

---

# SOIL BIOLOGY

---



I. M. Malynovska ✉

Dr. Sci. (Agri.), Sen. Res. Sci.

S. A. Gavrilo

Cand. Sci. (Agri.), Sen. Res. Sci.

UDK 631.46.631.445.41:  
631.84

---

*NRC "Institute of Agriculture of the NAAS",  
Mashinobudivnykiv str., 2B, 08162, Chabany,  
Kyiv region, Ukraine*

---

## EFFECT OF TILLAGE METHODS ON DIRECTIONALITY AND INTENSITY OF MICROBIOLOGICAL PROCESSES IN GRAY FOREST SOIL

**Abstract.** The direction and intensity of microbiological processes in the gray forest soil with different ways of its primary tillage has been investigated. It has been established that the method and depth of primary tillage affects the abundance and physiological and biochemical activity of microorganisms of most studied ecological, trophic and functional groups. Soil after plowing characterized with the lowest number of microorganisms, and soil after surface cultivation – with the largest. The total number of microorganisms in the control variant with surface cultivation exceeds the number of bacteria in the control variant with plowing at 2,10 times, with bringing of by-products – at 2,03, with fertilization – at 1,31 times.

Method of soil tillage affects the number of *Azotobacter*: fertilization with plowing and disking leads to a significant increase the number of microorganisms and the change of the dominant species of *Azotobacter vinelandii* on *A. chroococcum*. Fertilization with using of surface cultivation leads to decrease the number of *Azotobacter* population at 3,3 times, while change in the dominant species does not occur. Adding by-products leads to an increase the number of *Azotobacter*, because the C/N ratio in the soil is increasing.

Adding crop by-products which contain large amounts of polysaccharide molecules with the ability to accumulate a variety of pollutants promotes a decrease pressures on agroecosystem, resulting in a decrease the proportion melanin-synthesizing micromicetes in the total number of microscopic fungi. Adding crop by-products together with mineral fertilizer by-products which are composed of undesirable impurities again leads to an increase the proportion of melanin-synthesizing micromicetes.

Tillage affects the activity of organic matter development: this process is more active with the use of plowing than process with the use of disking and surface cultivation. Adding by-products can significantly reduce the activity of organic matter expenditure: with plowing – by 146,6 %, with disking – 16,9, with surface cultivation – by 28,8 %. The combined use of by-products with chemical fertilizers can reduce this figure even greater extent due to better plant growth in these experimental variants and the allocation of root exudates that affect the course mineralization processes in soil. Tillage variants differ in their effects on mineralization activity of humic substances. Ploughing leads to the activation of this process: humus mineralization activity in the control variant is higher than in variants with disking and surface cultivation by 11,9 and 49,6 %, respectively. Maximum deceleration of humus mineralization is achieved with soil surface tillage.

The toxicity of the soil is the smallest with the use of plowing, especially in the form of plant mineral nutrition optimization and adding of by-product precursor. A possible reason for this may be the oxidation of toxic substances with oxygen that has more access in comparison with the soil surface disking and cultivation.

**Keywords:** *soil tillage, ammonifiers, Azotobacter, polysaccharide-synthesizing microorganisms, melanin-synthesizing microorganisms, organic matter development, humus mineralization, phytotoxicity.*

---

✉ Tel.: +38067-929-60-47. E-mail: irina.malinovskaya1960@mail.ru

DOI: 10.15421/041405

УДК 631.46.631.445.41:  
631.84

**И. М. Малиновская**  
**С. А. Гаврилов**

д-р с.-х. наук, стар. науч. сотр.  
канд. с.-х. наук, стар. науч. сотр.

*Национальный научный центр «Институт земледелия НААН»,  
ул. Машиностроителей, 2Б, пгт Чабаны, 08162, Киевская обл., Украина,  
тел.: +38067-929-60-47, e-mail: irina.malinovskaya1960@mail.ru*

### **ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ И НАПРАВЛЕННОСТЬ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ**

Исследовали направленность и интенсивность микробиологических процессов в серой лесной почве при использовании вспахивания (12–14 см), дискования (10–12 см) и поверхностной обработки (5–7 см) в вариантах: без удобрений, с запахиванием побочной продукции предшественника в севообороте (соя), то же + N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Установлено, что способ и глубина обработки почвы влияет на численность и физиолого-биохимическую активность микроорганизмов большинства изученных эколого-трофических и функциональных групп. Минимальной численностью микроорганизмов характеризуются варианты опыта с использованием вспахивания, максимальной – почва вариантов с поверхностной обработкой.

