

ФОРМУВАННЯ МІКРОБНИХ УГРУПОВАНЬ АЗОТНОГО ЦИКЛУ В ЧОРНОЗЕМІ ОПІДЗОЛЕНОМУ ЗА ОРГАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Г.О. Цигічко, О.І. Маклюк

Національний науковий центр

«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

Проведено порівняльну характеристику структури мікробних ценозів чорнозему опідзоленого в агроценозі пшениці озимої за кількістю основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, які беруть участь у процесах трансформації азотомісних сполук за органічної та традиційної систем землеробства. Визначено, що за традиційної системи землеробства висока біогенність чорнозему опідзоленого формується залежно від чисельності мікроорганізмів, що засвоюють мінеральний азот, а домінуючим угрупованням у мікробних ценозах органічної системи землеробства за вирощування пшениці озимої є мікроорганізми, що засвоюють органічні форми азоту та азотфіксатори. Виявлено прямий тісний достовірний кореляційний зв'язок між мікробіологічними показниками, а саме: чисельністю органотрофів та азотфіксаторів і якістю зерна пшениці озимої.

Ключові слова: чорнозем опідзолений, органічна система землеробства, традиційна система землеробства, еколого-трофічні групи мікроорганізмів азотного циклу, якість зерна, пшениця озима.

Органічне виробництво продукції у світі активно розвивається і поступово стає вагомим чинником сільськогосподарської діяльності. Загальними принципами органічного виробництва визнано раціональне використання і відтворення природних ресурсів, відмова від використання хімічно синтезованих зовнішніх ресурсів, забезпечення стійкості ґрунтів та біологічного різноманіття методами, які оптимізують біологічну активність ґрунтів, забезпечують збалансоване постачання поживних речовин для рослин [1–3].

Однією з перепон розвитку і розширення площ під використання органічної системи землеробства в нашій країні є низькі врожаї через повну відмову від використання синтетичних мінеральних добрив та засобів захисту рослин. За органічної системи, слід наголосити, важливого значення набуває не кількість, а якість сільськогосподарської продукції, яку потрібно розглядати у двох аспектах — харчова цін-

ність і безпечність для здоров'я людини і тварин [4–6].

На сьогодні офіційні статистичні огляди IFOAM підтверджують, що в Україні налічується понад 270 сертифікованих органічних господарств, де вирощують переважно зернові, зернобобові та олійні культури. Однією з основних культур, що експортує Україна, є пшениця озима (площа сертифікованих органічних площ під зернові культури становить 48%) [4, 7].

В умовах ведення органічного землеробства пшениця озима потребує оптимізації мінерального живлення, насамперед азотного. Так, під час весняного відновлення вегетації пшениця озима потребує азоту найбільше — нестача його в цей період, особливо на третьому етапі онтогенезу, обмежує закладання колосків у колосі, що своєю чергою впливає на кількість і якість врожаю, економічну і біоенергетичну ефективність культури [8]. Відповідно, за органічної системи поповнення азоту у ґрунті, за відмови від синтетичних азотних добрив, можливо завдяки біологічній фік-

сації молекулярного азоту мікроорганізмами, асоційованими (або симбіотичними) з кореневою системою рослин [9–11].

Метою роботи було дослідити формування мікробного ценозу чорнозему опідзоленого за вирощування пшениці озимої в умовах органічної та традиційної систем землеробства і визначити взаємозв'язки між чисельністю основних груп азотного циклу ґрунтових мікроорганізмів та показниками якості зерна пшениці озимої.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження біологізованих систем землеробства проводили в умовах польового стаціонару відділу агрохімії ДП «ДГ Граківське» ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» (Харківський р-н Харківської обл.) починаючи з 1989 р. Ґрунт — чорнозем опідзолений важкосуглинковий. В орному шарі ґрунту міститься: гумусу — 4,1%, рухомих форм фосфору — 138 мг/кг, обмінного калію — 90 мг/кг ґрунту, рН сольовий — 6,0. Традиційна система передбачала внесення мінеральних добрив та застосування хімічного захисту рослин (гербіцид Раундап). Натомість органічна система — використання лише поживних решток та внесення ґною. Відбір ґрунтових зразків здійснювали в період вегетації пшениці озимої.

Схема дослідю:

Варіант 1. Традиційна система удобрення: $N_{30}P_{40}K_{40}$ (внесення добрив у розкид осінню).

Варіант 2. Органічна система удобрення: ґній 30 т/га (внесення добрив у розкид осінню) + солома 2 т/га² (заорювання решток попередника).

