

**БІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ****А. Дубицька, к. с.-г. н.**

ORCID ID: 0000-0002-5685-0237

**О. Качмар, к. с.-г. н.**

ORCID ID: 0000-0002-0382-6030

**О. Дубицький, к. б. н.**

ORCID ID: 0000-0002-8293-4119

**О. Вавринович, к. с.-г. н.**

ORCID ID: 0000-0003-3466-1432

*Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН*<https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.225>**Дубицька А., Качмар О., Дубицький О., Вавринович О. Біологічна оцінка ефективності використання екологічно безпечних систем удобрення за вирощування пшениці озимої**

Наведено результати вивчення ефективності застосування екологічно безпечних систем удобрення (ЕБСУ), скомпонованих на базі оптимальної дози мінеральних добрив ( $N_{60}P_{90}K_{90}$ ) із додаванням гною або гумусного, мікробіологічного чи хелатного добрив та впливу обробки рослин пшениці озимої біостимулятором на зміну показників біологічної активності сірого лісового ґрунту.

Показано залежність активності перебігу основних ґрунтово-біологічних процесів від конкретних мінеральних або органо-мінеральних удобрень.

Виявлено, що застосування мінеральних добрив активізує перебіг ферментативних процесів у ґрунті: активності целюлаз – на 4,6–5,1 %; активності протеаз – на 2,0–2,9 %; дегідрогеназної активності – в 1,2 раза, стосовно варіанта без добрив. Застосування органічних субстратів – гній, гумусне добриво (ГД), мікробіологічне добриво (МД) на мінеральному фоні – відчутно інтенсифікує біохімічні процеси, спричинюючи підвищення активності ґрунтових ферментів. При цьому целюлозолітична активність зростала до рівня 21,0–23,2 %, протеолітична – в 1,4–1,6 раза, дегідрогеназна – в 1,4–1,5 раза порівняно з контролем. Меншою мірою за цих умов поліпшилася нітрифікаційна здатність ґрунту. Зазначені зміни забезпечили оптимальний режим функціонування ензимного комплексу ґрунту.

Використання мінеральної системи ( $N_{60}P_{90}K_{90}$ ) призвело до часткового розбалансування мікробного угруповання на крохмало-аміачному агарі (КАА) та м'ясо-пептонному агарі (МПА); це супроводжувалося також збільшенням в 1,5 раза чисельності мікроорганізмів на КАА. Встановлено, що оптимальний мікробіоценоз серед досліджуваних систем удобрення сформувався у варіантах технологій, що передбачають внесення ГД або МД, або гною на фоні  $N_{60}P_{90}K_{90}$ . За цих умов відзначено збільшення мікроорганізмів на МПА, що послабило мінералізаційні процеси в ґрунті.

**Ключові слова:** біологічна активність ґрунту; целюлозолітична, протеолітична, дегідрогеназна, нітрифікаційна здатність, мікроорганізми на МПА і КАА, пшениця озима, екологічно безпечні системи удобрення.

**Dubytka A., Kachmar O., Dubytskyi O., Vavrynovych O. Biological assessment of the efficiency of use of environmentally safe extreme systems for ozymous wheat growth**

We are given the results of studying the effectiveness of using of ecologically safe fertilizer systems (ESFS), based on the optimal dose of mineral fertilizers ( $N_{60}P_{90}K_{90}$ ) with the addition of manure or humus or microbiological or chelate fertilizers, and the treatment of winter wheat plants with the biostimulator, onto changes of the biological activity indicators of gray forest soil.

The dependence of the activity of the passing of the main soil-biological processes on concrete mineral or organic fertilizers is shown.

It was revealed, that the use of mineral fertilizers activates the passing of enzymatic processes in the soil: cellulases activity – by 4,6–5,1 %, proteases activity – by 2,0–2,9 %, and dehydrogenases activity – by 1,2 times, relative to the variant without fertilizers. The use of organic substrates: manure, humus fertilizer (HF), microbiological fertilizer (MF) on a mineral background, significantly intensifies biochemical processes, causing an increase in the activity of soil enzymes. At the same time, cellulolytic activity increased to the level of 21,0–23,2 %, proteolytic – by 1,4–1,6 times, and activity of dehydrogenases – by 1,4–1,5 times, relative to the control. To a lesser extent, under these conditions, has improved the nitrification capacity of the soil. The specified changes ensured the optimal functioning of the enzyme complex of the soil.

