

**УДК 631.468:631.81**

**Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент, Сондак В. В., д.б.н., професор,**  
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## **ОБҐРУНТУВАННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БІОМОНІТОРИНГУ СТАБІЛЬНОСТІ АГРОЕКОСИСТЕМИ**

**Обґрунтовано мікробіологічний показник стабільності агроєкосистеми на основі аналізу кореляційних зв'язків між врожайністю, гідротермічними умовами та показниками мікробіологічних умов протікання процесів перетворення азоту в ґрунті**

**Ключові слова:** стабілізація агроєкосистеми, мікробіологічна активність, чорнозем опідзолений.

**Вступ.** Стабілізація агроєкосистем в умовах окультурення ґрунтів чи відтворення їхньої родючості дозволяє отримувати стабільно високі врожаї сільськогосподарської продукції, яка відповідає вимогам екологічної безпеки. Задля забезпечення стабілізації агроєкосистем на сучасному ринку є досить великий асортимент різноманітних засобів впливу на агроєкосистему, серед яких провідне місце слід виділити добривам. Саме добрива покликані відновити порушений біогеохімічний колообіг речовини та енергії в результаті вилучення товарної частини продукції із агроєкосистеми. Зважаючи на велике різноманіття добрив на ринку та їх високу вартість, перед виробниками сільськогосподарської продукції актуальною залишається проблема оптимізації систем удобрення сільськогосподарських культур як за агроєкологічними показниками, так і за фінансово-економічними. Одночасно виробники добрив не завжди добре володіють інформацією про ефективні засоби діагностики нових видів добрив та систем удобрення на їх основі. При цьому прихильники систем органічного землеробства наголошують, що удобрювати потрібно не рослину, а ґрунт, тобто ґрунтові мікроорганізми, життєдіяльність яких забезпечить сільськогосподарські культури всіма необхідними елементами живлення у доступних формах. Тому стан мікробіологічного комплексу ґрунту є одним із основних індикаторів родючості ґрунту.

Мікробіологічні дослідження у повному обсязі є досить трудомікими і вартісними, тому доцільно виділити серед досліджуваних мікробіологічних показників ті показники, які могли б виконувати функції індикаторів родючості ґрунту та рівня стабільності агроєкосистеми, що і підтверджує актуальність досліджуваної у статті проблеми.

**Аналіз літературних джерел** показав, що проблемою оцінки стану

агроекосистеми за допомогою мікробіологічних показників займають такі вчені, як Шерстобоева О.В., Дем'янюк О.С., Шустерук Т.З. [1], Чабанюк Я. В., Бунас А. А. та ін. [2, 3]. Вченими було здійснено чималий внесок у вирішення даної проблеми та встановлено, що у якості діагностичних показників стану агроекосистем можна рекомендувати вміст загальної біомаси мікроорганізмів, респіраторну, протеазну та поліфенолоксидазну активність ґрунту, коефіцієнт гумусонагромадження [1]. Тому наші дослідження є продовженням розкриття даної проблеми. Слід також зауважити, що варто було б зупинитися на одному-двох діагностичних показниках стабілізації агроекосистеми, які можна було б рекомендувати до широкого застосування на практиці.

**Методика досліджень.** Основним засобом досліджень, використаним для виявлення показників стабілізації агроекосистеми, був аналіз тісноти кореляційних зв'язків між уже відомими результатами польових та лабораторних експериментальних досліджень. Результати експериментальних досліджень було отримано у польовому виробничому досліді ПП «Агро-Експрес-Сервіс», який розміщено в с. Новоукраїнка Млинівського району Рівненської області.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений легкосуглинковий.

Дослідження мікробіологічного стану чорнозему опідзоленого легкосуглинкового проводили на полях під посівами пшениці озимої сорту Дромос упродовж фази цвітіння пшениці протягом періодів вегетації 2011–2013 рр.

