениці м'якої озимої рідким дигестатом, вихідним продуктом якого був курячий послід, проводили у 2022–2023 рр. у польових дослідах на землях Ладизинської міської ради у Бузько-Середньо-Дніпровському окрузі Лісостепової Правобережної провінції із географічними координатами 48°64' пн. ш. і 29°21' сх. д. Дигестат для дослідів із середнім вмістом 1,1 % азоту, 0,97 – P_2O_5 і 0,81 % K_2O брали у відокремленому підрозділі «Біогаз Ладизин», що входить до складу ТОВ «Вінницька птахофабрика». Підживлення пшениці озимої дигестатом (10 м³/га, 20 і 30 м³/га) проводили наповесні поверхнево. На ділянках досліду виробничого контролю підживлення проводили наповесні аміачною селітрою (100 кг/га), а також КАС-32 на стадії BBCH 28–29 – загальна доза азоту 109 кг/га. Дигестат вносили агрегатом Holmer Terra Variant 585. Фосфорних і калійних добрив не вносили, що обґрунтовували дуже високим вмістом у ґрунті рухомих сполук фосфору й калію та низьким – азоту легкогідролізованих сполук. Ґрунт дослідних ділянок – темно-сірий лісовий середньо суглинково-гранулометричного складу (за класифікацією FAO/WRB, 2022 – Phaeosems).

Встановлено, що підживлення пшениці озимої дигестатом дозою 10 м³/га забезпечує живлення рослин азотом за показниками приладу N-тестер на рівні виробничого контролю (N_{100}), тоді як за дози дигестату 20–30 м³/га забезпеченість рослин азотом достовірно підвищується. Удобрення пшениці озимої азотними добривами (109 кг/га д. р.) і дигестатом забезпечує приріст урожайності 0,60–2,4 т/га або на 10–41 % і знижується зі збільшенням дози внесення дигестату з 10 до 20–30 м³/га. За дози дигестату 10 м³/га спостерігається лише тенденція до зниження врожайності зерна порівняно з виробничим контролем (N_{100}) на 0,31 т/га або на 4 %. Ранньовесняне підживлення пшениці озимої дигестатом у дозі 10–30 м³/га за впливом на показники якості зерна не поступається традиційній системі її удобрення синтетичними азотними добривами. Зі збільшенням дози дигестату до 20 і 30 м³/га збір білка з одиниці площі посіву знижується відповідно на 16 і 42 %, що пояснюється зменшенням урожайності зерна.

Ключові слова: удобрення, азот, урожайність зерна, якість зерна, збір білка, погодні умови.

Shevchuk O.V., Hospodarenko H.M. Effectiveness of feeding winter wheat with digestate

Research on the possibility of feeding soft winter wheat with liquid digestate, the initial product of which was chicken droppings, was conducted in 2022–2023 in field experiments on the lands of the Ladyzhyn city council in the Buzka-Middle-Dnipro district of the Forest-Steppe Right Bank province with geographical coordinates 48°64' N and 29°21' E. Experiment digestate with an average content of nitrogen – 1.1 %, P_2O_5 – 0.97 % and K_2O – 0.81 % was taken from a separate Biogas Ladyzhyn subdivision, which is part of Vinnytska Ptakhofabryka LLC. Feeding of winter wheat with digestate (10 m³/ha, 20 and 30 m³/ha) was carried out in the spring on the surface. In the plots of the production control experiment, feeding was carried out in the spring with ammonium nitrate (100 kg/ha), as well as KAS-32 at the stage of BBCH 28–29 – a total nitrogen dose of 109 kg/ha. Digestate was applied with a Holmer Terra Variant 585 unit. Phosphorous and potassium fertilizers were not applied which was justified by the very high content of mobile phosphorus and potassium compounds in the soil and the low content of easily hydrolyzable nitrogen compounds. The soil of the experimental plots is dark grey forest soil of medium loamy granulometric composition (according to the FAO/WRB classification, 2022 – Phaeosems).

