

## ҐРУНТОВИЙ СПОСІБ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГРИБНИХ БЛОКІВ ЗА ПОПЕРЕДНЬОЮ ОБРОБКОЮ ЕМ ПРЕПАРАТАМИ

КОВАЛЬОВ М.М. – кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0003-4421-8960>

Центральноукраїнський національний технічний університет

**Постановка проблеми.** Інтенсивне вирощування гриба *Pleurotus ostreatus* залишає по собі величезну кількість відпрацьованого солом'яного субстрату, котрий необхідно утилізувати.

На відміну від інших органічних добрив (гною, торфокомпостних сумішей, сидератів), які за внесення в ґрунт можуть істотно поліпшити насамперед поживний режим ґрунту, солом'яні грибні блоки мають свої специфічні особливості, їхня позитивна дія проявляється не відразу. Одним зі способів прискорити їхнє розкладення в ґрунті й збільшити вивільнення елементів живлення в доступній формі є попереднє компостування з пошаровою обробкою біологічними препаратами, котрі містять ефективні факультативні мікроорганізми.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Трансформація лігніновмісних відходів в органічно-мінеральні добрива відбувається за допомогою методів біоконверсії. Серед них найбільш часто застосовують: компостування, вермікомпостування, біорозклад під дією бактеріальних ферментів, біоконверсію органічної речовини під дією грибів [1, с. 35].

Найдоступнішим способом утилізації соломовміщувальних відходів є компостування [2, с. 26]. Інтерес до одержання таких компостів зумовлений різноманітністю, величезним асортиментом і порівняно дешевою сировиною.

Водночас внесення так званих біокомпостів позитивно впливає на екологічні властивості ґрунту шляхом розпушення його верхнього шару й підвищення загальної пористості. У результаті змінюється характер їх накопичення, водостійкість і доступність біогенних елементів живлення для рослин [3, с. 79].

Важливим продуктом, котрий утворюється за розкладання лігніну й целюлози за допомогою ферментів вищих грибів, є гуміноподібні (далі – ГПР) і гумінові речовини (далі – ГР) Вони являють собою основний резервуар для поповнення ґрунтового вуглецю. [4, с. 10]. Згідно з наявними науковими уявленнями теорія утворення ГР протікає за досить високих значень рН [5, с. 15; 6, с. 18; 7, с. 15].

Утилізація солом'яних відходів грибного виробництва з метою отримання ГПР і підвищення врожайності польових культур внаслідок збільшення легкодоступних елементів живлення є досить перспективним шляхом екологічного напрямку аграрного виробництва. Його основною задачею є забезпечення не тільки підвищення продуктивності польових культур та екологічної стійкості ґрунтів, але й саморегуляційної здатності будь-якої агроєкосистеми. Тому її можна вважати ключовим елементом біологічного землеробства.

**Мета статті.** Розробити оптимальне технологічне рішення, яке б задовольняло проблему утилізації відходів промислового виробництва гриба *Глива* звичайна й була максимально простою в застосуванні й водночас дешевою. Завдання дослідження полягало у вивченні впливу ефективних мікроорганізмів (далі – ЕМ мікроорганізми) на руйнування лігнінового шару солом'яних відходів вирощування гриба *Глива* звичайна для подальшого ґрунтового способу утилізації за участю факультативних анаеробів препарату.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводили в лабораторії «Камеральні дослідження» кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету протягом 2018–2020 років.

Вивчався вплив солом'яних відходів грибного виробництва окремо й в комплексі з мінеральними добривами й біопрепаратом на властивості ґрунту; врожайність та якісні характеристики зерна ячменю проводилися в 3-х спільних зернотрав'яних сівозмінах: пар сидеральний – озима пшениця – ячмінь [8, с. 18].

Схема досвіду передбачала 12 варіантів систем удобрення в посівах ячменю:

1. Без добрив (контроль).
2. Солома попередника.
3. Солом'яні відходи грибного виробництва + 10 кг N/т соломи.
4. Солом'яні відходи грибного виробництва + біопрепарат (ЕМ Біоактив).
5. Солома + 10 кг N/т солом'яні відходи грибного виробництва + біопрепарат.
6. Біопрепарат.
7.  $N_{60}P_{40}K_{35}$ .
8.  $N_{60}P_{40}K_{35}$  + солом'яні відходи грибного виробництва.
9.  $N_{60}P_{40}K_{35}$  + солом'яні відходи грибного виробництва + 10 кг N/т соломи.
10.  $N_{60}P_{40}K_{35}$  + солом'яні відходи грибного виробництва + біопрепарат.
11.  $N_{60}P_{40}K_{35}$  + солом'яні відходи грибного виробництва + 10 кг N/т соломи + біопрепарат.
12.  $N_{60}P_{40}K_{35}$  + біопрепарат.

Польовий дослід закладений у чотирикратної повторності. Посівна площа ділянки 120 м<sup>2</sup> (6 × 20), облікова – 72 м<sup>2</sup> (4 × 18), розташування ділянок рандомізоване. Як мінеральні добрива використовували азофоску (за калієм, потреба в якому найменша), для поповнення нестачі азоту й фосфору вносили сечовину, подвійний суперфосфат. Розрахунок доз добрив проводився нормативно-балансовим методом на плановану врожайність в 4,0 т/га N – 100%, P – 80%, K – 80% від виносу

з урожаєм. Як органічні добрива в ґрунт закладають солому попередньої культури сівозміни (яра пшениця). З метою підвищення швидкості розкладання солому восени обробляли біопрепаратом ЕМ Біоактив. Для створення оптимальних умов факультативних мікроорганізмів в ґрунті був внесений додатково азот у дозі 10 кг/га у вигляді сечовини.