Для характеристики структурно-функціональних особливостей мікробного ценозу у зразках ґрунту визначали чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у колонієутворювальних одиницях (КУО) на 1 г ґрунту методом мікробіологічного посіву ґрунтової суспензії відповідного розведення на тверді поживні середовища [12, 13]: органотрофних бактерій — на МПА (м'ясо-пептонному агарі); мікроорганізмів, що засвоюють азот

мінеральних сполук і актиноміцетів, — на КАА (крохмале-аміачному агарі); азотфіксаторів — на середовищі Доберейнера; олігонітрофілів — на середовищі Ешбі; мікроскопічних грибів — на середовищі Ріхтера; оліготрофних мікроорганізмів — на ГА (голодному агарі). Інтегровані показники, зокрема мінералізації та оліготрофності, які характеризують напругу мінералізаційних процесів і трофічний режим ґрунту, розраховували за співвідношенням окремих груп мікроорганізмів, інтегрований показник біогенності (ІПБ) — за методикою Дж. Ацці [14] на основі розрахунку сумарного біологічного показника. У рослинних зразках досліджували такі показники якості сільськогосподарської продукції: вміст загальних форм азоту, фосфору, калію, білка, сирої клейковини в одній наважці рослинного матеріалу на інфрачервоному спектрофотометрі ІЧС–4250 [15].

Математичну обробку отриманих результатів здійснювали загальноприйнятими методами [16, 17] з використанням стандартних комп'ютерних програм для Microsoft Excel і Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз чисельності мікробного ценозу чорнозему опідзоленого в період вегетації за кількісним складом засвідчив, що в умовах органічної системи землеробства за вирощування пшениці озимої збільшується чисельність мікроорганізмів, що засвоюють органічні форми азоту, на 26% порівняно з традиційною системою.

Щодо значень чисельності мікроорганізмів, які засвоюють мінеральні форми азоту та ґрунтових актиноміцетів, виявлено їх збільшення за традиційної системи землеробства на 25,7% порівняно з органічною системою. Такі результати вказують на необхідність за органічної системи землеробства посилити азотне забезпечення чорнозему опідзоленого.

Однак слід зауважити, що навіть за відмови від застосування мінеральних азотних добрив, завдяки природній здатності пшениці озимої до асоціативної азотфіксації, сформувались сприятливі умови для роз-

витку ґрунтових азотфіксаторів: показник їх чисельності було зафіксовано на доволі високому рівні у чорноземі опідзоленому – 49,9 млн КУО/г ґрунту.

За отриманими даними розраховано коефіцієнти мінералізації і оліготрофності та показники трансформації органічної речовини у ґрунті.

Коефіцієнт мінералізації, що вказує на інтенсивність мінералізаційних процесів, засвідчив про посилення їх інтенсивності вдвічі за традиційної системи землеробства (N₃₀P₄₀K₄₀), а за органічної системи рівень мінералізації знижується неістотно. За показником оліготрофності вміст легкозасвоюваних органічних речовин у ґрунті також був дещо вищим у варіанті з традиційною системою. Трансформація органічної речовини у ґрунті інтенсивніше відбувалася у варіанті з веденням органічної системи землеробства (табл. 1).

Отже, відсутність внесення мінеральних добрив не сприяла погіршенню трофічного режиму ґрунту, а навпаки, активізувала ґрунтові процеси, що підтверджується розрахунковими інтегрованими показниками.

Для врахування всіх змін біогенності ґрунту впродовж вегетації пшениці озимої нами був розрахований інтегрований показник біогенності (ІПБ). За традиційної системи висока біогенність чорнозему опідзоленого сформувалась завдяки чисельності мікроорганізмів, що засвоюють мінеральний азот (пояснюється активацією дозами добрив), і була на рівні 93%, але, слід зауважити, чисельність мікробних угруповань, які пристосовуються до сприйняття внесення синтетичних мінеральних добрив, знижується під час їх відсутності.

Поряд із тим за органічної системи біогенність ґрунту підтримується на доволі високому рівні (71%) завдяки чисельності органотрофів та здатності пшениці озимої до асоціативної азотфіксації, а саме – наявності в прикореневій зоні культури необхідної кількості інших агрономічно корисних угруповань мікроорганізмів, особливо азотфіксаторів – 49,9 млн КУО/г ґрунту.