Пшениця озима вирощувалася у 5-пільній зерно-просапній сівозміні із наступним чергуванням сільськогосподарських культур: буряк цукровий-ріпак озимий-пшениця озима – кукурудза на зерно – соя. Середній рівень насичення ріллі добривами (на варіантах удобрення) складав:  $N_{45}P_{50}K_{45}$ , гній – 8 т/га. Органічні добрива (гній підстилковий ВРХ напівперепрілий) вносилися під буряк цукровий у нормі 40 т/га. Схему досліді представлено в табл. 1.

Агротехніка вирощування пшениці озимої загальноприйнята для зони Лісостепу. Розміщення варіантів у досліді систематичне, послідовне. Дослідження мікробіологічних показників ґрунту проводились у фазу цвітіння пшениці.

Показник мінералізації-імобілізації азоту розраховували за співвідношенням кількості мікроорганізмів, що споживають азот мінеральних сполук, до кількості мікроорганізмів, що споживають азот органічних сполук.

Показник оліготрофності вираховували за співвідношенням оліготрофів до сумарної кількості мікроорганізмів, що споживають азот органічних та азот мінеральних сполук.

Показник мікробіологічної трансформації органічної речовини ґру-

нту розраховували за співвідношенням сумарної кількості мікроорганізмів, що споживають азот мінеральних та органічних сполук до показника мінералізації азоту.

Величину утворення поживно-кореневих решток розраховували за рівняннями регресії Г.Я. Чесняка, виходячи із урожайності основної продукції (зерна пшениці озимої).

Значення гідротермічного коефіцієнта (ГТК) розраховували за формулою Г.Т. Селянинова для періоду вегетації пшениці озимої.

**Постановка завдання.** *Метою досліджень* є обґрунтування найбільш достовірного мікробіологічного діагностичного показника стабілізації агроєкосистеми.

*Об'єктом досліджень* є залежності між показниками продуктивності агроєкосистеми та мікробіологічного стану чорнозему опідзоленого під посівами пшениці озимої.

*Предметом досліджень* є тіснота кореляційних зв'язків між досліджуваними показниками врожайності пшениці озимої, гідротермічним коефіцієнтом (за період вегетації пшениці озимої) та показниками мікробіологічного стану ґрунту.

Таблиця 1

Схема польового досліді із вивчення мікробіологічного стану чорнозему опідзоленого під посівами пшениці озимої за різних варіантів удобрення

№ з/п	Варіант досліді	Норма добрив під пшеницю озиму	
		мінеральних, кг/га	органічних, т/га
1.	Контроль	0	0
2.	НРК	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0
3.	Гній	0	0
4.	Гній+НРК	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0
Насичення ріллі добривами за ротацію сівозмінні		N <sub>45</sub> P <sub>50</sub> K <sub>45</sub>	8 т/га гною ВРХ підстилкового напів-перепрілого

**Результати досліджень.** Стабільні агроєкосистеми здатні тривалий час підтримувати сталий рівень врожайності за рахунок усталення властивостей ґрунту. Тому створення саме таких агроєкосистем є основою сталого розвитку сільського господарства.

Виявлення мікробіологічних індикаторів стабілізації агроєкосистеми є важливою умовою обґрунтування показників мікробіологічного моніторингу ґрунтового покриву агроєкосистем. Прихильники систем органічного землеробства у всьому світі дійшли висновку, що для отримання стабільно високих врожаїв підживлювати потрібно не ґрунт, а ґрунтові

мікроорганізми. Тому принцип виявлення мікробіологічних індикаторів стабілізації агроєкосистеми, якого ми дотримувалися, ґрунтувався на визначенні тих показників мікробіологічного стану ґрунту, які найбільш тісно корелювали б із урожайністю. Набір індикаторних показників потрібен для того, щоб серед великого різноманіття систем удобрення (із використанням різних видів і форм добрив, різного співвідношення надходження макро- та мікроелементів живлення) вже на стадії вегетаційних досліджень встановити найбільш оптимальну систему удобрення та надати саме їй перевагу у впровадженні до виробничого процесу.

При цьому оптимальна система удобрення повинна стабілізувати мікробіологічні процеси в ґрунті таким чином, щоб інші фактори (передусім коливання гідротермічних умов) у найменшій мірі впливали на врожайність сільськогосподарських культур.