It was established that winter wheat feeding with digestate at a dose of 10 m³/ha ensures nitrogen nutrition of plants according to the indicators of the N-tester device at the level of production control (N₁₀₉), while with digestate doses of 20–30 m³/ha, the supply of plants with nitrogen significantly increases. Fertilizing winter wheat with nitrogen fertilizers (109 kg/ha active ingredient) and digestate provides an increase in yield by 0.60–2.4 t/ha or by 10–41 % and decreases with an increase in the dose of digestate application from 10 to 20–30 m³/ha. At a digestate dose of 10 m³/ha, there is only a tendency to reduce grain yield compared to the production control (N₁₀₉) by 0.31 t/ha or by 4 %. Early spring feeding of winter wheat with digestate at a dose of 10–30 m³/ha is not inferior in terms of its effect on grain quality indicators to the traditional system of fertilizing it with synthetic nitrogen fertilizers. Increasing digestate dose to 20 and 30 m³/ha, protein collection from a unit of sowing area decreases by 16 and 42 %, respectively, which is explained by a decrease in grain yield.

Key words: fertilizer, nitrogen, grain yield, grain quality, protein yield, weather conditions.

Постановка проблеми. За останнє десятиріччя виробництво біогазу у світі анаеробним бродіння зросло втричі. При цьому значно збільшилась кількість супутніх продуктів його виробництва – дигестатів [7]. Анаеробний дигестат є ефективним добривом завдяки вмісту в ньому легкодоступного елементів живлення та органічних сполук різного складу. Властивості цього продукту, його вплив на ґрунт, урожайність сільськогосподарських культур та технологічні властивості зерна до кінця не вивчені і можуть відрізнятися від інших органічних і мінеральних добрив.

Вже проведено багато дослідження щодо застосування дигестату на сільськогосподарських угіддях в багатьох країнах світу, але через різні природно-кліматичні умови, особливості сільськогосподарських культур існують значні відмінності ефективності його застосування. Дигестат має різні фізичні та хімічні властивості, що може спричинити зниження ефективності системи удобрення, пригнічення росту рослин, зниження якості врожаю та інші негативні наслідки. Тому його застосування має бути адаптоване до місцевих умов. Дослідження ефективності застосування дигестату в системі удобрення пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу не проводились. Використання його, швидше за все, зменшить залежність від мінеральних добрив і допоможе розробити кліматично нейтральні технології вирощування сільськогосподарських культур.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У польовому досліді, проведеному в Литві, дигестат свинячого гною та аміачну селітру під пшеницю озиму вносили двічі: 90 кг/га азоту на початку вегетації рослин після зими і 80 кг/га – під час прощупування другого вузла на стеблі [1]. Було встановлено однаковий вплив на формування врожаю пшениці дигестату свинячого гною і мінеральних добрив.

За даними [12], поєднане застосування мінерального та органічного азоту для удобрення рослин може збільшити урожайність пшениці озимої і поліпшити якість зерна. У дослідях [17] заміна 50 % азоту карбаміду із дози 180 кг/га азотом гною ВРХ підвищує продуктивність пшениці озимої і сприяє ефективному використанню ресурсів.

Застосування дигестату сприяло підвищенню продуктивності пшениці озимою завдяки ліпшому куцінню [9]. Оптимальна доза заміни мінеральних добрив дигестатом становила 60–75 м³/га.

Значний вплив на якісні та кількісні характеристики зерна пшениці озимої мають технологічні й кліматичні чинники. З усіх елементів живлення азот має найбільше значення для накопичення білка в зерні пшениці [14], який вважається одним із чинників формування якості хліба. Хоча збільшення збору білка із зерном пов'язане з внесенням азотом значно менше (12,2 %), порівняно з урожайністю

зерна (43,1 %), це також важливо для формування стратегії застосування азотних добрив [18]. Аналогічні дані були отримані і в дослідженнях [23].