Способ обработки влияет на активность освоения органического вещества почвы: при вспахивании этот процесс происходит активнее, чем при обработке без оборота пласта. Вспахивание также приводит к активизации процессов минерализации гумуса на 11,9 и 49,6 % по сравнению с показателями вариантов дискования и поверхностной обработки. Максимальное замедление минерализации гумуса достигается при использовании поверхностной обработки почвы в варианте с запахиванием побочной продукции предшественника в севообороте.

***Ключевые слова:** способ обработки почвы, аммонификаторы, азотобактер, полисахаридсинтезирующие, меланинсинтезирующие микромицеты, освоение органического вещества, минерализация гумуса, фитотоксичность.*

УДК 631.46.631.445.41:  
631.84

**І. М. Малиновська**  
**С. О. Гаврилов**

д-р с.-г. наук, стар. наук. співр.  
канд. с.-г. наук, стар. наук. співр.

*Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН»,  
вул. Машинобудівників, 2Б, смт Чабани, 08162, Київська обл., Україна,  
тел.: +38067-929-60-47, e-mail: irina.malinovskaya1960@mail.ru*

### **ВПЛИВ СПОСОБУ ОБРОБІТКУ НА СПРЯМОВАНІСТЬ ТА НАПРУЖЕНІСТЬ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У СІРОМУ ЛІСОВОМУ ҐРУНТІ**

Досліджували спрямованість та інтенсивність микробиологічних процесів у сірому лісовому ґрунті за різних способів його основного обробітку у варіантах: без добрив (контроль); з зароблянням побічної продукції попередника; з зароблянням побічної продукції та мінеральних добрив у дозі N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Встановлено, що спосіб і глибина основного обробітку ґрунту впливає на чисельність і фізіолого-біохімічну активність мікроорганізмів більшості досліджених еколого-трофічних і функціональних груп. Найменшою чисельністю мікроорганізмів характеризується ґрунт після оранки, а найбільшою – після поверхневого обробітку.

Обробіток ґрунту впливає на активність освоєння органічної речовини: за оранки цей процес проходить активніше, ніж за обробітку без обертання скиби. Обробіток з обертанням скиби викликає активізацію мінералізації гумусу, інтенсивність якої вища, ніж за дискування і поверхневого обробітку на 11,9 і 49,6 % відповідно. Максимальне уповільнення мінералізації гумусу досягається за поверхневого обробітку ґрунту і заорювання побічної продукції попередника у сівозміні.

***Ключові слова:** обробіток ґрунту, амоніфікатори, азотобактер, полісахаридсинтезувальні, меланінсинтезувальні мікроміцети, освоєння органічної речовини, мінералізація гумусу, фитотоксичність*

## ВСТУП

Способи обробітку ґрунту, особливо за їх тривалого використання, мають істотний вплив на фізико-хімічні показники ґрунту, співвідношення між водною і повітряною фазами, визначаючи таким чином рівень їх біологічної активності. При цьому відбуваються структурні і функціональні зміни у складі мікробних угруповань: зміни домінуючих видів, зміна стратегій росту, шляхів мікробної трансформації гумусу, зокрема, активізація процесу дегуміфікації (Iutinskaya et al., 2010; Vlagodatsky et al., 2008). За тривалого використання безполицевого обробітку і глибокої оранки спостерігається зниження родючості чорноземного ґрунту, посилення мобілізаційних процесів, зменшення чисельності целюлозоруйнівних мікроорганізмів і азотобактера (Kozhlov et al., 2009). Кількість останнього зменшується в 2,1–2,3 рази за безполицевого обробітку і на 29–37 % за оранки на глибину до 30–32 см.

В ґрунті з високою щільністю сповільнюється газообмін з атмосферним повітрям, зростає вміст газів – продуктів активної діяльності анаеробних мікроорганізмів (діоксиду вуглецю, метану, етилену та ін.). За таких умов інтенсивність розкладання свіжих рослинних решток знижується, однак покращується їх гуміфікація (Iutinskaya et al., 2010). О. А. Берестецьким зроблено висновок, що за безполицевого обробітку в ґрунті зростає чисельність аеробної мікрофлори (мікроміцети, целюлозоруйнівні бактерії), внаслідок чого трансформація свіжої органічної маси відбувається з високою інтенсивністю і низьким коефіцієнтом гуміфікації (Berestetskij et al., 1984).