Отримані результати досліджень піддавалися статистичній обробці такими методами: дисперсійний аналіз двофакторного досліду за вивченням двох градацій фактора А (без добрив і фон НРК) і 6 градацій фактора В (застосування соломи/яних відходів і біопрепарату) [8, с. 251].

**Результати досліджень.** Щільність ґрунту є найвідомішим показником фізичних властивостей ґрунту під час застосування численних технологій обробки за вирощування польових культур, яка додатково збільшує техногенне навантаження на ґрунтовий покрив агроєкосистеми. Отже, погіршується структура ґрунту, підвищується її щільність, знижується водопроникність профілю. Порушується її водний і повітряний режими, знижується продуктивність агроценозів, ґрунт втрачає протиерозійну стійкість [9, с. 42].

На думку деяких авторів [9, с. 41; 10, с. 51], модель родючості ґрунту буде досить повною та об'єктивною тільки тоді, коли в неї поряд з іншими показниками будуть включені агрофізичні властивості. Тільки в такому випадку вона може служити своєрідним еталоном, що забезпечує стабільну продуктивність рослин. Одним із найвагоміших показників, що характеризує агрофізичний стан ґрунтів, є щільність їх складення [10, с. 51]. Оптимальна щільність орного шару чорноземів північного Степу України (0–30 см) для просапних культур і гороху знаходиться в межах 0,9–1,1 г/см<sup>3</sup>, для ярих зернових – 1,1–1,2 г/см<sup>3</sup> та озимих – 1,1–1,3 г/см<sup>3</sup> [10, с. 50]. Результати наших досліджень показали,

що система удобрення ґрунту під посівами ячменю справила істотний вплив на його числові значення. Розуцільнення орного горизонту до посіву ячменю фіксувалося як на фоні окремого застосування соломи ярої пшениці, де щільність склала 1,16 г/см<sup>3</sup>, так і на варіантах спільного внесення соломовміщувальних речовин, інокульованих біопрепаратом із додатковим внесенням азотної добавки – 1,14 і 1,17 г/см<sup>3</sup> відповідно (табл. 1).

На варіанті окремого застосування біопрепарату щільність ґрунту була не набагато менше контрольного варіанту й склала 1,20 г/см<sup>3</sup>. Використання мінеральних добрив у чистому вигляді не вплинуло на такий показник (значення щільності ґрунту однакове з контрольним варіантом – 1,24 г/см<sup>3</sup>). У разі спільного внесення соломи/яних відходів із мінеральними добривами спостерігалось розуцільнення ґрунту до 1,18 г/см<sup>3</sup>. Під час доповнення такого варіанту азотною добавкою та біопрепаратом спостерігалось зменшення щільності до 1,19 і 1,13 г/см<sup>3</sup> відповідно. Використання біопрепарату на фоні мінеральних добрив також приводило до зниження щільності до 1,17 г/см<sup>3</sup>.

З вище викладеного стає зрозуміло, що щільність, близька до оптимальної, забезпечувалася на варіантах з окремим внесенням соломи та її поєднанням із біопрепаратом та азотною добавкою. Найчіткіше розуцільнення проявилось в шарі ґрунту 0–20 см, тому що основну масу соломи за оранки на 20–22 см і обороту пласта на 120° заорюють саме на цю глибину [11, с. 103].

Після збирання ячменю щільність ґрунту збільшувалася в порівнянні з вегетаційним періодом його вирощування, що, мабуть, пояснюється впливом зовнішніх факторів протягом вегетації культури [11, с. 104]. У цілому ж внесення соломи/яних відходів сприяло зменшенню щільності ґрунту в післязбиральний період за всіма варіантами.

**Таблиця 1 – Щільність ґрунту під посівами ячменю залежно від системи удобрення, г/см<sup>3</sup> (середня за 2018–2020 роки)**

Варіант	До посіву ячменю				Перед збиранням ячменю			
	Шар ґрунту, см							
	0–10	10–20	20–30	0–30	0–10	10–20	20–30	0–30
Без добрив	1,22	1,23	1,28	1,24	1,23	1,31	1,35	1,30
Солома	1,11	1,15	1,23	1,16	1,17	1,21	1,24	1,20
Солома + N <sub>10</sub>	1,15	1,16	1,21	1,16	1,15	1,18	1,20	1,17
Солома + ЕМ Біоактив	1,10	1,12	1,20	1,09	1,13	1,16	1,19	1,16
Солома + N <sub>10</sub> + ЕМ Біоактив	1,11	1,10	1,22	1,14	1,14	1,18	1,19	1,17
ЕМ Біоактив	1,18	1,20	1,24	1,20	1,19	1,22	1,27	1,22
N <sub>59</sub> P <sub>39</sub> K <sub>36</sub>	1,21	1,24	1,27	1,24	1,24	1,27	1,29	1,26
N <sub>59</sub> P <sub>39</sub> K <sub>36</sub> + солома	1,16	1,17	1,29	1,20	1,19	1,22	1,27	1,22
N <sub>59</sub> P <sub>39</sub> K <sub>36</sub> + N <sub>10</sub>	1,17	1,16	1,25	1,19	1,18	1,24	1,25	1,22
N <sub>59</sub> P <sub>39</sub> K <sub>36</sub> + солома + ЕМ Біоактив	1,10	1,12	1,17	1,13	1,15	1,20	1,24	1,19
N <sub>59</sub> P <sub>39</sub> K <sub>36</sub> + солома + N <sub>10</sub> + ЕМ Біоактив	1,11	1,14	1,17	1,14	1,17	1,19	1,22	1,19
N <sub>59</sub> P <sub>39</sub> K <sub>36</sub> + ЕМ Біоактив	1,15	1,17	1,18	1,17	1,20	1,21	1,25	1,22

Таким чином, заорювання солом'яних відходів (окремо й у різному поєднанні з мінеральними добривами, біопрепаратом та азотною добавкою) дозволило знизити щільність ґрунту до 1,13–1,20 г/см<sup>3</sup>, а от на контрольній ділянці цей показник був набагато вищим.