Важливими чинниками формування якісних показників зерна пшениці озимої – вмісту протеїну та вмісту клейковини є погодні умови і живлення азотом, а на загальну врожайність значний вплив має азотний режим ґрунту [5, 13]. З іншого боку, застосування азотних добрив певною мірою підвищує стійкість рослин і зменшує негативний вплив посухи на формування врожаю пшениці [4, 15]. Порівняно з мінеральними добривами, дигестат зі свинячого гною істотно не впливав на якість зерна пшениці озимої [2, 16].

В умовах Литви рідкі органічні різного походження та гранульовані мінеральні азотні добрива, якими підживлювали пшеницю озиму були рівноцінними за впливом на формування якості зерна та його технологічні властивості [11].

Отже, необхідно досліджувати доцільність застосування дигестату в різних природних умовах, а також його вплив на формування врожаю пшениці озимої, і визначити оптимальну дозу дигестату в Правобережному Лісостепу, щоб обґрунтувати умови ефективного і безпечного застосування.

Постановка завдання. Дослідження щодо вивчення можливості підживлення пшениці м'якої озимої рідким дигестатом, вихідним продуктом якого був курячий послід, проводили у 2022–2023 рр. у польових дослідях на землях с. Лукашівка Ладизинської міської ради у Бузько-Середньо-Дніпровському окрузі Лісостепової Правобережної провінції із географічними координатами 48°64' пн. ш. і 29°21' сх. д.

За даними метеостанції Умань середньорічна кількість опадів у регіоні становить 586 мм. В окремі роки бувають значні відхилення від цієї величини, погода характеризується нестійкими умовами зволоження.

Дигестат для дослідів із середнім вмістом 1,1 % азоту, 0,97 – P_2O_5 і 0,81 % K_2O брали у відокремленому підрозділі «Біогаз Ладизин», що входить до складу ТОВ «Вінницька птахофабрика», яка є одним з найбільших підприємств галузі. Підживлення пшениці озимої різними дозами (10 м³/га, 20 і 30 м³/га) дигестату проводили напровесні поверхнево. На ділянках дослідів виробничого контролю підживлення проводили напровесні аміачною селітрою (100 кг/га), а також КАС-32 на стадії ВВСН 28–29 – загальна доза азоту 109 кг/га. Дигестат вносили агрегатом Holmer Terra Variant 585. Фосфорних і калійних добрив не вносили, що обґрунтовували дуже високим вмістом у ґрунті рухомих сполук фосфору й калію та низьким – азоту легкогідролізованих сполук. Ґрунт дослідних ділянок – темно-сірий лісовий середньо суглинкового гранулометричного складу (за класифікацією FAO/WRB, 2022 – *Phaeosems*) [6].

Загальна площа дослідів становила 8–10 га, повторність варіантів – триразова, площа облікової ділянки 400 м². Вирощували пшеницю м'яку озиму сорту Артист (оригінатор компанія DSV) після соняшнику.

Дослідження проводилися згідно загальноприйнятих методик [21].

Виклад основного матеріалу дослідження. Забезпеченість пшениці озимої азотом змінювалася як від особливостей удобрення, фази росту й розвитку рослин, так і від погодних умов і становила 310–731 од. приладу (табл. 1). При цьому необхідно зазначити, що рослини краще були забезпечені азотом за погодних умов 2023 року. Так, на контрольних ділянках посіву показник приладу був вищим на стадії кушіння рослин на 10 %, а колосіння – на 6 %. У виробничому контролі ці показники відповідно становили 11 і 9 %, що свідчить про вплив погодних умов на ефективність впливу азоту добрив забезпечувати ним рослини.

