

УДК 631.95: 579.266:631.8: 633.11

**О. С. Дем'янюк**

к. с.-г. н.

**О. В. Шерстобоева**

д. с.-г. н.

Інститут агроекології і природокористування НААН

**О. А. Демидов**

д. с.-г. н.

Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН

## **БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ВИДУ ОРГАНІЧНОГО СУБСТРАТУ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ**

*Проаналізовано вплив різних видів органічного субстрату (солома, сидерат, гній) у складі органо-мінеральної системи удобрення на біологічну активність чорнозему типового порівняно з ґрунтом природної екосистеми. Показано залежність активності перебігу основних ґрунтового-біологічних процесів від виду органічного субстрату при вирощуванні пшениці озимої та погодних умов року. Застосування органічних субстратів інтенсифікує у ґрунті мікробіологічні і біохімічні процеси, підвищуючи такі показники біологічної активності, як уміст загальної мікробної маси у 1,8–2,1 раза, інтенсивність виділення діоксиду вуглецю у 1,7–2,5 та активність ферментів у 1,1–1,7 раза. Стимулююча дія на синтез мікробної біомаси чітко прослідковується при оптимізації співвідношення вмісту вуглецю і азоту, яка досягається поєднанням органічних добрив з мінеральними, і дає змогу наблизити збалансованість фізіологічних процесів у ґрунті агроценозу до природної екосистеми. Активне протікання біологічних процесів у ґрунті відмічено у роки, для яких характерним був температурний режим літнього періоду на рівні середньобагаторічних показників з надмірною кількістю опадів.*

**Ключові слова:** біологічна активність ґрунту, чорнозем типовий, пшениця озима, органічний субстрат, органо-мінеральна система удобрення.

### **Постановка проблеми**

Отримання високих і стабільних урожаїв за умов інтенсивного землеробства може супроводжуватися погіршенням якості продукції та стресовими навантаженнями на агроекосистему, а економічні вигоди від застосування таких агрозаходів можуть нести негативні екологічні наслідки [3]. Таким чином, у сучасному світі проблеми економіки невідривно пов'язані та конкурують з проблемами екології, а збільшення чисельності населення в світі призводить до підвищення попиту на продовольство [8–9].

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

За вимогами демографічної ситуації на планеті головним завданням сучасного світового сільського господарства є необхідність виробляти більше продовольства, зокрема подвоїти валовий збір зернової продукції, і технічних

волокон, щоб нагодувати зростаюче населення, та вихідної сировини для потенційно великого ринку біоенергоресурсів [6, 13, 14]. У першу чергу, за таких умов, значного навантаження (або пресингу) зазнає ґрунт – головний засіб сільськогосподарського виробництва і основа агроєкосистеми. Екологічний стан ґрунту агроєкосистеми характеризують різні показники рівня його біологічної активності, які залежать від типу та родючості саме ґрунту, а також системи удобрення рослин [1, 12]. Своєю чергою мікробне угруповання кількісно і якісно змінюється при внесенні у ґрунт будь-якого субстрату, особливо органічного походження, які відрізняються за поживністю, складом речовин, інтенсивністю розкладання (деструкції) тощо, тому активізує різні за функціональністю ґрунтові мікробні популяції. Слід враховувати, що деструкція органічних речовин і асиміляція мікробним угрупованням та рослинами доступних продуктів їх розкладу підвищує продуктивність агроєкосистем не лише в аспекті отримання сільськогосподарської продукції, а й в аспекті відновлення, збереження та підвищення родючості ґрунту, що є дуже актуальним завданням сучасної агроєкології [11].

Для збалансованого функціонування будь-якої агроєкосистеми і збільшення її продуктивності необхідним є постійне додаткове внесення органічної речовини. Слід зазначити, що за останні 15 років внесення органічних добрив на 1 га посівної площі знизилося майже у 20 разів. Тому при розробленні ефективних і екологічно збалансованих агротехнологій ще більш широкого запровадження як органічних добрив набувають місцеві ресурси органічної речовини, у т. ч. неутілізована сільськогосподарська продукція, поживні рештки, сидерати і тощо.