Поряд із системами обробітку ґрунту на мінералізаційні процеси в ґрунтах, збереження і відтворення загальної органічної речовини і гумусу суттєво впливає вид сільськогосподарської культури, яка вирощується (Iutinskaya et al., 2010). Тому нами розпочато дослідження впливу типу основного обробітку сірого лісового ґрунту на інтенсивність та спрямованість мікробіологічних процесів у кореневій зоні рослин ячменю на фоні різних систем удобрення.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проведені в стаціонарному досліді відділу обробітку ґрунту і боротьби з бур'янами на сірому лісовому ґрунті ДП «ДГ» Чабани» ННЦ «Інститут землеробства НААН», що розташований у північній частині Лісостепу України. Ґрунт – сірий лісовий крупнопилуватий легкосуглинковий. Вміст гумусу в шарі 0–30 см на момент проведення досліджень склав 1,30–1,35 %, реакція ґрунтового розчину – 5,6–6,2, вміст фосфору та калію – 10–12 мг/100 г ґрунту (за Кірсановим).

У досліді вивчали вплив беззмінного основного обробітку ґрунту, який відрізнявся способом та глибиною: оранку на 12–14 см, дискування на 10–12 см і поверхневий обробіток на 5–7 см. Обробітку вивчали на трьох фонах удобрення: без добрив (контроль); з зароблянням побічної продукції (Пп) попередника – сої; з зароблянням побічної продукції та мінеральних добрив у дозі  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Культура – ячмінь сорту Сонцедар.

Чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп оцінювали методом висіву ґрунтової суспензії на відповідні поживні середовища (Terper et al., 2004). Показники інтенсивності мінералізації сполук азоту, органічної речовини і гумусу, а також вірогідність формування бактеріальних колоній (ВФК) розраховували як вказано раніше (Malinowska, 2011). Фітотоксичні властивості ґрунту визначали з використанням рослинних біотестів (пшениця озима) за Н. А. Красильниковим (Metody izucheniia., 1966) Статистичну обробку результатів проводили з використанням сучасних програм Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В результаті проведених досліджень встановлено, що спосіб основного обробітку ґрунту суттєво впливає на чисельність мікроорганізмів у кореневій зоні рослин ячменю. Зокрема, за застосування оранки чисельність амоніфікаторів є нижчою, ніж за використання дискування і поверхневого обробітку (табл. 1). Вплив досліджених агроприймів: внесення побічної продукції рослинництва і мінеральних добрив більш відчутний за використання оранки і дискування. Так, внесення побічної продукції і мінеральних добрив у варіантах оранки призводить до збільшення чисельності амоніфікаторів на 53,5 і 77,5 %; відповідні показники у варіантах дискування складають 92,7 і 106,4 %. За використання поверхневого обробітку вплив агроприймів є не таким відчутним і збільшення чисельності амоніфікаторів за внесення побічної продукції складає лише 10,5 %, за сумісного внесення побічної продукції і мінеральних добрив – 11,9 %. Ця закономірність виявляється на прикладі мікроорганізмів інших досліджених груп і загальної чисельності мікроорганізмів. Найменшою чисельністю мікроорганізмів характеризується ґрунт у варіантах оранки, найбільшою – у варіантах поверхневого обробітку. Так, загальна чисельність досліджених мікроорганізмів у контрольному варіанті поверхневого обробітку перевищує чисельність мікроорганізмів у контрольному варіанті оранки у 2,10 рази, за внесення побічної продукції – 2,03, за внесення мінеральних добрив – у 1,31 рази.

Багаторічними дослідженнями було показано, що внесення азотних мінеральних добрив у сірий лісовий ґрунт призводить до зменшення чисельності азотобактера, оскільки він стає менш конкурентноздатним в умовах забезпеченості ґрунту азотом (Malinovska, 2011; Malinovska and Dombrovska, 2011). Наведені результати свідчать про те, що характер впливу мінеральних добрив на чисельність азотобактера залежить від способу обробітку ґрунту: за оранки і дискування внесення мінеральних добрив сприяє суттєвому збільшенню чисельності зазначеного мікроорганізму, при цьому змінюється домінуючий вид азотобактера з *Azotobacter vinelandii* на *A. chroococcum*. За використання поверхневого обробітку чисельність азотобактера в результаті внесення мінеральних добрив зменшується у 3,3 рази, при цьому домінуючий вид залишається тим самим, як і у варіанті без внесення добрив – *A. vinelandii*. Важливо підкреслити, що внесення побічної продукції призводить до збільшення чисельності азотобактера, оскільки у ґрунті підвищується співвідношення C/N. Особливо яскраво ця закономірність проявляється за використання поверхневого обробітку і дискування, при цьому також змінюється домінуючий вид азотобактера з *A. vinelandii* на *A. chroococcum*. Отже, вплив агроприймів на чисельність азотобактера має складний характер, який залежить від вмісту доступного азоту, співвідношення C/N в ґрунті, виду сільськогосподарської культури, яка вирощується (Malinovska and Litvinov, 2011; Malinovska, 2011), і способу обробітку ґрунту, який впливає, можливо, через формування повітряного режиму ґрунту, оскільки азотобактер є аеробним мікроорганізмом.