Таблиця 1

**Забезпеченість пшениці озимої азотом за показниками
портативного приладу «N-тестер», од.**

Варіант досліджу	Фаза росту й розвитку рослин			
	Кушіння		Колосіння	
	2022 р.	2023 р.	2022 р.	2023 р.
Без добрив (контроль)	311	342	389	411
N ₁₀₉	435	484	463	505
Дигестат 10 м ³ /га	438	533	472	546
Дигестат 20 м ³ /га	534	692	563	642
Дигестат 30 м ³ /га	624	724	652	731
НІР ₀₅	36	41	31	45

На ділянках досліджу з підживленням посівів дигестатом вже в дозі 10 м³/га забезпеченість пшениці озимої азотом не поступалась виробничому контролю, а в 2023 році у фазу кушіння рослин навіть була ліпшою – 533 проти 484 од. за НІР₀₅ 41 од. З підвищенням доз внесення дигестату до 20–30 м³/га забезпеченість рослин азотом достовірно підвищувалася незалежно від погодних умов і стадії розвитку рослин.

Отже, за заміни у традиційній системі удобрення синтетичних азотних добрив дигестатом спостерігалась тенденція поліпшення азотного живлення рослин пшениці озимої в кінці вегетації.

Урожайність і складові продуктивності урожаю пшениці озимої тісно пов'язані між собою [19]. Дослідженнями встановлено, що внесення дигестату в дозах від 10 до 30 м³/га у вигляді ранньовесняного підживлення по різному впливало на формування врожайності пшениці озимої (табл. 2). Як дигестат, так і внесення синтетичних азотних добрив збільшили урожайність пшениці озимої і забезпечували достовірну різницю порівняно з контролем.

Таблиця 2

**Урожайність пшениці озимої залежно від підживлення азотними
добривами і дигестатом, т/га**

Варіант досліджу	Рік		Середня за два роки	Приріст урожайності до контролю	
	2022	2023		т/га	%
Без добрив (контроль)	5,42	6,57	6,00	—	—
N ₁₀₉	7,86	9,04	8,47	2,47	41
Дигестат 10 м³/га	7,64	8,68	8,16	2,16	36
Дигестат 20 м³/га	7,46	7,18	7,32	1,32	22
Дигестат 30 м³/га	6,79	6,41	6,60	0,60	10
НІР ₀₅	0,39	0,49			

Як видно з даних табл. 2, врожайність зерна змінювалася від 5,42 до 9,04 т/га залежно від варіанту досліджу та погодних умов, тобто зміни склали 67 %.

Умови довкілля впродовж вегетаційного періоду мають вирішальний вплив на формування врожаю [3, 22]. Встановлено, що кращі умови формування зерна склалися в 2023 році, коли приріст урожайності порівняно з 2022 роком на контрольних ділянках склав 1,15 т/га або 21 %, а у виробничому контролі (варіант N₁₀₉) – 1,18 т/га або 15 %.

В умовах 2022 року за підживлення пшениці озимої дигестатом у дозі 10 м³/га зниження врожайності зерна порівняно з варіантом дослідів з внесення азотних добрив у дозі 109 кг/га д. р. було в межах помилки дослідів. Підвищення дози дигестату до 20 і 30 м³/га дозволяло отримати достовірні прирости урожайності зерна – відповідно 2,04 і 1,37 т/га (за врожайності на контролі 5,42 т/га). При цьому вони були нижчими, порівняно з ділянками дослідів, де пшеницю озиму підживлювали синтетичними азотними добривами.

В умовах 2023 року спостерігалась така ж закономірність дії варіантів системи удобрення на формування врожайності пшениці озимої, але порівняно з 2022 роком підвищення дози внесення дигестату з 10 до 20 м³/га достовірно знижувало врожайність зерна – на 0,50 т/га або на 13 %.

У середньому за два роки проведення досліджень приріст урожайності зерна пшениці озимої залежно від систем удобрення був 0,60–2,47 т/га або на 10–41 %. При цьому необхідно зазначити, що за внесення дигестату в дозі 10 м³/га врожайність порівняно з виробничим контролем (підживлення азотними добрива, 109 кг/га д. р.) знижувалася лише на 0,31 т/га або на 4 %. Це можна пояснити низкою чинників. Підживлення пшениці озимої у варіанті виробничого контролю азотними добривами проводилося двічі за вегетаційний період, а дигестат вносили лише напровесні. Крім того, в дигестаті не весь азот знаходиться у формі легкодоступних мінеральних сполук, що сприяє продовженню його дії у часі, тобто він може бути засвоєний рослинами у кінці вегетації, коли рівень урожаю був уже сформований. Такий азот може впливати на поліпшення показників якості зерна.