Отже, при виборі індикаторів стабілізації агроєкосистеми необхідно було:

1) оцінити кореляційні зв'язки між показниками врожайності та досліджуваними мікробіологічними показниками, найвища тіснота яких вказує на індикатор стабілізації агроєкосистеми;

2) оцінити кореляційні зв'язки між показниками врожайності та гідротермічним коефіцієнтом, висока тіснота яких вказує на істотну залежність урожайності від гідротермічних умов, тому такі системи удобрення не можна вважати оптимальними;

3) методом поступового виключення кожного із варіантів дослідіу із кореляційного аналізу на основі найменшої тісноти кореляційного зв'язку між урожайністю та ГТК підтвердити вибір найкращої системи удобрення та показника стабілізації агроєкосистеми.

Отже, беручи до уваги усі досліджувані показники та їх неоднорідність впродовж кожного із досліджуваних періодів вегетації (2011, 2012, 2013 рр.), було проведено аналіз кореляційних зв'язків між ними, результати якого представлено у вигляді кореляційної матриці (табл. 2).

Таким чином, аналіз кореляційних зв'язків між урожайністю пшениці озимої та показниками мікробіологічного стану ґрунту (табл. 2) показує, що найвищий ступінь прямого кореляційного зв'язку існує між урожайністю та активністю каталази (коефіцієнт кореляції  $r=0,89$ ). Отже, можна попередньо стверджувати, що саме активність каталази є індикатором стабілізації агроєкосистеми.

Як показують дані табл. 2, коефіцієнт кореляції між урожайністю та ГТК із врахуванням даних урожайності та ГТК по досліджуваних періодах вегетації на усіх варіантах дослідіу свідчить про слабкий ступінь взаємозв'язку між досліджуваними показниками ( $r=0,49$ ).

Слід мати на увазі, що одночасний вплив різнобічних коливань таких факторів як система застосування добрив та гідротермічні умови міг суттєво

во згладити значення коефіцієнта кореляції. Тому було проведено наступний етап кореляційних аналізів методом поступового виключення кожного із варіантів дослідів із кореляційного аналізу (табл. 3).

Результати табл.3 показують, що, не зважаючи на виключення окремих варіантів дослідів, тіснота прямого кореляційного зв'язку між урожайністю та активністю каталази є найвищою серед усіх мікробіологічних показників ( $r=0,84-0,91$ ). Отже, саме активність каталази слід вважати індикаторним показником стабілізації агроєкосистеми.

Тіснота кореляційних зв'язків між урожайністю та ГТК, отриманих методом поступового виключення окремих варіантів дослідів показує, що найвищі коефіцієнти кореляції відмічено при виключенні із кореляційного аналізу контролю ( $r=0,69$ ) та органо-мінеральної системи удобрення ( $r=0,69$ ), тоді як найнижчу тісноту кореляційного зв'язку відмічено при виключенні варіанту мінеральної системи удобрення ( $r=0,69$ ). Це свідчить про те, що на контролі та на варіанті застосування органо-мінеральної системи удобрення існує найнижча тіснота кореляційного зв'язку між урожайністю та ГТК. Отже, саме на цих варіантах і забезпечується найвищий ступінь стабільності агроєкосистеми.

Таблиця 3

Зведені результати кореляційних аналізів методом поступового виключення варіантів дослідів

№ з/п	Перелік варіантів кореляційного аналізу	Варіант, який виключили із кореляційного аналізу	Коефіцієнт кореляції, $r$	
			$Y=f(ГТК)$	$Y=f(АК)$
1	1, 2, 3, 4	-	0,49	0,89
2	2, 3, 4	1-контроль	0,69	0,84
3	1, 3, 4	2-NPK	0,37	0,88
4	1, 2, 4	3- гній	0,42	0,91
5	1, 2, 3	4 - гній+NPK	0,69	0,84

Беручи до уваги протікання процесів окультурення ґрунту на варіанті органо-мінеральної системи удобрення та протікання процесів деградації ґрунту на контролі, що підтверджуються показниками урожайності зерна пшениці озимої та показниками оїлгтрофності ґрунту, слід зробити остаточний висновок про органо-мінеральну систему удобрення як таку, що забезпечує найвищий рівень стабільності агроєкосистеми, яка має ознаки процесів окультурення ґрунту.