Спосіб обробітку ґрунту впливає на чисельність мікроорганізмів такої важливої діагностичної групи як полісахаридсинтезувальні бактерії. Позаклітинні полісахариди ґрунтових мікроорганізмів забезпечують продуцентам переваги за виживання у природних умовах: допомагають витримувати тривалу посуху, прискорюють дифузію низькомолекулярних поживних речовин у безпосередній близькості від клітин, приймають участь в адгезії клітин до гідрофобних субстратів і ґрунтових часточок, захищають клітини від дії біоцидів і детергентів, інтенсифікують розчинення мінеральних елементів з важкодоступних форм, покращуючи тим самим мінеральне живлення рослин та ін. (Malinovska, 2007). Все це дозволяє розглядати підвищену кількість полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів як пристосування мікробного угруповання до оточуючого середовища, що забезпечує йому селективні переваги в умовах стресу. Мікробні угруповання варіантів із використанням

Таблиця 1

Чисельність мікроорганізмів у сірому лісовому ґрунті за використання різних способів обробітку ґрунту, млн КУО\*/г абсолютно сухоґо ґрунту, середні дані за вегетаційний період 2012 р.

Варіант	Чисельність мікроорганізмів у сірому лісовому ґрунті за використання різних способів обробітку ґрунту, млн КУО*/г абсолютно сухоґо ґрунту, середні дані за вегетаційний період 2012 р.																
	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Оліготрофи	Азотобактер, % обростання ґрунчочок ґрунту	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Петрофи	Целлозоруйніві бактерії	Полісахарид-синтезувальні	Автохтонні	Стрептоміцети	Мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	K <sub>1</sub>	Кислотоутворювальні	Метанінутворювальні	Загальна чисельність
Без добрив (контроль)	159,0	27,5	30,6	23,3	21,1	0,156	35,8	65,6	3,87	12,1	7,75	0,092	13,0	0,859	3,88	0,039	479,3
	244,1	32,1	27,2	26,7	47,5	0,127	54,3	61,2	3,87	15,3	9,15	0,194	19,4	1,813	4,58	0,046	550,6
	282,2	78,5	32,8	36,0	146,6	0,126	59,3	50,3	4,89	14,8	23,0	0,181	9,42	0,451	8,03	0,080	775,7
Побічна продукція	301,0	53,4	33,7	20,7	118,3	0,133	66,6	73,1	6,45	20,1	13,6	0,126	15,8	0,723	7,17	0,072	754,0
	580,1	99,1	82,3	36,7	116,1	0,127	109,8	133,6	10,2	26,8	27,4	0,116	20,0	0,464	4,22	0,042	1286,0
	621,2	72,7	36,4	98,0	148,3	0,114	70,5	93,2	7,77	17,9	13,8	0,067	21,9	0,882	2,82	0,028	1201,7
Побічна продукція	402,3	70,7	50,0	39,3	152,3	0,163	84,2	76,5	7,62	19,0	15,8	0,134	21,8	0,462	7,98	0,080	1006,3
	444,5	92,9	68,6	62,7	146,3	0,108	106,7	64,8	9,06	21,9	23,3	0,181	23,7	0,468	3,83	0,038	1118,9
	450,0	92,3	52,9	12,0	114,1	0,124	84,8	72,6	10,5	20,1	24,5	0,204	21,8	1,10	3,80	0,052	1015,0
НР <sub>05</sub>	9,44	4,03	2,00	3,15	5,40	0,005	4,23	4,08	0,07	1,88	1,74	0,01	1,80		0,61	0,008	

Примітка: КУО\* – колонієутворювальна одиниця.

дискування і, особливо, поверхневого обробітку характеризуються більшою чисельністю полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів, тому можна вважати їх більш стабільними і пристосованими до навколишнього середовища, ніж мікробні угруповання варіантів ґрунту за використання оранки.