Отже, з проведених досліджень можна зробити висновок, що за ранньовесняного підживлення пшениці озимої дигестатом у дозі 10 м³/га спостерігалась лише тенденція зниження врожайності зерна (на 4 %) порівняно з традиційною системою удобрення, яка передбачає внесення азотних добрив у дозі 109 кг/га д. р. у два строки. Підвищення дози внесення дигестату до 20 і 30 м³/га знижувало врожайність зерна відповідно на 14 % і 22 %.

Важливим чинником продуктивності пшениці озимої є якість зерна, яка визначається різними показниками. Хімічний склад зерна пшениці, який включає вуглеводи, білки, харчові волокна, ліпіди, мінерали та вітаміни [10], робить його цінним джерелом їжі та має важливе значення у виробництві високоякісних продуктів переробки [5]. Наприклад, вміст білка суттєво впливає на якість, технологічні властивості та харчову цінність борошна, що робить його важливим чинником для фермерів при виборі сортів пшениці та встановленні агрономічних стратегій управління формування врожаю [8]. Азотні добрива підвищують вміст білка та клейковини у зерні пшениці озимої, що позитивно впливає на його якість [5].

Застосування дигестату, отриманого анаеробною ферментацією свинячого гною, порівняно з мінеральними добривами, не мало істотного впливу на якість зерна пшениці озимої [2, 16]. У дослідженнях [20] із системами сівозмін, встановлено, що дигестат може замінити на озимих пшениці й ріпаку внесення мінеральних добрив і частково поліпшити якість зерна пшениці.

Проведеними дослідженнями встановлено, що показники якості зерна пшениці озимої змінювалися як від погодних умов, так і від особливостей удобрення

(табл. 3). Тоді як погодні умови для формування врожаю зерна були більш сприятливими у 2023 році, то для формування його якості – у 2022 році.

Таблиця 3

Показники якості зерна пшениці озимої за різних систем удобрення

Показник	Варіант досліджу					НІР ₀₅
	Без добрив (контроль)	N ₁₀₉	Доза дигестату, м³/га			
			10	20	30	
2022 рік						
Маса 1000 зерен, г	31,4	33,7	34,1	37,2	36,5	0,9
Невиповнені зерна, %	6,22	4,36	4,21	4,11	4,02	0,32
Натура, г/л	592	721	726	729	731	48
Вміст білка, %	9,0	11,1	11,4	11,7	11,8	1,2
Склоподібні зерна, %	14	23	26	30	32	2
Склоподібність, %	20	27	31	35	37	3
Вміст клейковини, %	19,7	24,6	25,8	25,9	26,9	1,5
Якість клейковини, од.	80	84	82	83	84	6
Число падіння, с	286	290	295	300	306	16
Сажкове зерно, %	0,08	0,07	0,06	0,07	0,05	0,01
Фузаріозні зерна, %	0,10	0,12	0,13	0,24	0,32	0,08
2023 рік						
Маса 1000 зерен, г	31,0	32,4	32,8	32,7	32,4	1,7
Невиповнені зерна, %	5,34	3,12	3,02	2,78	2,71	0,15
Натура, г/л	602	713	719	722	725	38
Вміст білка, %	8,5	10,3	10,7	11,2	11,6	0,6
Склоподібні зерна, %	13	20	24	28	30	2
Склоподібність, %	16	23	28	30	32	3
Вміст клейковини, %	19,1	22,8	23,6	24,9	25,9	1,5
Якість клейковини, од.	74	79	77	80	81	5
Число падіння, с	301	322	325	329	334	17
Сажкове зерно, %	0,13	0,11	0,11	0,10	0,12	0,05
Фузаріозні зерна, %	0,08	0,11	0,12	0,19	0,26	0,07
У середньому за 2022–2023 рр.						
Маса 1000 зерен, г	31,2	33,1	33,5	35,0	34,5	
Невиповнені зерна, %	5,78	3,74	3,61	3,45	3,37	
Натура, г/л	597	717	723	723	728	
Вміст білка, %	8,8	10,7	11,1	11,5	11,7	
Склоподібні зерна, %	14	22	25	29	31	
Склоподібність, %	18	25	30	33	35	
Вміст клейковини, %	19,4	23,7	24,7	25,4	26,4	
Якість клейковини, од.	77	82	80	82	83	
Число падіння, с	294	306	310	315	320	
Сажкове зерно, %	0,11	0,09	0,09	0,09	0,09	
Фузаріозні зерна, %	0,09	0,12	0,13	0,22	0,29	