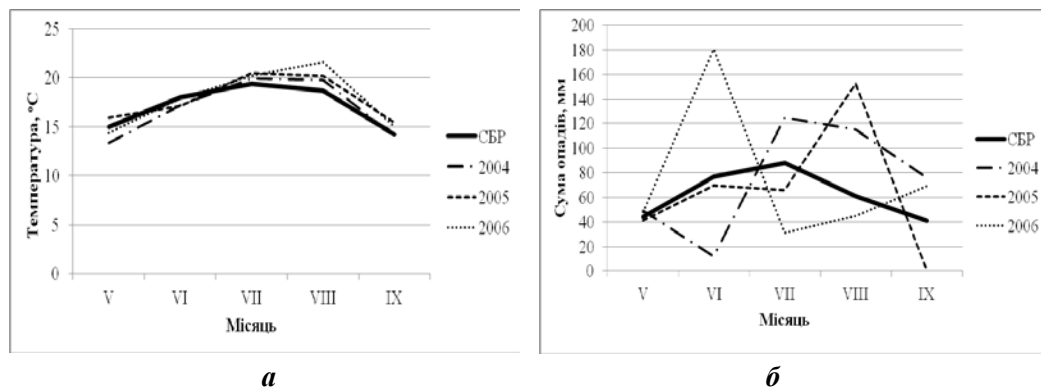
### **Мета, завдання та методика досліджень**

Метою роботи було визначення впливу різних видів органічного субстрату орґано-мінеральної системи удобрення пшениці озимої на біологічну активність чорнозему типового залежно від погодних умов року.

Досліджували зразки ґрунту кореневої зони пшениці озимої у польовому довготривалому стаціонарному досліді Миронівського інституту пшениць ім. В. М. Ремесла НААН (МІП НААН) з вивчення впливу різних систем удобрення на продуктивність культурних рослин. Ґрунт – чорнозем типовий, гумус – 3,4–4,0 %, рухомий фосфор (за Труогом) – 128–189 мг, обмінного калію (за Масловою) – 95–127 мг/кг ґрунту,  $pH_{\text{сол.}}$  – 6,0. Площа дослідних ділянок 25 м<sup>2</sup>. Повторення – триразове. Розміщення – рендомізоване. Системи удобрення рослин: N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub> (фон), 3 т/га солом'яна різка, 30 т/га гною, 3 т/га зелена маса гороху (сидерат). Метеорологічні умови вегетаційного періоду пшениці озимої наведено на рисунку 1 (а, б) і детально описано у попередній роботі [1].

Аналізи зразків ґрунту, відібраних у фазу цвітіння рослин пшениці озимої, здійснювали загальноприйнятими в ґрунтовій мікробіології методами [2, 5, 10]:

інтенсивність виділення діоксиду вуглецю  $\text{CO}_2$  з поверхні ґрунту – адсорбційним методом В. Штатнова, вміст загальної біомаси мікроорганізмів у ґрунті – регідратаційним методом, активність ферментів поліфенолоксидази (о-Дифенол: кисень-оксидоредуктаза КФ 1.10.31) і пероксидази (Донор:  $\text{H}_2\text{O}_2$ -оксидоредуктаза КФ 1.11.17) – методом А. Галстяна, протеази (пептиди-пептидгідролази КФ 3.4.4) – колориметричним методом.



**Рис. 1. Метеорологічні умови вегетаційного періоду пшениці озимої за даними агрометеорологічної станції Миронівка Центральної геофізичної обсерваторії: а – температура повітря, °С; б – сума опадів, мм. Примітка: СБР – середньобагаторічний рівень.**

Розрахунок коефіцієнту гумусонакопичення проводили за співвідношенням активності поліфенолоксидази до пероксидази, показник узагальненої біологічної активності ґрунту – за функцією бажаності Харрінгтона [4]. Математичний аналіз одержаних результатів проводили за допомогою стандартної комп’ютерної програми „Статистика”.

### Результати досліджень

Враховуючи попередні наші багаторічні дослідження та методичні напрацювання щодо оцінювання впливу агротехнологій на стан ґрунтів агроєкосистем за біодіагностичними показниками [7, 12] було встановлено, що біологічна активність ґрунту є найбільш інформативним показником його екологічного стану і впливає на врожайність сільгоспкультур та якість отриманої продукції.

В агроєнозі пшениці озимої тривале внесення органо-мінеральних добрив інтенсифікує перебіг у ґрунті мікробіологічних і біохімічних процесів, підвищуючи такі показники біологічної активності, як уміст загальної мікробної маси у 1,8–2,1 раза, інтенсивність виділення діоксиду вуглецю у 1,7–2,5 та

активність ферментів у 1,1–1,7 раза (табл. 1). Також чітко виражена стимулююча дія на синтез мікробної біомаси при оптимізації співвідношення вмісту вуглецю і азоту, яка досягається поєднанням органічних добрив з мінеральними. Це позитивно впливає на стан мікробного угруповання, його продуктивність і дає змогу наблизити збалансованість фізіологічних процесів у ґрунті агроєкосистем до природних екосистем. Використання мінеральних добрив, сумісно з різними органічними речовинами, призводить до того, що мікробіологічна трансформація рослинних субстратів зміщується в сторону більш повної їх мінералізації і викиду вуглецю у вигляді CO<sub>2</sub> в атмосферу.