Однією із захисних реакцій мікроорганізмів на антропогенне забруднення є здатність до утворення меланоїдних пігментів (Zhdanova and Vasilevskaia, 1988). Результати проведених нами досліджень підтверджують цей висновок: внесення побічної продукції рослинництва знижує долю мікроміцетів, які синтезують меланіни у варіанті оранки на 87,7 %, у варіанті дискування – на 56,3 % і за поверхневого обробітку – на 180,7 % (табл. 1). Отже, внесення побічної речовини, яка містить велику кількість полісахаридних молекул із акумулювальною здатністю щодо різноманітних політантів, сприяє зменшенню антропогенного тиску, що виражається у зменшенні частки меланінсинтезувальних мікроміцетів. Внесення сумісно із побічною продукцією мінеральних добрив, які мають у своєму складі небажані домішки, зокрема, важкі метали, знов призводить до збільшення частки меланінсинтезувальних мікроміцетів у загальній кількості мікроскопічних грибів.

Дослідження фізіолого-біохімічної активності мікроорганізмів безпосередньо у ґрунті показало, що обробіток ґрунту суттєво впливає на цей показник (табл. 2). Так, іммобілізатори мінерального азоту, педотрофи і мобілізатори мінеральних фосфатів більш активні за використання оранки, олігонітрофіли і автохтонні мікроорганізми – за використання дискування, нітрифікатори, мікроміцети і целюлозоруйнівні мікроорганізми – за використання поверхневого обробітку і дискування.

Обробіток ґрунту впливає на активність освоєння органічної речовини: за використання оранки цей процес проходить активніше, ніж за використання дискування і поверхневого обробітку (табл. 3). Внесення побічної продукції дозволяє суттєво знизити активність витрачання органічної речовини: за оранки – на 146,6 %, за дискування – 16,9, за поверхневого обробітку – на 28,8 %. Сумісне внесення побічної продукції із мінеральними добривами дозволяє знизити цей показник ще у більшому ступені завдяки кращому росту рослин на цих варіантах досліді і виділення кореневих ексудатів, які впливають на перебіг мінералізаційних процесів у ґрунті.

Варіанти обробітку ґрунту розрізняються за своїм впливом на активність мінералізації гумусових сполук. Оранка сприяє інтенсифікації цього процесу: активність мінералізації гумусу в контролі перевищує показники варіантів дискування і поверхневого обробітку на 11,9 і 49,6 % відповідно; за внесення побічної продукції відповідні показники складають 15,6 і 37,1 %, за оптимізації мінерального живлення рослин – 0 і 5,49 % (табл. 3). Таким чином, найбільшою мірою уповільнення мінералізаційних процесів гумусових сполук можна досягти за використанні поверхневого обробітку. Отримані нами дані співпадають із закономірностями, встановленими Міхновською із співав. (Mikhnovskaya and Mironova, 1983): за двохрічного використання безполицевого обробітку чорнозему вміст автохтонної мікрофлори істотно зменшується, що призводить до збільшення вмісту гумусу на 0,2–0,3 %. Однак, за тривалого (10–18 років) використання безполицевого обробітку розвиток автохтонної мікрофлори знов активізується, мінералізаційна активність мікрофлори зростає до рівня варіантів із застосуванням оранки і подальшого зростання вмісту гумусу не відбувається (Mikhnovskaya and Mironova, 1983). Ці дані свідчать на користь чергування оранки з безплужним обробітком.

Внесення побічної продукції, і, особливо, одночасно з оптимізуванням мінерального живлення рослин, також сприяє уповільненню розкладання гумусових сполук: за оранки на 20,3 і 35,2 %, за дискування – на 23,8 і 18,9 %, за поверхневого обробітку – на 10,2 і -0,95 %. Причиною цих явищ може бути те, що побічна продукція слугує доступним джерелом вуглецю для автохтонних і гетеротрофних мікроорганізмів, що дозволяє знизити активність мінералізації гумусу. Оптимізація мінерального живлення сприяє більш активному росту рослин і, відповідно,

Таблиця 2

**Вірогідність формування колоній мікроорганізмів ( $\lambda$ , год<sup>-1</sup> · 10<sup>-3</sup>) у сірому лісовому ґрунті за використання різних способів обробітку ґрунту, середні дані за вегетаційний період 2012р.**