У середньому за два роки проведення досліджень удобрення сприяло підвищенню маси 1000 зерен з 31,2 до 33,1–35,0 г або на 6–12 %. При цьому простежувалась тенденція її підвищення за удобрення дигестатом порівняно з варіантом досліду N_{100} . Це можна пояснити зменшенням кількості невивірених зерен з 3,74 % до 3,37–3,61 % залежно від дози дигестату. При цьому натура зерна підвищувалась від внесення добрив на 20–22 % але не залежала від системи їх застосування.

Системи удобрення, що вивчалися в досліді сприяли підвищенню вмісту білка в зерні. При цьому необхідно зазначити, що у варіантах досліду з внесенням дигестату спостерігалась тенденція підвищення вмісту білка в зерні порівняно з виробничим контролем на 4–9 %. Це можна пояснити ліпшим забезпеченням пшениці озимої азотом у кінці вегетації, коли він необхідний рослинам для формування якості. Краще забезпечення азотом сприяло також збільшенню в зерновій масі кількості склоподібних зерен на 57–121 % і склоподібність зерна з 18 до 25–35 % залежно від варіанту досліду. Порівняно з виробничим контролем склоподібність зерна підвищувалась за підживлення дигестатом на 20–40 % залежно від дози його внесення.

В середньому за два роки проведення досліджень за різних систем удобрення вміст клейковини у зерні був вищим порівняно з абсолютним контролем на 22–36 %. При цьому, порівняно з виробничим контролем, достовірне підвищення вмісту клейковини у зерні в обидва роки проведення досліджень спостерігалось за дози внесення дигестату 30 м³/га, тоді як за дози 20 м³/га перевага була лише в умовах 2023 року.

Поряд з кількістю клейковини у зерні, удобрення сприяло підвищенню її якості на 5–6 од. і числа падіння на 12–26 с за показників на контролі відповідно 77 од. і 294 с. При цьому істотної різниці між системами удобрення за два роки проведення досліджень не було виявлено.

Щодо ураження зерна пшениці озимої хворобами, як погодні умови у період вегетації, так і системи застосування добрив також мали певний вплив. Так, в умовах 2022 року за удобрення дигестатом частка сажкових зерен зменшувалася з 0,08 % до 0,05–0,07 % залежно від дози його внесення. При цьому частка фузаріозних зерен була меншою в 2,5–3 рази за дози дигестату 20–30 м³/га.

В умовах 2023 року частка сажкових зерен у зерновій масі була більшою, проте різниця між варіантами досліду була в межах помилки досліду. При цьому частка фузаріозних зерен достовірно підвищувалась порівняно з контролем (на 138–225 %) за дози внесення дигестату 20–30 м³/га.

Отже, можна зробити висновок, що ранньовесняне підживлення пшениці озимої дигестатом у дозах 10–30 м³/га не поступається традиційній системі її удобрення синтетичними азотними добривами.

Збір білка з урожаєм зерна з одиниці площі посіву пшениці озимої залежав як від систем застосування добрив, так і від погодних умов (табл. 4).