У природних умовах ґрунт захищений рослинним опалим шаром, завдяки якому зберігається волога, виключається вітрова й водна ерозії, вплив енергії краплі дощу [5, с. 185].

Мінеральні добрива, внесені під ту чи іншу польову культуру, можуть ефективно використовуватися лише за умови оптимального водопостачання. У природних умовах відбувається природна зміна умов водопостачання, та часто сухі періоди змінюються вологими або навпаки. Окрім того, потреба рослинного організму у воді в окремі періоди його життя буває також різною [3, с. 78].

У результаті проведених нами досліджень встановлено позитивний вплив внесення соломовміщувальних речовин на запаси продуктивної вологи в ґрунті. Водночас в орному шарі ґрунту (0–30 см) запаси продуктивної вологи перед посівом на варіанті окремого внесення мінеральних добрив перебували практично

на рівні контролю. За такої умови на мінеральному фоні зменшення накопичення вологи до збирання можна пояснити насамперед посиленням використанням води на створення більшого врожаю з одиниці площі. На варіанті з солом'яними відходами рослини, мабуть, відчували велику потребу у воді, тому що процеси деструкції органічних речовин йдуть тільки за наявності достатньої їх кількості (табл. 2).

Окрім того, розкладання солом'яних відходів трохи сповільнює ріст і розвиток рослин, формує їх зі слабким облистанням і надалі – з низьким проєктивним покриттям, що призводить до підвищення випаровуваності й втрати вологи [3, с. 80]. Використання соломи в поєднанні з азотною добавкою позитивно вплинуло на кількість накопиченої вологи в ґрунті. На цих варіантах такий показник був дещо вищим за контроль. Натепер встановлено, що за високого рівня азотного живлення рослини розвивають у кілька разів меншу кореневу систему, водночас вона концентрується переважно у верхньому шарі ґрунту. За недостатнього забезпечення рослин азотом коренева система розвивається масивно та концентрується в глибших шарах ґрунту. Отже, за відносно слабого забезпечення рослин азо-

Таблиця 2 – Запаси продуктивної вологи в чорноземі типовому за вирощування ячменю, мм

Варіант	Шар ґрунту, см	2018 рік		2019 рік		2020 рік		
		перед посівом	Перед збиранням	Перед посівом	Перед збиранням	Перед посівом	Перед збиранням	
Контроль	0–30	52	26	66	52	65	57	
	0–100	188	162	224	128	216	172	
Солом'яні відходи	0–30	56	24	60	46	67	59	
	0–100	185	164	220	130	215	180	
Солом'яні відходи + N <sub>10</sub>	0–30	55	26	62	54	67	62	
	0–100	190	165	219	124	211	175	
Солом'яні відходи + біопрепарат	0–30	56	28	67	55	68	65	
	0–100	196	168	226	126	215	176	
Солом'яні відходи + N <sub>10</sub> + біопрепарат	0–30	58	30	68	56	66	60	
	0–100	195	171	223	125	215	177	
Біопрепарат	0–30	54	28	64	53	64	59	
	0–100	186	165	212	124	211	173	
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub>	0–30	54	26	64	48	65	58	
	0–100	188	165	214	123	213	175	
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub> + солом'яні відходи	0–30	60	28	61	47	65	61	
	0–100	186	168,6	210	125	212	177	
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub> + солом'яні відходи + N <sub>10</sub>	0–30	58	27	64	50	67	65	
	0–100	193	166,3	218	126	214	180	
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub> + солом'яні відходи + біопрепарат	0–30	61	30	65	53	66	67	
	0–100	195	170	222	133	215	177	
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub> + солома + N <sub>10</sub> + біопрепарат	0–30	60	30	65	53	68	66	
	0–100	194	169	220	130	217	179	
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub> + біопрепарат	0–30	54	26	60	50	64	60	
	0–100	185	161	215	122	213	176	
ННІР <sub>05</sub>	Фактор А	0–30	3	2	3	4	3	4
		0–100	5	5	7	3	4	4
	Фактор В	0–30	5	3	4	2	3	4
		0–100	6	4	4	4	3	5

том потреба рослин у воді дещо більша, ніж на ґрунтах, добре забезпечених цим елементом [11, с. 104]. Тобто внесення додаткового азоту сприяє зменшенню споживання води рослиною. На цих варіантах зберігається достатня кількість для розкладання солом'яних відходів ґрунтової води [7, с. 14]. Активна робота мікробів водночас сприяє поліпшенню агрофізичних властивостей ґрунту, отже, збільшується його вологомісткість.

Вивчення дії запропонованої системи добрив із використанням солом'яних відходів як джерела живлення рослин на зміну показників родючості ґрунту дозволяє судити про її вплив в наявній системі землеробства.