The use of the mineral system ( $N_{60}P_{90}K_{90}$ ) led to a partial imbalance of the microbial grouping on starch-ammonia agar (SAA) and meat-peptone agar (MPA); this was also accompanied by a 1,5-fold increase in the number of

microorganisms on the SAA. It has been established, that the optimal microbiocenosis among the studied fertilizer systems was formed in variants of the technologies, which envision the application of HF or MF, or manure on the background of  $N_{60}P_{90}K_{90}$ . Under these conditions, an increase in microorganisms on MPA was observed, which weakened the mineralization processes into the soil.

**Key words:** soil biological activity: cellulolytic, proteolytic, dehydrogenases activity, nitrification capacity, microorganisms on MPA and SAA, winter wheat, ecologically safe fertilizer systems.

**Постановка проблеми.** Сучасний технологічний процес у сільськогосподарському виробництві призводить до нових проблем, які пов'язані з деградацією родючості ґрунтів. Одна з них – проблема екологічної стійкості агроєкосистем, тобто їхньої здатності протягом усього часу експлуатації зберігати біопродуктивність за високої якості отримуваної продукції.

Ефективність багатьох технологій залежить від того, наскільки вони вписуються в систему природних процесів і закономірностей, а не діють проти них. Використання ЕБСУ як інструментарію оптимізації параметрів ґрунтової родючості дасть змогу вивчити і дати оцінку параметрам формування і функціонування біологічного потенціалу ґрунту, який може слугувати одним з інтегральних показників його родючості.

Біологічний потенціал ґрунту охоплює ферментативну активність і склад ґрунтової мікробіоти й адекватно віддзеркалює ступінь антропогенного навантаження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Найвагомий вплив на рівень біологічної активності мають системи удобрення [3; 7].

Оптимальний режим активного функціонування ензимного ґрунтового комплексу, зокрема зростання активності ферменту інвертази та висока біохімічна активність процесів трансформації азоту, сприяв формуванню високої біологічної активності чорнозему опідзоленого за органічної системи удобрення [5]. Водночас у дослідженнях Certini G. [8] за умов тривалого внесення мінеральних добрив відзначено зменшення біологічної активності, хоча деякі автори [4; 6] вважають, що це сприяє посиленню діяльності мікроорганізмів.

У наш час важливою умовою удосконалення сучасних і розробки нових технологічних заходів є використання новітніх гумусних, мікробіологічних, хелатних добрив і рістрегулюючих препаратів, які у поєднанні з вторинною рослинницькою продукцією або оптимальною дозою мінеральних добрив сприятимуть покращанню продукційного процесу і, ймовірно, поліпшенню біологічного потенціалу ґрунту.

**Постановка завдання.** Метою наших досліджень було вивчити й дати оцінку впливу

екологічно безпечних систем удобрення на біологічну активність сірого лісового ґрунту.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження проводили в полі пшениці озимої, висіяної після гороху на зерно. Сорт пшениці Поліська 90. Схема досліду охоплювала такі варіанти: 1. Контроль (без добрив); 2.  $N_{60}P_{90}K_{90}$ ; 3.  $N_{60}P_{90}K_{90}$  + БС; 4.  $N_{60}P_{90}K_{90}$  + БС + гній; 5.  $N_{60}P_{90}K_{90}$  + БС + ГД; 6.  $N_{60}P_{90}K_{90}$  + БС + МД; 7.  $N_{60}P_{90}K_{90}$  + ХД. Гумусне добриво (ГД) вносили восени перед посівом, мікробіологічне (МД) – в період весняного кущення, хелатне (ХД) – позакоренево у фазі виходу в трубку, біостимулятор (БС) вносили двічі за вегетацію (весняне кущення та вихід у трубку).

Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий поверхнево оглеєний легкосуглинковий, рН якого – 4,85, вміст азоту за Корнфільдом – 9,8, доступного фосфору та обмінного калію за Кірсановим – 10,8 та 8,7 мг/100 г ґрунту, рівень гумусу – 2,1%. Визначали целюлозолітичну активність за Востровим і Петровою, протеолітичну – за Мішустиним, дегідрогеназну – за Галстяном, нітрифікаційну здатність за Кравковим, вміст мікроорганізмів на крохмале-аміачному агарі (КАА) і на м'ясо-пептоному агарі – (МПА).

Здійснено оцінку біологічної активності ґрунту за результатами визначення ступеня розкладу клітковини (руйнування лляних полотен), гідролізу білкових сполук (розкладання фотоплівки із желатиновим покриттям), за рівнем окиснення органічних сполук (дегідрогеназна активність), нітрифікаційною здатністю ґрунту та вмістом мікроорганізмів на КАА та МПА.