Як видно з даних табл. 4, добрива сприяють підвищенню збору білка на 217–379 кг/га або на 41–72 % залежно від систем удобрення пшениці озимої. Підживлення пшениці озимої дигестатом у дозі 10 м³/га дозволяло в середньому за два роки проведення досліджень отримувати збір білка на рівні традиційної системи удобрення, тоді як підвищення дози дигестату до 20 і 30 м³/га знижувала цей показник відповідно на 16 і 42 %. Це свідчить про недоцільність ранньовесняного підживлення посівів пшениці озимої високими дозами дигестату.

Таблиця 4

Збір білка з урожаєм зерна пшениці озимої залежно від системи застосування добрив, кг/га

Варіант досліджу	Рік		Середнє за два роки	Приріст до контролю	
	2022	2023		кг/га	%
Без добрив (контроль)	488	558	523	—	—
N ₁₀₉	872	931	902	379	72
Дигестат 10 м ³ /га	871	929	900	377	72
Дигестат 20 м ³ /га	873	804	839	316	60
Дигестат 30 м ³ /га	801	679	740	217	41

Висновки і пропозиції. 1. Підживлення пшениці озимої дигестатом дозою 10 м³/га забезпечує живлення рослин азотом за показниками приладу N-тестер на рівні виробничого контролю (N₁₀₉), тоді як за дози дигестату 20–30 м³/га забезпеченість рослин азотом достовірно підвищується.

2. Удобрення пшениці озимої азотними добривами (109 кг/га д. р.) і дигестатом забезпечує приріст урожайності 0,60–2,4 т/га або на 10–41 % і знижується зі збільшенням дози внесення дигестату з 10 до 20–30 м³/га. За дози дигестату 10 м³/га спостерігається лише тенденція до зниження врожайності зерна порівняно з виробничим контролем (N₁₀₉) на 0,31 т/га або на 4 %.

3. Ранньовесняне підживлення пшениці озимої дигестатом у дозі 10–30 м³/га за впливом на показники якості зерна не поступається традиційній системі її удобрення синтетичними азотними добривами. Зі збільшенням дози дигестату до 20 і 30 м³/га збір білка з одиниці площі посіву знижується відповідно на 16 і 42 %, що пояснюється зменшенням урожайності зерна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Baksinskaite A., Doyeni M. O., Tilvikiene V. Influence of *Artemisia dubia* Wall and Pig Manual Digestate on Winter Wheat Productivity and Grain Quality. *Agriculture*. 2024. 14. 1819. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101819>
2. Doyeni M. O., Stulpinaite U., Baksinskaite A., Suproniene S. and Tilvikiene V. The Effectiveness of Digestate Use for Fertilization in an Agricultural Cropping System. *Plants* (Basel). 2021. 10(8). DOI: 10.3390/plants10081734.
3. Dumbravă M., Ion V., Băşa Gh. A., Duşa E. M., Epure L. I. Study regarding the yield components and the yield quality at some wheat varieties. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2019. Vol. 62 (2). P. 77–82. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20203508119>
4. Fahad S., Sönmez O., Saud S., Wang D., Wu C., Adnan M. & Turan V. (eds.). Plant growth regulators for climate-smart agriculture, First Edn. Boca Raton, FL: CRC Press, 2021. 224 p. DOI: 10.1201/9781003109013.
5. Hospodarenko H. M. and Liubych V. V. Formation of yield and quality of winterdurum wheat grain depending on long-term fertilization. In 28th International Scientific Conference Research for Rural Development, 18–19 May 2022. Vol. 37 (Jelgava: LatviaUniversity of Life Sciences and Technologies). 2022. P. 13–20. DOI: 10.22616/rrd.28.2022.002.
6. IUSS Working Group WRB. 2022. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.

URL: https://eurasian-soil-portal.info/wp-content/uploads/2023/02/wrb_fourth_edition_2022-12-18.pdf.

7. Karimi B., Sadet-Bourgeteau S., Cannavacciuolo M., Chauvin C., Flamin C., Haumont A., Jean-Baptiste V., Reibel A., Vrignaud G. and Ranjard L. Impact of biogas digestates on soil microbiota in agriculture: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 2022. 20. P. 3265–3288. DOI: 10.1007/s10311-022-01451-8.