Вплив солом'яних відходів грибного виробництва й мінеральних добрив на зміну агрохімічних показників за 3 роки їх застосування проявилось в такий спосіб: трансформаційні зміни вмісту гумусу склали  $\pm 0,2\%$ , що знаходилося в межах похибки (табл. 3 та 4).

Внесення мінеральних добрив привело до підкислення ґрунту, на цих варіантах підвищилася гідролітична кислотність на 0,2–0,4 моль/100 г ґрунту. У такому випадку проявився ефект підкислення ґрунтового розчину мінеральними добривами. Внесення соломи, як окремо, так і в поєднанні з азотом і біопрепаратом, кілька ослабило негативну дію мінерального фону. Крім того, необхідно відзначити, що на варіантах без фону NPK підкислення ґрунту не відбувалося.

Таким чином, можна помітити загальну тенденцію протидії солом'яних відходів і біопрепарату підкисленню ґрунту мінеральними добривами.

За роки досліджень практично виявився незмінним вміст рухомих фосфорів в ґрунті. За щорічного внесення фосфору урожаєм це повинно було привести до його зниження. Практично ж його зміна знаходилася на рівні 5–10 мг/кг. Встановлені нами процеси підкислення ґрунту підвищують фізичну розчинність у ній недоступ-

ного фосфору й тим самим зберігають його легкодоступні форми на вихідному рівні.

Вміст доступного рослинам калію в ґрунті сильніше схильний до змін. Винесення його з урожаєм повинно привести до зниження його в ґрунті, але цього не сталося. У такому випадку відбувається закономірний процес заповнення обмінного калію фіксованими всередині ґрунтовими колоїдами, що компенсувало 50% калію, який виноситься з урожаєм. Крім того, відомо, що солома містить у середньому 0,8%  $K_2O$ , тим самим здатна збагачувати ґрунт таким елементом.

Інтегральним показником будь-яких агротехнічних прийомів, у тому числі оцінки системи удобрення, є врожайність та якість продукції. Невипадково в сучасних умовах господарювання велике значення має впровадження екологічно безпечних та економічно вигідних систем удобрення та технологій, здатних забезпечити отримання оптимальної врожайності польових культур.

Результати досліджень по вивченню впливу солом'яних відходів, біологічного препарату й мінеральних добрив на врожайність ячменю наведені в табл. 5.

Аналіз їх показує, що, роблячи позитивний вплив на основні агрохімічні й біологічні показники чорнозему типового, солом'яні відходи спільно з біопрепаратом і додатковим азотом у дозі азоту 10 кг/т соломи сприяли підвищенню продуктивності ячменю, в технології обробки якого вони застосовувалися.

Погодні умови 2018 року виявилися менш сприятливими для ячменю, що врешті-решт вплинуло на продуктивність культури. Врожайність у такому році була не високою та складала 2,01–2,83 т/га. Необхідно зазначити, що низька ефективність біопрепарату ЕМ Біоактив за його внесення в чистому вигляді становила прибавку врожайності 0,12 т/га або 6%. Від внесення соломи спільно з азотом і біопрепаратом вона

Таблиця 3 – Агрохімічна характеристика ґрунту перед прибиранням ячменю, 2018 рік

Варіант	pH <sub>сол</sub>	Нг, ммоль/ 100 г.	Гумус, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	
				мг/кг	
Без добрив	5,8	2,1	4,0	134	140
Солома попередника	6,2	1,5	4,3	136	144
Солом'яні відходи + 10 кг N/ т соломи	5,9	1,9	4,4	138	146
Солом'яні відходи біопрепарат	6,2	1,8	4,5	140	150
Солом'яні відходи + 10 кг N/т соломи + біопрепарат	6,1	2,0	4,2	144	156
Біопрепарат	6,0	2,2	4,4	145	157
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub>	6,2	2,3	4,2	152	160
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub> + солом'яні відходи	5,9	2,0	4,3	158	164
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub> + солом'яні відходи +10 кг N/ т соломи	5,8	2,1	4,3	164	164
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub> + солом'яні відходи + біопрепарат	6,2	1,7	4,4	168	168
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub> + солом'яні відходи +10 кг N/т соломи + біопрепарат	6,3	1,9	4,3	170	170
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub> + біопрепарат	6,4	2,5	4,4	164	160
NIP <sub>05</sub>	Фактор А	0,2	0,2	2	4
	Фактор В	0,4	0,3	8	10

Таблиця 4 – Агрохімічна характеристика ґрунту перед збиранням ячменю, 2020 рік

Варіанти	рНсол	Нг, ммоль/ 100 г.	Гумус, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
				мг/кг		
Без добрив	6,0	2,1	4,0	137	141	
Солома попередника	6,8	1,4	4,4	139	142	
Солом'яні відходи + 10 кг N/т соломи	6,4	1,9	4,4	142	150	
Солом'яні відходи + біопрепарат	6,5	1,6	4,6	150	154	
Солом'яні відходи + 10 кг N/т соломи + біопрепарат	6,4	1,9	4,4	152	158	
Біопрепарат	6,0	2,1	4,4	150	160	
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub>	6,0	2,3	4,5	158	162	
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub> + солом'яні відходи	6,2	2,0	4,4	164	165	
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub> + солом'яні відходи +10 кг N/ т соломи	6,3	2,0	4,5	169	168	
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub> + солом'яні відходи + біопрепарат	6,3	1,9	4,5	170	171	
N <sub>59</sub> P <sub>39</sub> K <sub>36</sub> + солом'яні відходи + 10 кг N/т соломи + біопрепарат	6,3	2,1	4,6	172	174	
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>35</sub> + біопрепарат	6,2	2,2	4,4	168	166	
НІР <sub>05</sub>	Фактор А	0,4	0,2	0,2	3	5
	Фактор В	0,2	0,4	0,2	9	10