**Висновок:** серед усіх досліджуваних мікробіологічних показників тіснота кореляційних зв'язків між активністю каталази ґрунту та урожайністю

Таблиця 2

Кореляційна матриця досліджуваних показників за періоди вегетації 2011, 2012, 2013 рр.

Показник (скорочено)	ГТК	Урожайність, ц/га	Утворення ПКР, ц/га	АК, мг O <sub>2</sub> /г/хв	МО-N-орган.	МО – N-мінер	МО-оліготрофи	Мн	Ол	Тр
ГТК	1									
Урожайність, ц/га	0,486	1								
ПКР, ц/га	0,486	1	1							
АК, мг O <sub>2</sub> /г/хв	0,266	0,885	0,885	1						
N-орган.	-0,015	0,449	0,449	0,656	1					
N-мінер	0,0056	0,729	0,729	0,820	0,516	1				
МО-оліготрофи	0,158	-0,678	-0,678	-0,872	-0,764	-0,898	1			
Мн	0,017	0,0057	0,0057	-0,141	-0,733	0,193	0,183	1		
Ол	0,190	-0,610	-0,610	-0,816	-0,780	-0,910	0,987	0,177	1	
Тр	-0,028	0,284	0,284	0,493	0,971	0,302	-0,600	0,864	-0,62	1

Примітки: ГТК – гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянинова

АК – Активність каталази, мг O<sub>2</sub>/г/хв

МО-N-орган. – Чисельність МО, що споживають N-орган. спол., млн КОУ/г

МО – N-мінер – Чисельність МО, що споживають N-мін. спол., млн КОУ/г

МО-оліготрофи – Чисельність МО-оліготрофів, млн КОУ/г

Мн – Показник мінералізації азоту; Ол – Показник оліготрофності

Тр – Показник трансформації органічної речовини

зерна пшениці озимої є найвищою ( $r=0,84-0,91$ ), тому саме активність каталази можна застосовувати у якості індикаторного показника стабілізації агроєкосистеми.

1. Шерстобоева О. В. Оцінка впливу агротехнологій на стан ґрунтів агроєкосистем за біодіагностичними показниками : Методичні рекомендації / Шерстобоева О. В., Дем'янюк О. С., Шустерук Т. З. ; за ред. акад. О. І. Фурдичка. – К. : Логос. – 2007. – 25 с. 2. Чабанюк Я. В. Мікробіологічні основи екологічної оцінки агротехнологій. Тези доповідей / Чабанюк Я. В., Бунас А. А. // IX наукова конференція молодих вчених «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві». – Чернігів, 2013. 3. Оцінка впливу агротехнологій на стан ґрунтів агроєкосистем за біодіагностичними показниками. Методичні рекомендації. – Київ, 2007. – 25 с.

Рецензент: д.с.-т.н., професор Клименко М. О. (НУВГП)

---

**Kolesnyk T. M., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Sondak V. V., Doctor of Biological Sciences, Professor**  
(National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

#### **JUSTIFICATION OF MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF AGROECOSYSTEMS STABILITY BIOMONITORING**

**The microbiological index of agroecosystems stability was justified according to correlation analysis between yield, hydrothermal conditions and indicators of microbiological conditions of the nitrogen transformation processes in the soil.**

**Keywords:** stabilization of agricultural, microbial activity, chernozem soil.

---

**Колесник Т. Н., к.с.-г.н., доцент, Сондак В. В., д.б.н., професор**  
(Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

#### **ОБОСНОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОМОНИТОРИНГА СТАБИЛЬНОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМЫ**

**Обоснован микробиологический показатель стабильности агро-экосистемы на основе анализа корреляционных связей между урожайностью, гидротермическими условиями и показателями микробиологических условий протекания процессов превращения азота в почве.**

**Ключевые слова:** стабилизация агроэкосистемы, микробиологическая активность, чернозем оподзоленный.

---