№	Варіант		Амоні-фікатори	Імобілі-затори мі-нерального азоту	Олігоніт-рофіли	Денітри-фікатори	Нітрифі-катори	Педо-трофи	Автох-тонні	Целюлозо-руйнівні	Мікро-міцети	Мобіліза-тори мінераль-них фосфатів
	Без добрив (контроль)	Побічна продукція										
1	Без добрив (контроль)	Оранка на 12-14 см	1,18	0,832	5,00	0,328	0,590	1,20	0,487	0,665	3,58	7,24
2	Побічна продукція		5,44	0,985	2,50	0,408	0,898	0,494	0,479	0,402	2,97	2,78
3	П/п + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>		0,158	0,299	1,94	0,439	0,654	1,05	1,03	0,973	5,20	3,05
4	Без добрив (контроль)	Дискування на 10-12см	1,57	0,212	6,84	0,076	0,783	0,663	0,784	0,569	5,19	2,19
5	Побічна продукція		1,32	0,412	3,71	0,611	1,07	1,23	0,751	1,51	4,99	2,69
6	П/п + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>		0,924	0,363	8,43	1,47	0,801	0,602	0,728	2,31	4,83	2,34
7	Без добрив (контроль)	Поверхневий обробіток на 5-7 см	0,886	0,278	4,48	0,258	0,800	0,760	0,680	0,685	5,04	5,81
8	Побічна продукція		3,91	0,321	2,39	0,506	1,09	0,790	0,684	2,38	5,20	2,84
9	П/п + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>		0,918	0,155	7,34	0,189	1,11	0,668	0,640	1,08	6,03	1,72

Таблиця 3

## Показники інтенсивності мінералізаційних процесів і фітотоксичні властивості сірого лісового ґрунту за використання різних способів обробітку ґрунту, середні дані за вегетаційний період 2012р.

№	Варіант	Індекс педотрофності	Коефіцієнт опідзоленості	Коефіцієнт мінералізації азоту	Активність мінералізації гумусу, %	Маса 100 рослин тест-культури – озимої пшениці, г		
						стебло	коріння	загальна маса
1	Без добрив (контроль)	0,550	0,192	0,173	33,8	5,78	4,68	10,5
	Побічна продукція							
	П/п + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>							
2	Без добрив (контроль)	0,223	0,111	0,320	28,1	6,70	5,18	11,9
	Побічна продукція							
	П/п + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>							
3	Без добрив (контроль)	0,210	0,116	0,278	25,0	7,49	5,96	13,5
	Побічна продукція							
	П/п + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>							
4	Без добрив (контроль)	0,221	0,112	0,177	30,2	5,34	3,98	9,32
	Побічна продукція							
	П/п + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>							
5	Без добрив (контроль)	0,189	0,142	0,171	24,4	5,44	4,71	10,2
	Побічна продукція							
	П/п + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>							
6	Без добрив (контроль)	0,114	0,059	0,117	25,4	6,29	5,53	11,8
	Побічна продукція							
	П/п + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>							
7	Без добрив (контроль)	0,309	0,124	0,176	22,6	5,15	3,75	8,90
	Побічна продукція							
	П/п + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>							
8	Без добрив (контроль)	0,240	0,154	0,209	20,5	5,86	4,58	10,4
	Побічна продукція							
	П/п + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>							
9	Без добрив (контроль)	0,188	0,118	0,205	23,7	5,32	4,43	9,75
	Побічна продукція							
	П/п + N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>							
	НР <sub>05</sub>					0,15	0,08	



виділенню більшої кількості корневих ексудатів, які містять легкодоступні субстрати для розвитку мікроорганізмів.

Токсичність ґрунту виявилася найменшою за використання оранки, особливо у варіанті оптимізування мінерального живлення рослин і внесення побічної продукції попередника (табл. 3). Можливою причиною цього може бути окислення токсичних речовин киснем, який має більший доступ в ґрунт порівняно із дискуванням і поверхневим обробітком.