Таблиця 5 – Вплив системи удобрення на врожайність ячменю, т/га, 2018–2020 роки

Варіант	Рік досліджень			Середня за 2018–2020 роки	
	2018	2019	2020		
Без добрив	2,01	2,53	1,94	2,16	
Солома попередника	2,06	2,46	1,98	2,17	
Солом'яні відходи + 10 кг N/т соломи	2,27	2,66	2,11	2,30	
Солом'яні відходи + біопрепарат	2,31	2,74	2,15	2,40	
Солом'яні відходи + 10 кг N/т соломи + біопрепарат	2,38	2,90	2,20	2,55	
Біопрепарат	2,13	2,61	2,02	2,25	
НPK	2,48	3,46	2,45	2,75	
НPK + солом'яні відходи	2,39	3,42	2,47	2,80	
НPK + солом'яні відходи + 10 кг N/ т соломи	2,48	3,52	2,53	2,90	
НPK + солом'яні відходи + біопрепарат	2,63	3,97	2,60	3,00	
НPK + солом'яні відходи +10 кг N/т соломи + біопрепарат	2,83	4,31	2,79	3,30	
НPK + біопрепарат	2,55	3,50	2,54	2,90	
НІР <sub>05</sub>	Фактор А	0,05	0,10	0,04	–
	Фактор В	0,08	0,17	0,07	–

збільшувалася на 0,05–0,30 т/га (2,5–15%). За спільного внесення всіх компонентів в одному варіанті – на 0,37 т/га (18%). Однак їх використання на фоні NPK дозволило підвищити продуктивність культури на 0,38–0,82 т/га, тоді як окреме застосування мінеральних добрив – на 0,47 т/га. Низька ефективність біопрепарату, мабуть, була пов'язана з недостатньою кількістю вологи в осінній період 2017 року, коли він і був внесений у ґрунт.

У 2019 році врожайність ячменю була вищою. Надбавка врожайності варіювала на варіантах без мінеральних добрив в межах 0,10–0,37 т/га (5–15%), на тлі мінеральних добрив – 0,97–1,58 т/га (39–62%). Окреме застосування NPK дозволило підвищити продуктивність ячменю на 0,93 т/га (23%). Найвища врожайність зерна сформувалася на варіанті спільного внесення солом'яних відходів, біопрепарату в поєднанні з азотною добавкою в дозі N<sub>10</sub> на 1 т соломи на тлі мінераль-



них добрив і склала 4,31 т/га (на контролі 2,53 т/га). Ефективність бактеріального препарату в такому році була трохи вище, що пов'язано з оптимальними умовами зволоження.

Вегетаційний період 2020 року відрізнявся різними перепадами температур і кількістю опадів, незважаючи на це, врожайність ячменю сформувалася на рівні 1,94–2,79 т/га. У цілому, простежувалася та ж закономірність, що й у попередні роки досліджень: найбільші прирости врожайності отримані за спільного застосування солом'яних відходів, азоту й біопрепарату. Варто відзначити, що окреме внесення солом'яних відходів не знижувало врожайності ячменю, окрім того, дозволило підвищити її на 0,05 т/га. Доповнення цього варіанту азотом збільшувало цей показник на 0,17 т/га (9%), біопрепаратом – на 0,21 т/га (11%), а за спільного їх внесення прирост врожайності склала 0,26 т/га або 13%. Ефективність тих же чинників на тлі NPK були значно вище. Найвища врожайність була отримана на варіанті внесення соломи, N<sub>10</sub> і біопрепарату спільно з мінеральними добривами й склала 2,79 т/га (що на 0,85 т/га (44%) вище за контрольний варіант).

Аналізуючи врожайні дані в середньому за три роки досліджень, необхідно зазначити, що використання соломи ярої пшениці як органічного добрива під ячмінь не привело до зниження врожайності, азотна добавка до неї (10 кг/т соломи) підвищила її на 6% (див. табл. 4). За варіанту внесення солом'яних відходів спільно з біопрепаратом такий показник підвищився на 11%, за додавання до цього варіанту азоту в дозі N<sub>10</sub>/т соломи збільшення відбулося на 18%. Внесення солом'яних відходів на тлі N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>35</sub> забезпечило збільшення врожайності на 0,65 т/га (30%). За спільного внесення соломи, біопрепарату й азотної добавки врожайність підвищилася на 0,39 т/га (18%), а за включення до цих же факторів мінеральних добрив в дозі N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>35</sub> – на 1,15 т/га (53%).

Підвищення врожайності ячменю за внесення соломи спільно з біопрепаратом, скоріше за все, пов'язано з виділенням внесених із ним мікроорганізмами різних біологічно активних сполук, фітогормонів та антибіотиків, котрі, як відомо, здатні справляти значний ріст

і стимулювальний ефект. Окрім того, в самій мікробній масі міститься 12% азоту, 3,5% фосфору і 2,2% калію.

Під час економічного аналізу технології обробки ячменю з використанням солом'яних відходів, мінерального азоту й біопрепарату прямі витрати встановлювалися за цінами, прийнятими для виробничих умов дослідного поля кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету (2020 рік).

Основні економічні показники обробки ячменю залежно від застосування соломи, солом'яних відходів, азотної добавки, біопрепарату та їх поєднань, в тому числі й на тлі мінеральних добрив, наведені в табл. 6.