За даними, які ми отримали під час обліку врожаю пшениці озимої за органічної системи землеробства, спостерігалось незначне його зниження в межах найменшої

Таблиця 1

Характеристика мікробних ценозів азотного циклу чорнозему опідзоленого за традиційної та органічної систем землеробства в період вегетації рослин («ДГ Граківське» ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського»)

Культура	Варіанти дослідів	М/о*, що засвоюють органічні форми азоту, млн КУО/г ґрунту	М/о, що засвоюють мінеральні форми азоту, млн КУО/г ґрунту		Азотфіксатори, млн КУО/г ґрунту	Оліготрофи, млн КУО/г ґрунту	Показники		
			Загальна чисельність	Актиноміцети			мінералізації	оліготрофності	трансформації органічної речовини
Пшениця озима	N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	20,9	47,1	21,3	67,5	49,3	2,3	0,7	29,6
	без добрив	31,4	35,0	13,5	49,9	21,5	1,1	0,3	60,4
НІР ₀₅		2,38	4,24	1,22	3,20	4,08	–	–	–

Примітка: * М/о – мікроорганізми.

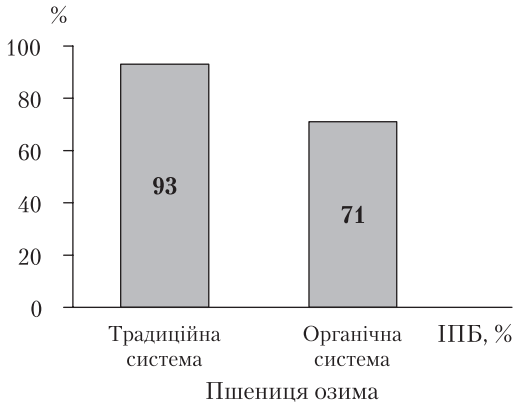


Рис. 1. Біогенність чорнозему опідзоленого в період вегетації культури

істотної різниці (5%) порівняно з традиційною системою (табл. 2).

Слід зауважити, що застосування добрив впливає не лише на врожайність пшениці озимої, а й на якість та біологічну цінність отриманої продукції.

Тому проведено дослідження зі встановлення впливу особливостей формування

мікробного ценозу чорнозему опідзоленого за органічної системи землеробства на якісні показники продукції.

Відомо, що одним із головних показників якості зерна пшениці озимої є вміст білка. За літературними джерелами, середній вміст білка у зерні пшениці озимої становить 11,2% [18, 19].

Уміст білка у зерні пшениці озимої, вирощений на чорноземі опідзоленому, був вищим у варіанті з органічною системою землеробства і становив 12,60%, що майже на 1% більше порівняно з традиційною (табл. 3) [19].

Клейковина — це комплекс білкових речовин зерна, здатних за набухання у воді утворювати зв'язну еластичну масу. Клейковина в зерні та борошні значною мірою визначає вихід і якість хлібних виробів.

Вимоги чинного ГОСТ 13586.1–68 на зерно пшениці передбачають рівень клейковини для першого класу — не менше 32%, для другого — не менше 28; третього — не менше 23; четвертого — не менше

Таблиця 2

Урожайність пшениці озимої на чорноземі опідзоленому

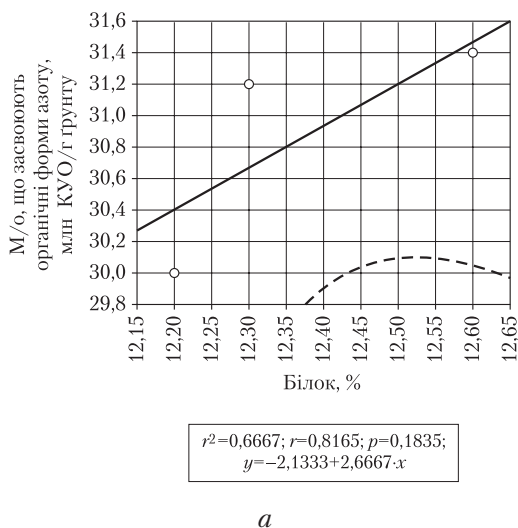
Рік	Культура	Система удобрення			
		традиційна		органічна	
		добрива	урожайність, т/га	добрива	урожайність, т/га
2010	Пшениця озима	N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	2,51	гній 30 т/га + солома 2 т/га	2,38