*Таблиця 1. Вплив органічної компоненти органо-мінеральної системи удобрення на біологічну активність чорнозему типового, фаза – цвітіння пшениці озимої, 2004–2006 рр.*

Система удобрення	Вміст загальної біомаси мікроорганізмів, мкг С/г ґрунту	Емісія CO <sub>2</sub> , мг CO <sub>2</sub> /кг ґрунту	Активність ферментів		
			протеаза, мг амінного азоту /10 г ґрунту	поліфенол-оксидаза	пероксидаза
				мг пурпургаліна /10 г ґрунту	
Контроль (без добрив)	238	24,8	2,9	3,07	4,37
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> +Солома 3 т/га	432	41,8	4,1	5,05	4,58
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> +Сидерат 3 т/га	448	61,4	4,3	5,28	4,80
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> +Гній 30 т/га	501	54,1	4,3	5,35	4,71
<i>Переліг</i>	<i>701</i>	<i>58,4</i>	<i>5,2</i>	<i>5,69</i>	<i>4,55</i>

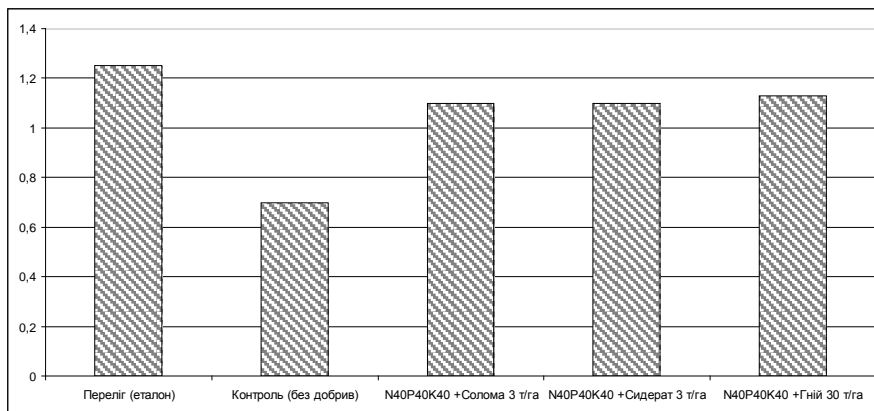
При цьому варто зазначити, що вид органічної складової у органо-мінеральній системі удобрення також впливає на активність ґрунтової мікробіоти. За даними таблиці 1, чітко прослідковується, що за низкою мікробіологічних показників найвища біологічна активність чорнозему типового в агроценозі пшениці була при застосуванні гною і мінеральних добрив та перевищувала відповідні показники на контрольному варіанті (без добрив) на 10–150 %. На даному варіанті відмічено високі показники вмісту загальної біомаси мікроорганізмів (501 мкг С/г ґрунту) та активності ферменту поліфенолоксидази (5,35 мг пурпургаліна /10 г ґрунту), які наближалися до показників у ґрунті перелогу.

На варіанті із застосуванням біомаси сидератів, багатих вуглеводами і білками, мінералізаційні процеси проходять значно швидше порівняно з соломою, яка має більш високий вміст у своєму складі ароматичних сполук фенольної природи і широке співвідношення C:N, та гноєм. Про це свідчать високі показники виділення діоксиду вуглецю CO<sub>2</sub> з поверхні ґрунту – 57,6–65,2 мг CO<sub>2</sub>/кг ґрунту впродовж 2004–2006 рр. (табл. 1, 2).

Розширення відношення C:N у ґрунті при використанні на удобрення лише соломи злакових культур призводить до зміни метаболічних реакцій мікроорганізмів. Відбувається гальмування біологічних процесів деструкції органічної речовини з високим умістом вуглецю, про що свідчать отримані дані на варіанті з внесенням соломи як органічного субстрату (табл. 1, 2).

Важливу роль у метаболізмі органічної речовини ґрунту відіграють ферменти класу оксидоредуктаз та гідролаз. Тривале застосування органічних субстратів у поєднанні з мінеральними добривами сприяло зростанню поліфенолоксидазної активності в середньому на 70 % та протеази на 48 % порівняно з контролем, що свідчить про більш активніше протікання окислення продуктів гідролізу органічних сполук з утворенням передгумусових компонентів.