Аналіз даних табл. 6 показує, що в середньому за роки досліджень за використання солом'яних відходів і біопрепарату вихід продукції у вартісному вираженні на варіантах без добрив збільшується з 17,28 до 20,40 тис. грн/га, на фоні мінеральних добрив – із 22,00 до 26,40 тис. грн/га.

Виробничі витрати змінювалися залежно від урожайності й застосування добрив: на тлі без добрив із 6,41 тис. грн/га на контролі до 6,06–7,58 тис. грн/га на дослідних варіантах, на фоні NPK – від 11,85 до 12,99 тис. грн/га.

Слід також зазначити, що такий варіант досліду має найвищий екологічний і природоохоронний ефект від застосування солом'яних відходів, який становить 4237,7 грн/га.

Розрахунки економічної ефективності показують, що застосування в системі удобрення ячменю солом'яних відходів і біопрепарату економічно вигідно. Такий агроприєм сприяє підвищенню рівня рентабельності без застосування добрив на 17–24%. Найбільш рентабельним на варіантах без добрив є спільне внесення солом'яних відходів і біопрепарату як окремо, так і на тлі NPK; така обставина зумовлена тим, що на цих варіантах спостерігався максимальний приріст врожайності.

Таким чином, найбільша рентабельність спостерігалася на варіантах внесення соломи в чистому вигляді й солом'яних відходів спільно з біопрепаратом без мінеральних добрив і становила 186 і 193% відповідно.

**Таблиця 6 – Економічна ефективність вирощування ячменю за застосування солом'яних відходів, біопрепарату й мінеральних добрив (2018–2020 роки)**

Показник	Варіант											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Урожайність, т/га	2,16	2,17	2,30	2,40	2,55	2,25	2,75	2,80	2,90	3,00	3,30	2,90
Ціна реалізації, тис. грн/т	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Вартість, тис. грн.	17,28	17,36	18,40	19,20	20,40	18,00	22,00	22,40	23,20	24,00	26,40	23,20
Затрати, тис. грн/га	6,41	6,06	7,08	6,55	7,58	6,85	11,85	11,42	12,43	11,89	12,99	12,32
Затрати праці на 1 га, люд.-год.	3,94	3,39	3,46	3,49	3,58	4,00	4,44	3,75	3,82	3,84	3,99	4,54
Затрати праці 1 т зерна, люд.-год.	1,82	1,56	1,50	1,45	1,40	1,78	1,61	1,34	1,32	1,28	1,21	1,57
Собівартість, тис. грн/т	2,97	2,80	3,08	2,73	2,97	3,04	4,31	4,08	4,29	3,96	3,94	4,25
Умовний дохід, тис. грн/га	10,87	11,30	11,32	12,65	12,82	11,15	10,15	10,98	10,77	12,11	13,41	10,88
Рентабельність, %	170	186	160	193	169	163	86	96	87	102	103	88

Використання солом'яних відходів спільно з біопрепаратом є економічно доцільним за удобрення польових культур. Однак, незважаючи на те, що використання соломи в чистому вигляді не приводить до помітного підвищення продуктивності ячменю, воно дозволяє отримувати продукцію зі значно меншими виробничими витратами й вищим рівнем рентабельності. Останнє є дуже важливим аспектом у сформованих натеper економічних умовах ведення сільськогосподарського виробництва.

**Висновки.** Наші дослідження показали, що запропонована технологія утилізації відпрацьованих грибних блоків за допомогою EM препарату є ефективною з економічного боку.

Використання солом'яних відходів як добрива сприяло створенню оптимальної будови орного шару чорнозему типового за вирощування ячменю. Розуцільнення орного горизонту до посіву ячменю зазначалося як на варіанті окремого застосування соломи ярої пшениці, де щільність складала 1,16 г/см<sup>3</sup> (на контролі 1,24 г/см<sup>3</sup>), так і на варіантах спільного внесення солом'яних відходів з азотною добавкою та біопрепаратом – 1,17 і 1,14 г/см<sup>3</sup>. Аналогічна тенденція зберігалася до збирання ячменю.

Зазначалося збільшення запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту під посівами ячменю за внесення соломи в чистому вигляді й солом'яних відходів спільно з азотною добавкою та біопрепаратом EM Біоактив на 2–7 мм.

За внесення соломи ярої пшениці як добрива під ячмінь не спостерігалось зниження врожайності, а за внесення солом'яних відходів разом з азотною добавкою до них (10 кг/т соломи) врожайність підвищувалась на 0,14 т/га (6%). На варіанті застосування солом'яних відходів спільно з біопрепаратом такий показник підвищувався на 0,24 т/га (11%), за доповнення такого варіанту азотом (N<sub>10</sub>/т соломи) збільшення відбулося на 0,39 т/га (18%). Використання соломи на тлі N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>35</sub> забезпечило збільшення врожайності на 0,64 т/га (30%). Вища врожайність сформувалась на варіанті внесення солом'яних відходів, азотної добавки й біопрепарату на тлі NPK і склала 3,30 т/га (на контролі 2,16 т/га).

Використання соломи в чистому вигляді й солом'яних відходів спільно з біопрепаратом EM Біоактив економічно ефективно. Рівень рентабельності вирощування ячменю за такої умови підвищувався на 17 і 24% відповідно. Внесення солом'яних відходів і біопрепарату без мінеральних добрив дозволило отримати продукцію зі значно меншими виробничими витратами й вищим рівнем рентабельності.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Носко Б.С. Экологические последствия применения высоких доз минеральных удобрений на черноземе типичном. *Проблемы агрохимии и экологии*. 2013. № 2. С. 32–37.
2. Русакова И.В. Использование биопрепарата Баркон для инокулирования соломы, применяемой в качестве удобрения. *Достижения науки и техники АПК*. 2011. № 8. С. 25–28.
3. Семенов В.М. Агроэкологические функции растительных остатков в почве. *Агрохимия*. 2006. № 7. С. 63–81.