НІР₀₅ = 0,14

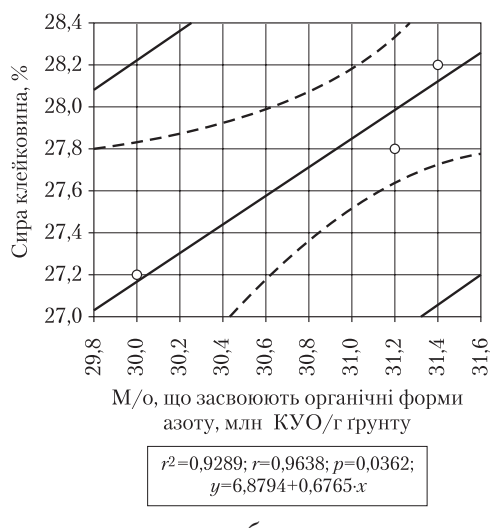
Таблиця 3

Показники якості пшениці озимої залежно від системи землеробства на чорноземі опідзоленому

№ пор.	Культура	Система удобрення	Варіант	Вміст у зерні, %				
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	білка	сирої клейковини
1	пшениця озима	традиційна	N ₃₀ P ₄₀ K ₄₀	2,07	0,47	0,42	11,80	26,80
2		органічна	без добрив	2,21	0,42	0,45	12,60	28,20
НІР ₀₅				0,19	0,02	0,03	0,15	0,80



а



б

Рис. 2. Залежність вмісту білка (а) та сирової клейковини (б) в зерні пшениці озимої від чисельності мікроорганізмів, що засвоюють органічні форми азоту за органічної системи землеробства на чорноземі опідзоленому

18%; для п'ятого класу величина цього показника не нормується [15, 20].

Уміст клейковини у зерні пшениці озимої за вирощування в умовах органічної системи землеробства на чорноземі опідзоленому також був на 2% вищим, ніж за вирощування в умовах традиційної системи землеробства, що дає підстави віднести зерно до другого класу – не менше 28% від вказаного нормативу.

Для встановлення зв'язків між біологічними показниками ґрунту і якістю пшениці озимої на чорноземі опідзоленому за органічної системи нами проведено кореляційний аналіз.

За результатами обробки отриманих експериментальних даних встановлено позитивний прямий тійний достовірний зв'язок між чисельністю мікроорганізмів, що засвоюють органічні форми азоту, та вмістом білка ($r = 0,81$) і сирової клейковини ($r = 0,96$) у зерні пшениці озимої (рис. 2 – а, б).

Також регресійним аналізом встановлено тійний прямий кореляційний зв'язок між чисельністю азотфіксаторів та вмістом білка ($r = 0,82$) і сирової клейковини ($r = 0,78$) у зерні пшениці озимої (рис. 3 – а, б).

ВИСНОВКИ

Біогенність ґрунтів за умов традиційної системи землеробства є вищою порівняно з органічною системою на чорноземі опідзоленому на 24% завдяки домінуючим мікробним угрупованням, які засвоюють мінеральний азот і стимулюються внесенням мінеральних добрив у дозах $N_{30}P_{40}K_{40}$. Але за відсутності мінеральних добрив їх чисельність знижується, і домінуючим угрупованням у мікробних ценозах органічної системи землеробства за вирощування пшениці озимої стають мікроорганізми, що засвоюють органічні форми азоту та азотфіксатори.

Свою чергою, виявлено прямий тійний достовірний кореляційний зв'язок між мікробіологічними показниками, а саме – чисельністю мікроорганізмів, що засвоюють органічні форми азоту, та азотфіксаторів з якістю зерна пшениці озимої.

Згідно з отриманими даними врожаю встановлено, що за умов органічного землеробства на чорноземі опідзоленому спостерігалось незначне зниження врожайності пшениці озимої порівняно з традиційною системою, натомість підвищилися показ-