Для встановлення зв'язків між мікробіологічними показниками: чисельністю та фізіолого-біохімічною активністю мікроорганізмів досліджених груп, коефіцієнтами та індексами, які описують спрямованість та інтенсивність мінералізаційних процесів, фітотоксичністю та врожайністю ячменю проведений кореляційний аналіз. Встановлено, що ефективна родючість ґрунту в указаних агрохімічних умовах за використання оранки суттєво ( $r = 0,666-0,999$ ) позитивно корелює із чисельністю амоніфікаторів, іммобілізаторів мінерального азоту, олігонітрофілів, азотобактера, денітрифікаторів, полісахаридсинтезувальних і автохтонних мікроорганізмів, актиноміцетів, меланінсинтезувальних мікроміцетів, загальною чисельністю мікроорганізмів, фізіолого-біохімічною активністю денітрифікаторів, автохтонних, целюлозоруйнівних мікроорганізмів, мікроміцетів, коефіцієнтом мінералізації азоту і активністю мінералізації гумусу; обернено корелює із чисельністю нітрифікаторів, целюлозоруйнівних мікроорганізмів, педотрофів, мобілізаторів мінеральних фосфатів, питомою фосформобілізівною активністю, фізіолого-біохімічною активністю амоніфікаторів, олігонітрофілів, мобілізаторів мінеральних фосфатів, коефіцієнтами педотрофності і оліготрофності, рівнем фітотоксичності. Отримані дані більшою мірою співпадають із даними кореляційного аналізу, який був зроблений для такої культури як соя (Malinovska, 2012). Виявлені відмінності, зокрема, зв'язок між врожайністю і чисельністю азотобактера і полісахаридсинтезувальних бактерій має прямий, а не обернений характер.

За використання дискування врожайність ячменю суттєво ( $r = 0,666-0,999$ ) позитивно корелює із чисельністю амоніфікаторів, азотобактера, денітрифікаторів, полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів, мобілізаторів мінеральних фосфатів, загальною чисельністю мікроорганізмів, питомою фосформобілізівною активністю, фізіолого-біохімічною активністю іммобілізаторів мінерального азоту, денітрифікаторів і целюлозоруйнівних мікроорганізмів; обернено корелює із чисельністю нітрифікаторів, мікроміцетів, меланінсинтезувальних і кислотоутворювальних мікроорганізмів, фізіолого-біохімічною активністю амоніфікаторів, автохтонних мікроорганізмів і мікроміцетів, коефіцієнтами педотрофності, оліготрофності, мінералізації сполук азоту і гумусу, рівнем фітотоксичності.

За використання поверхневого обробітку ефективна родючість ґрунту суттєво ( $r = 0,666-0,999$ ) позитивно корелює із чисельністю полісахаридсинтезувальних, автохтонних і кислотоутворювальних мікроорганізмів, КУО міцеліальних форм (актино- і мікроміцетів), питомою фосформобілізівною активністю, фізіолого-біохімічною активністю олігонітрофілів, нітрифікаторів, мікроміцетів; від'ємно корелює із чисельністю азотобактера, денітрифікаторів, педотрофів, фізіолого-біохімічною активністю амоніфікаторів, іммобілізаторів мінерального азоту, денітрифікаторів, педотрофів, автохтонних мікроорганізмів і мобілізаторів мінеральних фосфатів, рівнем фітотоксичності.

Ефективність і напрямок мікробіологічних процесів у ґрунті залежать як від чисельності мікроорганізмів, так і від специфіки функціональних зв'язків між ними. На основі даних про динаміку розвитку мікроорганізмів в досліджених ґрунтах нами розраховані коефіцієнти кореляції між показниками чисельності мікроорганізмів різних еколого-трофічних груп і побудовані кореляційні матриці за методом П. Терентьєва (Terentev, 1959). Проведений аналіз свідчить, що високим рівнем стабільності мікробних угруповань відрізняються варіанти досліду із використанням поверхневого обробітку і дискування, варіанти досліду із використанням оранки є найменш стабільними. Так, мікробне угруповання варіанту оранки без добрив характеризується 63 значимими

зв'язками, дискування – 75, поверхневого обробітку – 83. Внесення побічної продукції і мінеральних добрив призводить до стабілізації мікробного угруповання тільки у варіанті із використанням оранки, кількість значимих кореляційних зв'язків зростає у цьому варіанті на 38,1 і 12,7 % відповідно, у варіантах із дискуванням і поверхневим обробітком кількість значимих зв'язків в результаті внесення побічної продукції майже не зростає, залишаючись на рівні контрольного варіанту.