4. Третяк А.М., Другак В.М., Осадча І.В. Стратегія аграрно-земельної політики України в умовах сучасної світової продовольчої кризи. *Землепорядний вісник*. 2008. Вип. 5. С. 4–15.

5. Авров О.Е. Использование соломы в сельском хозяйстве Ленинград : Колос, 1979. 200 с.

6. Башков А.С. Влияние биологизации земледелия на плодородие дерново-подзолистых почв и продуктивность полевых культур. *Аграрный вестник Урала*. 2012. № 1. С. 16–19.

7. Гамаюнова В.В. Влияние запахивания и сжигания соломы на плодородие почвы и урожай сельскохозяйственных культур. *Орошаемое земледелие*. 1986. Т. 31. С. 11–16.

8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : АГРОПромиздат, 1985. 351 с.

9. Громаков А.А. Эффективность сочетаний соломы с минеральными удобрениями на черноземе обыкновенном Ростовской области. *Вестник Донского ГАУ*. 2012. № 2. С. 40–43.

10. Девятова Т.А. Изменение физических и воднофизических свойств почвы при внесении соломы. *Вестник Воронежского государственного университета*. 2010. № 2. С. 50–51.

11. Радько Т.В., Матвійчук Н.Г., Маковецкий П.П. Баланс гумусу в короткоротаційних сівоzмінах Полісся залежно від удобрення. *Сучасні тенденції розвитку аграрної науки в XXI столітті* : збірник тез наукових робіт міжнар. наук.-практ. конф., м. Львів, 7–8 грудня 2012 р. Львів : Львівська аграрна фундація, 2012. С. 101–104.

#### REFERENCES:

1. Nosko, B.S. (2013). Ekologicheskie posledstviya primeneniya vysokikh doz mineral'nykh udobreniy na chernozeme tipichnom [Ecological consequences of application of high doses of mineral fertilizers on typical chernozem]. *Problemy agrokhimii i ekologii – Problems of agrochemistry and ecology*. 2, 32–37 [in Russian].
2. Rusakova, I.V. (2011). Ispol'zovanie biopreparata Barkon dlya inokulirovaniya solomy, primenyaemoy v kachestve udobreniya [Use of the biological product Barkon for inoculation of straw used as fertilizer]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK – Achievements of science and technology of agro-industrial complex*, 8, 25–28 [in Russian].
3. Semenov, V.M. (2006). Agroekologicheskie funktsii rastitel'nykh ostatkov v pochve [Agroecological functions of plant residues in soil]. *Agrokhimiya – Agrochemistry*. 7, 63–81 [in Russian].
4. Tretyak, A., Drupak, V., & Osadcha, I. (2008). Stratehiia aharno-zemelnoi polityky Ukrainy v umovakh suchasnoi svitovoi prodovolchoi kryzy [Strategy of agrarian and land policy of Ukraine in the modern world food crisis]. *Zemleporiadnyi visnyk – Land Management Bulletin*, 5, 4–15 [in Ukrainian].
5. Avrov, O.E. (1979). Ispol'zovanie solomy v sel'skom khozyaystve [The use of straw in agriculture] L.: Kolos [in Russian].
6. Bashkov, A.S. (2012). Vliyanie biologizatsii zemledeliya na plodorodie dernovo-podzolistykh pochv i produktivnost' polevykh kul'tur [The influence of biologiza-

tion of agriculture on the fertility of sod-podzolic soils and productivity of field crops]. *Agrarnyy vestnik Urala – Ural Agrarian Bulletin*, 1, 16–19 [in Russian].

7. Gamayunova, V.V. (1986). Vliyanie zapakhvaniya i szhiganiya solomy na plodorodie pochvy i urozhay sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Influence of plowing and burning of straw on soil fertility and crop productivity]. *Oroschaemoe zemledelie – Irrigated agriculture*, 31, 11–16 [in Ukrainian].

8. Dospekhov B. A. (1985). Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). 5-e izd., dop. i Pererab [Methods of field experience (with basics of statistical processing of research results). 5<sup>th</sup> revised edition]. Moskva: AGROPromizdat [in Russian].

9. Gromakov, A.A. (2012). Effektivnost' sochetaniy solomy s mineral'nymi udobreniyami na chernozeme obyknovennom Rostovskoy oblasti [Efficiency of combinations of straw with mineral fertilizers on ordinary chernozem of Rostov region]. *Vestnik Donskogo GAU – Bulletin of the Don GAU*, 2, 40–43 [in Russian].

10. Devyatova, T.A. (2010). Izmenenie fizicheskikh i vodnofizicheskikh svoystv pochvy pri vnesenii solomy [Changes in the physical and water-physical properties of the soil when applying straw]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta – Bulletin of Voronezh State University*, 2, 50–51 [in Russian].

11. Radko T.V., Matviychuk N.G., Makovetskiy P.P. (2012). Balans humusu v korotkorotatsiynnykh sivozminakh Polissia zalezno vid udobrennia [Balance of humus in short-rotation crop rotations of Polissya depending on fertilizer]. Proceedings from: *zb. tez nauk. robit mizhnar. nauk.-prakt. konf. „Suchasni tendentsii rozvytku ahrarnoi nauky v XXI stolitti” – Coll. of thesis of scien. works of international scientific-practical conf. “Modern trends in agricultural science in the XXI century”*. (pp. 101–104). Lviv: Agrarian Foundation [in Ukrainian].