За допомогою біохімічних досліджень було встановлено позитивні зміни у ґрунті агроценозу пшениці озимої щодо процесів накопичення гумусу за умови тривалого застосування органічних субстратів (рис. 2). Коефіцієнт гумусонакопичення, розрахований за співвідношенням активності поліфенолоксидази до пероксидази, у посівах пшениці озимої був нижчим порівняно з природним аналогом (переліг). Але тривале застосування органо-мінеральних добрив на чорноземі типовому інтенсифікувало процеси гумусонакопичення і мало перевагу над варіантом без унесення добрив на 57–61 % і наближало цей показник до відповідного значення у ґрунті перелогу (рис. 2).



**Рис. 2.** Вплив органічних компонентів органо-мінеральної системи удобрення пшениці озимої на процес гумусонакопичення в ґрунті, фаза – цвітіння, середнє за 2004–2006 рр.

Трансформація органічної речовини в ґрунті залежить від багатьох чинників навколишнього природного середовища – температури, вологості, співвідношення кількостей вуглецю і азоту, наявності речовин, що інгібують метаболічні реакції редуцентів тощо. Розглядаючи вплив таких абіотичних чинників як температура повітря і вологість за роками досліджень, було встановлено, що протікання у ґрунті біологічних процесів залежить від погодних умов року. Так, активне протікання біологічних процесів у ґрунті відмічено у 2005 і 2006 рр., для яких характерним був температурний режим літнього періоду на рівні середньобагаторічних показників з надмірною кількістю опадів у 2006 р. Це позитивно вплинуло на розвиток ґрунтових мікроорганізмів та їх продуктивність, ферментативну активність у ґрунті тощо.

**Таблиця 2. Біологічна активність чорнозему типового агроценозу пшениці озимої, фаза – цвітіння**

Рік	Система удобрення	Вміст загальної біомаси мікроорганізмів, мкг С/г ґрунту	Емісія CO <sub>2</sub> , мг CO <sub>2</sub> /кг ґрунту	Активність ферментів		
				протеаза, мг амінного азоту /10 г ґрунту	поліфенол-оксидаза	пероксидаза
					мг пурпургаліна /10 г ґрунту	
1	2	3	4	5	6	7
2004	Контроль (без добрив)	209	18,2	2,2	2,58	4,28
	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> + Солома 3 т/га	360	36,5	3,8	4,60	4,39
	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> + Сидерат 3 т/га	379	57,6	4,0	5,08	4,68
	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> + Гній 30 т/га	483	50,1	4,1	5,08	4,61
2005	Контроль (без добрив)	250	27,9	3,5	3,43	4,38
	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> + Солома 3 т/га	475	46,1	4,4	5,19	4,65
	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> + Сидерат 3 т/га	490	61,4	4,5	5,34	4,76
	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> + Гній 30 т/га	527	58,3	4,5	5,51	4,73

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
2006	Контроль (без добрив)	254	28,2	2,9	3,19	4,46
	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> +Солома 3 т/га	461	42,7	4,1	5,37	4,71
	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> +Сидерат 3 т/га	475	61,4	4,5	5,41	4,95
	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> +Гній 30 т/га	493	54,0	4,3	5,46	4,80

У 2004 р., який характеризується екстремальною посухою у літній період, протікання ґрунтово-біологічних процесів було уповільнено. Зокрема, емісія CO<sub>2</sub> з поверхні ґрунту в середньому в агроценозі пшениці становила 40,6 мг CO<sub>2</sub>/кг ґрунту, що на 15–21% нижче, ніж у роки з оптимальними погодними умовами. Аналогічна картина прослідковується у значеннях активності ензиматичного комплексу – активність ґрунтових ферментів в агроценозі за підвищених температур повітря і недостатньої кількості вологи знижена у середньому на 12–20% для гідролаз і в середньому до 5% для ферментів класу оксидоредуктаз.

Використовуючи функції бажаності Харрінгтона як інструмент визначення комплексної оцінки стану ґрунту за біологічними показниками, було підтверджено, що тривале застосування різних видів органічних субстратів (солома, сидерат або гній) у поєднанні з мінеральними добривами справляє позитивну дію і оцінюється за шкалою бажаності як «добра» або «дуже добра» з наближенням до еталону (табл. 3).