Звертає на себе увагу факт переважання кількості прямих кореляційних залежностей над оберненими, це стосується як високо- ( $r = 0,666-0,999$ ), так і середньозначимих зв'язків ( $r = 0,333-0,665$ ). Поясненням цьому може бути, на наш погляд, вибір для дослідження певних еколого-трофічних і функціональних груп мікроорганізмів, які тісно пов'язані між собою у циклах перетворення азоту, вуглецю та ін.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Berestetskij, O. A., Voznyakovskaya, Y. M., Dorosinsky, L. M., 1984.** Biologicheskie osnovy plodorodiiia pochv [Biological basis of soil fertility]. Kolos, Moscow (in Russian).
- Blagodatsky, S. A., Bogomolov, I. N., Blagodatskaya, E. V., 2008.** Mikrobnaiia biomassa i kinetika rosta mikroorganizmov v chernozemakh pri razlichnom selskokhoziajstvennom ispolzovanii [Microbial biomass and growth kinetics of microorganisms in black earth under different agricultural use]. *Microbiology*. 77(1), 113–120 (in Russian).
- Iutinskaya, G. A., Ponomarenko, S. P., Andreyuk, E. I. et al., 2010.** Bioregulatsiia mikrobo-robnorastitelnykh system [Bioregulation of microbe-plant systems]. Nichlava, Kiev (in Russian).
- Korzhov, S. I., Maslov, V. A., Smith, E. S., 2009.** Izzmenenie mikrobiologicheskoy aktivnosti pochv pri raznykh sposobakh ee obrabotki [Change of soil microbial activity at different ways of tillage]. *AgroXXI*. <http://www.agroxxi.ru>. 1–3 (in Russian).
- Malinovska, I. M., 2012.** Spriamovanist mikrobiologichnykh protsesiv u temno-siromu opidzolenomu gruntu za riznykh tekhnologij vyroshchuvannia soi [The directionality of microbiological processes in dark gray podzolic soil under different technologies of soybean growing]. *Problems of environmental biotechnology*. 1 [electronic scientific publication]. Mode of access: [nau.edu.ua](http://nau.edu.ua) (in Ukrainian).
- Malinovska, I. M., 2007.** Funktsionalnaia rol ekzopolisakharidov mikroorganizmov pochvy i rastenij [The functional role of microorganisms exopolysaccharides soil and plants]. *Agroecological journal*. 4, 53–64 (in Russian).
- Malinovska, I. M., 2011.** Mikrobiologichni protsesy u ryzosferi roslyn riznykh silskogospodarskykh kultur [Microbiological processes in the rhizosphere of various crops plants]. *Proceedings of the All-Ukrainian conference "Agricultural Microbiology: Achievements and Prospects"*. Chernigov. 250–255 (in Ukrainian).
- Malinovska, I. M., Dombrovska, I. V., 2011.** Stan mikrobo-senozu sirogo lisovogo gruntu za raznochilovogo vykorystannia [Condition of gray forest soil microbiocenosis with different target use]. *Herald of Kyiv National University. Series Biology*. 57, 21–25 (in Ukrainian).
- Malinovska, I. M., Litvinov, D. V., 2011.** Mikrobiologichni protsesy u korenevij zoni gorokhu i pshenytsi ozymoi za vyroshchuvannia ikh u monokulturi i chotyrokhpilnoi sivozmini [Microbiological processes in the root zone of pea and winter wheat by growing them in monoculture and rotation of the four fields]. *Agricultural microbiology*. 14, 77–90 (in Ukrainian).
- Metody izucheniiia pochvennykh mikroorganizmov i ikh metabolitov*, 1966. [Methods for studying soil microorganisms and their metabolites]. Ed. N. A. Krasilnikov. Moscow State University, Moscow (in Russian).
- Mikhnovskaya, A. D., Mironova, L. M., 1983.** Mikrobiologicheskie protsessy i ikh vliianie na podvizhnost i zakreplenie organicheskogo veshchestva v demovo-podzolistykh pochvakh [Microbiological processes and their influence on mobility and fixation of organic matter in sod-podzolic soils]. *Improvement of soil fertility of the Ukrainian SSR nonblack earth zone*. Kyiv. 34–41 (in Russian).
- Tepper, E. Z., Shilnikova, V. K., Pereversev, G. I., 2004.** Praktikum po mikrobiologii [Practicum on Microbiology]. Drofa, Moscow (in Russian).
- Terentev, P. V., 1959.** Metod korreliatsionnykh pleiad [Method of correlation Pleiades]. *Herald of Leningrad Univ., Leningrad*. 9, 137–143 (in Russian).
- Zhdanova, N. N., Vasilevskaia, A. N., 1988.** Melaninsoderzhashchie griby v ekstremalnykh usloviakh [Melanin mushrooms in extreme conditions]. *Naukova dumka*, Kiev (in Russian).

*Стаття надійшла в редакцію: 11.02.2014*

*Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. І. А. Мальцева*