#### **Ковальов М.М. Ґрунтовий спосіб утилізації відпрацьованих грибних блоків за попередньою обробкою ЕМ препаратами**

Натепер все більшої актуальності набуває проблема відтворення родючості ґрунту на основі біологізації землеробства. Необхідність її розв'язання зумовлена тим, що розвиток землеробства вимагає врахування законів природи з метою збереження її ресурсного потенціалу шляхом скорочення техногенних навантажень та енергетичних витрат. Водночас ключового значення набуває рекуперация відпрацьованих солом'яних грибних блоків як органічного добрива. З агрохімічного боку останнім часом виникає доцільність ґрунтового використання такого виду відходів. Водночас утилізується значна маса її органічної речовини, забезпечуючи ґрунт субстратом для гумусоутворення та елементами живлення.

**Метою** досліджень було розробити екологічно безпечну технологію утилізації відходів промислового виробництва гриба Глива звичайна, котра була б максимально простою в застосуванні й водночас дешевою, з використанням мікробіологічних препаратів.

**Методи.** Агрохімічний аналіз, польовий дослід у коротко ротаційній зернотрав'яній сівозміні з використанням мінеральних добрив, біопрепарату й солом'яних відходів грибного виробництва, врожайність та якісні характеристики зерна ячменю. Агротехніка вирощу-

вання ячменю в дослідках була загально визнаною для зони північного Степу України.

**Результати.** За результатами лабораторно-польових досліджень в умовах Північного Степу України розглянуто можливість ґрунтового способу утилізації солом'яних відходів з їх інокуляцією біопрепаратом ЕМ Біоактив у поєднанні з мінеральними добривами в технології обробки ячменю. У результаті досліджень встановлено, що внесення солом'яних відходів спільно з біопрепаратом сприяє активізації ґрунтової мікрофлори й поліпшенню забезпеченості рослин елементами живлення. Внесення їх на тлі мінеральних добрив ( $N_{60}P_{40}K_{35}$ ) позитивно впливає на врожайність та якісні характеристики зерна ячменю. Економічно обґрунтована ефективність їх застосування за ґрунтового способу утилізації солом'яних відходів на прикладі ячменю.

**Висновки.** Внесення соломовміщувальних речовин, інокульованих біопрепаратом разом з азотними добавками, приводить до поліпшення агрофізичного стану ґрунту, його водного і поживного режимів. За використання соломовміщувальних відходів в поєднанні з біопрепаратом та азотними добривами прибавка врожайності ячменю збільшилася в середньому на 12–15%. Для отримання вищої врожайності необхідно вносити солом'яні відходи й біопрепарат разом із мінеральними добривами. Застосування солом'яних відходів, біопрепарату й азотних добрив економічно ефективно впливає на поліпшення екологічних функцій чорнозему типового.

**Ключові слова:** соломовміщувальні відходи грибного виробництва, ґрунтовий спосіб утилізації, ЕМ Біоактив, ресурсозберігальна технологія.

#### **Kovalov M.M. Soil method of utilization of used mushroom beds by pre-treatment with EM Bioactive**

At present, the issue of reproduction of soil fertility on the basis of biologization of agriculture becomes increasingly important. The need for its solution is conditioned by the fact that the development of agriculture requires consideration of the laws of nature in order to preserve its resource potential by reducing man-made loads and energy costs. At the same time, the recovery of used straw mushroom beds as an organic fertilizer is of key importance. From the agrochemical point of view, the expediency of soil use of this type of waste has recently emerged. A significant mass of its organic matter is utilized, providing soil with the substrate for humus formation and nutrients.

**The objective** of the research was to develop an ecologically safe technology for the utilization of industrial mushroom production waste, which would be as easy to use as possible and at the same time cheap to use microbiological preparations.

**Methods.** Agrochemical analysis, field experiment in short-rotation grain-grass crop rotation using mineral fertilizers, biological product and straw waste of mushroom production, yield and quality characteristics of barley grain were used. Agrotechnics of barley cultivation in experiments was generally accepted for the zone of the northern Steppe of Ukraine.

**Results.** According to the results of laboratory field research in the northern Steppe of Ukraine, the possibility



of the soil method of utilization of straw waste with their inoculation with the biological product EM Bioactive in combination with mineral fertilizers in the technology of barley cultivation is substantiated. As a result of research, it was found that the application of straw waste together with the biological product helps to activate soil micro flora and improve the supply of nutrients to plants. Their application with mineral fertilizers ( $N_{60}P_{40}K_{35}$ ) has a positive effect on the productivity and quality characteristics of barley grain. The efficiency of their application in the soil method of straw waste utilization on the example of barley has been economically substantiated.

**Conclusions.** The application of straw-containing substances inoculated with the biological product together with

nitrogen additives leads to the improvement of agrophysical condition of the soil, its water and nutrient regimes. When using straw-containing waste in combination with a biological product and nitrogen fertilizers, the increase in barley productivity increased by an average of 12–15%. To obtain higher productivity, it is necessary to apply straw waste and biological product together with mineral fertilizers. The use of straw waste, biological product and nitrogen fertilizers has a cost-effective effect on improving ecological functions of typical chernozem.

**Key words:** straw-containing wastes of mushroom production, soil method of utilization, EM Bioactive, resource-saving technology.