Таблиця 3. Оцінка біологічної активності чорнозему типового агроценозу пшениці озимої за функцією бажаності

Система удобрення	Інтегральний показник бажаності	Оцінка за шкалою бажаності Харрінгтона
Контроль (без добрив)	0,56	задовільна
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> +Солома 3 т/га	0,80	добра
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> +Сидерат 3 т/га	0,90	дуже добра
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> +Гній 30 т/га	0,89	дуже добра
Переліг (еталон)	1,00	

### Висновки та перспективи подальших досліджень

Застосування органічних субстратів інтенсифікує перебіг у ґрунті мікробіологічних і біохімічних процесів, підвищуючи такі показники біологічної

активності, як уміст загальної мікробної маси у 1,8–2,1 раза, інтенсивність виділення діоксиду вуглецю у 1,7–2,5 та активність ферментів у 1,1–1,7 рази. Стимулююча дія на синтез мікробної біомаси чітко прослідковується при оптимізації співвідношення вмісту вуглецю і азоту, яка досягається поєднанням органічних добрив з мінеральними, і дає змогу наблизити збалансованість фізіологічних процесів у ґрунті агроценозу до природної екосистеми.

Активне протікання біологічних процесів у ґрунті відмічено у роки, для яких характерним був температурний режим літнього періоду на рівні середньобагаторічних показників з надмірною кількістю опадів. Це позитивно вплинуло на розвиток ґрунтових мікроорганізмів та їх продуктивність, активність ґрунтових ферментів. У рік з екстремальною посухою у літній період (підвищені температури повітря і недостатня кількість вологи), протікання ґрунтово-біологічних процесів було уповільнено: емісія CO<sub>2</sub> з поверхні ґрунту була на 15–21 % нижче, ніж у роки з оптимальними погодними умовами та відповідно активність ґрунтових ферментів у середньому на 12–20 % для гідролаз і до 5 % для ферментів класу оксидоредуктаз.

У подальшому дослідження слід зосередити на вивченні стану та функціональних зв'язках ґрунтової мікробіоти при застосуванні різних агрозаходів, зокрема з позиції мінералізаційних процесів, що супроводжується збільшенням виділення з ґрунту діоксиду вуглецю, закису азоту тощо.

### Література

1. Дем'янюк О. С. Спрямування біологічних процесів у ґрунті за різних систем удобрення пшениці озимої та погодних умов / О. С. Дем'янюк, О. В. Шерстобоева, В. В. Чайковська // Збалансоване природокористування. – 2016. – № 2. – С. 146–151.
2. Експериментальна ґрунтова мікробіологія : монографія / В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Л. М. Токмакова [та ін.] ; за наук. ред. В. В. Волкогона. – К. : Аграр. наука, 2010. – 464 с.
3. Кисіль В. І. Агрохімічні аспекти екологізації землеробства / В. І. Кисіль. – Х. : 13 типографія, 2005. – 167 с.
4. Королева С. В. Практические аспекты использования функции желательности в медико-биологическом эксперименте [Электронный ресурс] / С. В. Королева // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5270>.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
6. Образец «Сельское хозяйство и продовольственная безопасность» для платформы взаимодействия с пользователями Глобальной рамочной основы для климатического обслуживания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wmo.int/gfcs/sites/default/files/Priority-Areas/Agriculture%20and%20>



food%20security/GFCS-AGRICULTURE-FOOD-SECURITY-EXEMPLAR-14147\_ru\_0.pdf.

7. Шерстобоева О. В. Оцінка впливу агротехнологій на стан ґрунтів агроєкосистем за біодіагностичними показниками : метод. рекомендації / О. В. Шерстобоева, О. С. Дем'янюк, Т. З. Шустерук ; за наук. ред. О. І. Фурдичка. – К., 2007. – 25 с.

8. Панасюк Б. Я. Клімат. Економіка. Людина / Б. Я. Панасюк. – Ніжин : Аспект-Поліграф, 2015. – 355 с.

9. Фурдичко О. І. Агроєкологія : монографія / О. І. Фурдичко. – К. : Аграр. наука, 2014. – 400 с.

10. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – М. : Наука, 1990. – 189 с.

11. Міграція біогенних елементів з ґрунту за впливу різних систем удобрення / О. В. Шерстобоева, В. В. Волкогон, О. М. Бердніков, Т. Б. Мілютенко // Вісн. аграр. науки. – 2015. – № 7. – С. 16–21.

12. Шустерук Т. З. Оцінка стану ґрунтів за показниками їхньої біологічної активності при застосуванні різних агротехнологій / Т. З. Шустерук, О. В. Шерстобоева, О. С. Дем'янюк // Агроєкологічний журнал. – 2006. – № 3. – С. 23–28.

13. Bruinsma J. The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050 / J. Bruinsma. – Rome : FAO, 2009. – P. 33.

14. Agricultural sustainability and intensive production practices / D. Tilman, K. G. Cassman, P. A. Matson [et al.] // Nature. – 2002. – 418 (6898). – P. 671–677.