8. Lachutta K., Jankowski K. J. The quality of winter wheat grain by different sowing strategies and nitrogen fertilizer rates: A case study in northeastern Poland. *Agriculture*. 2024. 14. 552. <https://doi.org/10.3390/agriculture14040552>

9. Li Y.Q., Seng K., Peng S. J., Meng Z. W. & Dong, Z. R. Effects of biogas slurry on wheat yield and the physical and chemical properties of soil. *Chinese Agricultural Science Bulletin*. 2014. 30(12). P. 181–186.

10. Mitura K., Cacak-Pietrzak G., Feledyn-Szewczyk B., Szablewski T., Studnicki M. Yield and grain quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on the different farming systems (organic vs. integrated vs. conventional). *Plants*. 2023. 12(5). 1022. <https://doi.org/10.3390/plants12051022>.

11. Petraitytė D. The effect of liquid organic fertilisers on agrocenoses of different winter wheat varieties. Doctoral Dissertation Agricultural Sciences, Agronomy (A 001). Kaunas, 2024. 198 s.

12. Rahaman M. A., Zhan X., Zhang Q., Li S. Q., Lv H., Long Y., & Zeng H. Ammonia Volatilization Reduced by Combined Application of Biogas Slurry and Chemical Fertilizer in Maize–Wheat Rotation System in North China Plain. *Sustainability*. 2020. No. 12(11). 4400. DOI: 10.3390/su12114400.

13. Rekowski A., Wimmer M. A., Henkelmann G., Zörb C. Is a Change of Protein Composition after Late Application of Nitrogen Sufficient to Improve the Baking Quality of Winter Wheat? *Agriculture*. 2019. 9. 101. <https://doi.org/10.3390/agriculture9050101>

14. Shewry P. R. Darwin review. 2009. 60. P. 1537–1553. DOI: 10.1093/jxb/erp058.

15. Silva N., Lucrecia M., Ramos G. et al. Water stress alters physical and chemical quality in grains of common bean, triticale and wheat. *Agric. Water Manag.* 2020. 231. 106023. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106023.

16. Šimon T., Kunzová E. and Friedlová M. The effect of digestate, cattle slurry and mineral fertilization on the winter wheat yield and soil quality parameters. *Plant, Soil and Environment*. 2015. 61(11). P. 522–527. DOI: 10.17221/530/2015-PSE.

17. Wang L., Bi J., Chen J. et al. Energy, environmental footprints and economic benefit of substituting inorganic fertilizer with organic manure for winter wheat in Huanghuaihai Plain. *European Journal of Agronomy*. 2025. Vol. 162, 127394. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127394>.

18. Wang Y., Peng Y., Lin, J., Wang L., Jia Z., & Zhang R. Optimal nitrogen management to achieve high wheat grain yield, grain protein content, and water productivity: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*. 2023. 290. 108587.

19. Zhang X. Effects of long-term biogas slurry application on soil properties and crop yield in the North China Plain : Manuscript Thesis for a Doctor Philosophy Degree (PhD): 201. Sumy, 2023. 151 p.

20. Wang F. Q., Sun J. B., Zhao Y. K., Fan Z. H., Xie W. J., Xu J. H., Shen C. & Cai, L. J. Effect of biogas fertilizer on wheat and rape yield, quality and soil improvement. *China Biogas*. 2015. 33(6). P. 98–101.

21. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

22. Мостіпан М. І., Умрихін Н. Л., Ковальов М. М. Вміст білка у зерні пшениці озимої залежно від погодних умов у ранньовесняний період. *Зрошуване землеробство*. 2020. Вип. 73. С 73–79.

23. Шевчук О. В., Господаренко Г. М. Використання рідкого дигестату біогазового виробництва для підживлення пшениці озимої. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2023. Вип. 103. Ч. 1. С. 18–26. DOI: 10.32782/2415-8240-2023-103-1-18-26.