Встановлено, що активність розкладання клітковини за 30 діб експозиції була дещо уповільненою на контрольному варіанті і становила 16,2 %. Виразнішу целюлозолітичну активність ґрунту встановлено у варіантах застосування  $N_{60}P_{90}K_{90}$  (вар. 2, 3) (табл. 1). Органо-мінеральні системи удобрення (вар. 4–6) виявили за показників целюлозолітичної активності 21,0–23,2 % помітну перевагу над контрольною системою (без добрив) – відповідно в 1,4–1,5 раза, забезпечивши оптимальний рівень целюлозолітичної активності. Внесення хелатного добрива зумовило незначне зниження інтенсивності цього процесу порівняно з вказаними органо-мінеральними системами удобрення.

**Ферментативна активність сірого лісового ґрунту залежно від екологічно безпечних систем  
удобрення під пшеницею озимую, 2016–2018 рр.  
(середнє за вегетаційний період)**

№ вар.	Система удобренья	Активність, %		Дегідрогеназна активність, формазону на 10 г ґрунту, мг	Нітрифікаційна здатність, N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /100 г ґрунту, мг
		целюлозо-літична	протеолітична		
1	Контроль (без добрив)	16,2	6,3	0,49	1,17
2	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	20,8	8,3	0,62	1,40
3	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + БС	21,0	8,6	0,61	1,42
4	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + БС + гній	23,2	11,3	0,70	1,51
5	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + БС + ГД	22,7	10,5	0,74	1,52
6	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + БС + МД	21,9	10,3	0,70	1,54
7	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + ХД	21,3	9,2	0,64	1,43

У наших дослідженнях максимальні показники активності протеази одержані в ґрунті варіантів за органо-мінеральних систем удобренья (4–6): внесення N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> + гній або гумусного добрива чи мікробіологічного на мінеральному фоні, де виявлено підвищення активності розкладання білкових речовин в 1,4–1,6 раза, щодо контрольного варіанта. Внесення мінеральних добрив у дозі N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> призвело до збільшення концентрації мінерального азоту в ґрунті, що супроводжувалося незначною активізацією протеолітичних ферментів.

Ферменти класу оксидоредуктаз, рівень активності яких пов'язаний з характером біогенезу гумусу, залучаються на різних етапах трансформації органічної речовини, зокрема, дегідрогенази – каталізують окисно-відновні процеси, за яких атом водню переноситься від органічної речовини на кисень.

Отримані результати досліджень свідчать про позитивну спрямованість біохімічних процесів трансформації органічної речовини в ґрунті всіх варіантів досліду. Так, у варіантах 2 і 3 виявлена стійка тенденція підвищення дегідрогеназної активності відносно контролю в 1,2 раза.

Інтенсифікація процесу дегідрування органічних речовин більшою мірою виявлена в ґрунті за умов внесення гною або використання гумусного чи мікробіологічного добрив на фоні N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>, що зумовило стимулювання дегідрогенази і водночас є передумовою окиснення поліфенолів у хінони.

Вплив екологічно безпечних систем удобренья вирізнявся за інтенсивністю нітрифікуючої здатності ґрунту під пшеницею озимую.

Виявлено, що нітрифікуючі процеси ґрунту в контрольному варіанті протікають дещо слабше, ніж у варіантах із використанням удобрень. Внесення мінеральних добрив у дозі N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> під озиму пшеницю забезпечило незначне тенденційне зростання нітрифікаційних процесів ґрунту, що може бути зумовлено активізацією денітрифікаційних перетворень [2].

Внесення органо-мінеральних добрив дало змогу забезпечити нітрифікаційну здатність ґрунту на рівні 1,51–1,54 мг N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/100 г ґрунту. Це вказує на підсилення нітрифікаційної здатності ґрунту за умов додаткового внесення органічної речовини у вигляді гумусного або мікробіологічного добрива або гною. Зменшення нітрифікаційної здатності ґрунту у варіанті використання ХД на фоні N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> щодо органо-мінеральних систем є результатом інтенсивнішого використання рослинами азотних сполук ґрунту.

Вплив ЕБСУ на біологічний стан родючості ґрунту можна оцінити за допомогою аналізу вмісту трофічних груп мікроорганізмів.

Аналіз мікробіологічних властивостей ґрунту показав, що застосування екологічно безпечних систем удобренья за вирощування пшениці озимої сприяло розвитку мікроорганізмів досліджуваних еколого-трофічних груп. В агрокосистемі сірого лісового ґрунту без унесення добрив (контроль) за умов малозабезпеченості поживними речовинами вміст мікроорганізмів на КАА та МПА становив відповідно 1,10 та 1,00 млн шт. /г. За умов внесення мінеральних добрив (N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>) мікробний ценоз на КАА збільшився на 26,0 %, а на МПА зменшився відповідно на 7,7 % щодо контрольного варіанта. За вказаних умов зростав коефіцієнт мінералізації (КАА:МПА) до 1,5 (табл. 2).

**Зміна кількості мікроорганізмів у сірому лісовому ґрунті за ЕБСУ під пшеницею озимою (шар ґрунту 0–30см), фаза – колосіння**

№ вар.	Система удобрення	Мікроорганізми на КАА, млн шт. /г	Мікроорганізми на МПА, млн шт. /г	Коефіцієнт мінералізації КАА:МПА
1	Контроль (без добрив)	1,10	1,00	1,1
2	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	1,60	1,07	1,5
3	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + БС	1,60	1,09	1,5
4	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + БС + гній	1,23	1,37	0,9
5	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + БС + ГД	1,24	1,38	0,9
6	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + БС + МД	1,01	1,33	0,8
7	N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> + ХД	1,42	1,27	1,3

Внесення органо-мінеральних добрив активувало розвиток мікроорганізмів, що використовують органічні форми азоту, їхня кількість зросла до контролю на 33–38%. Це можна пояснити збільшенням концентрації поживних елементів у ґрунтового середовищі за надходження в агрокосистему органічного субстрату і мінеральних добрив, що спостерігали також у дослідженнях І. М. Малиновської [1].

У вказаних варіантах (4–6) склалися найсприятливіші умови для формування збалансованого складу мікробного угруповання, що забезпечило коефіцієнт мінералізації 0,8–0,9.

**Висновки.** Оптимальний режим функціонування ензимного комплексу й особливо зростання гідролізу клітковини (целюлозолітична активність) та білкових і органічних сполук (протеолітична активність), окиснення органічних субстратів (дегідрогеназна активність) та зростання нітрифікаційної здатності сприяють формуванню оптимального рівня біологічної активності сірого лісового ґрунту саме за органо-мінеральних систем удобрення.

За внесення екологічно безпечних систем удобрення відбуваються зміни в кількісній характеристиці мікроорганізмів, що ростуть на КАА і МПА. За мінеральної системи (N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>) їхня кількість зростала в 1,3 раза, відповідно збільшився коефіцієнт мінералізації – іммобілізації. Внесення органо-мінеральних добрив активувало розвиток мікроорганізмів на МПА, зменшуючи відповідно рівень мінералізаційних процесів.

У подальшому дослідженні слід зосередити увагу на вивченні стану та функціональних зв'яз-

ках ґрунтової мікробіоти за різних агрозаходів, зокрема з позиції мінералізаційних процесів, що супроводжується збільшенням виділення з ґрунту діоксиду вуглецю, закису азоту та ін.

#### Бібліографічний список

1. Малиновська І. М. Особливості мікробних комплексів сірого лісового ґрунту перелогів та агроценозів. *Збірник наукових праць Інституту землеробства*. 2007. Вип. 2. С. 29–34.
2. Никитюк Ю. А. Агроекологічна оцінка систем удобрення картоплі в Поліссі. *Землеробство*. 2007. Вип. 79. С. 21–28.
3. Петриченко В. Ф. Сучасні системи землеробства в Україні. Вінниця, 2006. 212 с.
4. Трембіцька О. І. Біологічна активність ґрунту в залежності від систем в короткоротаційній сівозміні. *Вісник Житомирського національного агро-екологічного університету*. 2011. № 1. С. 441–449.
5. Цигічко Г. О., Моклюк О. І. Зміни біохімічної активності ґрунту, що відбуваються під впливом органічної та традиційної систем землеробства в чорноземі опідзоленому Лісостепу України. *Науковий вісник Чернівецького університету: біологія*. 2010. Вип. 4. С. 583–587.
6. Цигічко Г. О. Структурно-функціональні особливості мікробних ценозів чорнозему опідзоленого Лісостепу України за умов ведення органічного землеробства. *Зб. тез. до VIII наук. конф. молодих вчених*, 25–27 вересня 2012 р. Чернівці, 2012. С. 26–28.
7. Шестерук Т. З., Шерстобоева О. В., Дем'янюк О. С. Оцінка стану ґрунтів за показниками їх біологічної активності при застосуванні різних технологій. *Агроекологічний журнал*. 2002. № 3. С. 32.
8. Certini G. Carbon dioxide efflux and concentrations in two soils under temperate forests. *Biol. and Fert Soils*. 2003. Vol. 37, № 1. P. 34–46.

Стаття надійшла 08.05.2019.