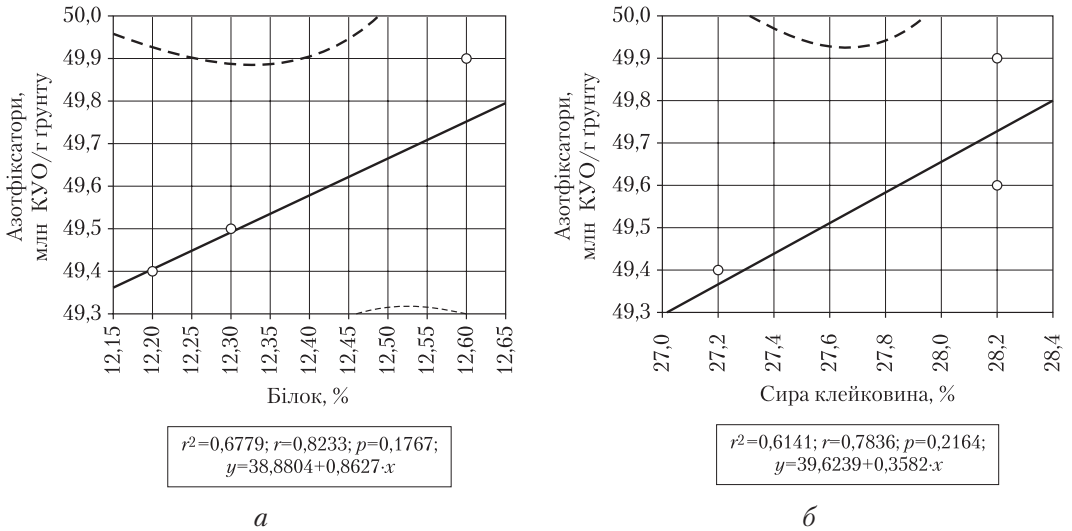


Рис. 3. Залежність вмісту білка (а) та сирової клейковини (б) в зерні пшениці озимій від чисельності азотфіксаторів за органічної системи землеробства на чорноземі опідзоленому

ники якості зерна: вміст білка зріс на 1 %, сирової клейковини — на 2 %. Це забезпечує

переведення зерна пшениці з третього до другого класу якості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України від 03.09.2013 р. № 425-VII «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини» [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. — Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/425-18>
2. Концепція органічного землеробства (грунтово-агрохімічне забезпечення) / Я.М. Гадзало, А.С. Заришняк, Л.Я. Пилипенко [та ін.] // Посібник українського хлібороба. — 2017. — № 1. — С. 63–81.
3. Біологізація землеробства в Україні: Реалії та перспективи / В.В. Іванишин, М.В. Роїв, А.І. Шувар [та ін.]. — Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. — 284 с.
4. *Віллер Х.* Світ органічного сільського господарства. Статистика та тенденції 2013 року / Х. Віллер, Д. Лерноуд, Д. Кільшер; Гол. ред. укр. верс. Н. Прокопчук, ред. та переклад: Т. Зігг, С. Рибак / Дослідницький інститут органічного сільськогосподарства (FiBL), Швейцарсько — Український проект «Розвиток органічного руху в Україні» (2012–2016). — К., 2013. — 65 с.
5. Organic agriculture and the global food supply / С. Badgley, J. Moghtader, E. Quintero [et al.]. — USA: Renewable Agriculture and Food System, 2007. — 155 р.
6. Choice of organic foods is related to perceived consequences for human health and to environmentally friendly behavior / М. Magnusson, А. Arvola, Н. Koivisto [et al.]. — Appetite. — 2003. — No. 40. — P. 109–117.
7. Федерация органичного руху України. Концепція державної цільової програми розвитку органічного виробництва в Україні [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.organic.com.ua/ru/homepage/2010-01-26-13-45-25?start=3>
8. Біологічне рослинництво / За ред. О.І. Зінченка. — К.: Вища школа, 1996. — 239 с.
9. *Патика В.П.* Можливості використання біологічного азоту в сучасному землеробстві / В.П. Патика, В.В. Волкогон // Зб. наук. праць ін-ту землеробства УААН. — 1997. — Вип. 2. — С. 72–75.
10. *Надкернична О.В.* Особливості взаємодії мікро-і макросимбіонтів в системі діазотрофи — не бобова рослина: Автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 03.00.16 / О.В. Надкернична. — К., 2004. — 36 с.
11. *Симочко Л.Ю.* Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті агробіогеоценозів при застосуванні різних агрозаходів / Л.Ю. Симочко, В.В. Симочко, І.Й. Бігарій // Наук. Вісник Ужгород. ун-ту. — 2010. — Вип. 28. — С. 47–51. — (Серія: Біологія).
12. Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів в ґрунті методом висівання на тверде (агаризоване) поживне середовище: ДСТУ 7847: 2015. — [Чинний від 2016-07-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2016. — 10 с. — (Національний стандарт України).
13. Методи почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк. — М.: МГУ, 1991. — 224 с.

14. Ациц Д.ж. Сельскохозяйственная экология / Д.ж. Ациц. — М.; Л., 1959. — 480 с.
15. Пшеница. Технические условия: ДСТУ 3768:2009. — [Введен в действие от 05.29.2009 г.]. — К.: Держспоживстандарт України, 2009. — 15 с. — (Национальный стандарт Украины).
16. Лакін Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакін. — М.: Высш. шк., 1973. — 343 с.
17. Халфян А.А. Statistica 6 статистический анализ данных / А.А. Халфян. — М.: Бином, 2007. — 501 с.
18. Казаков Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Е.Д. Казаков, Г.П. Карпиленко. — СПб.: ГИОРД, 2005. — 512 с.
19. Павлов А.Н. Накопление белка в зерне озимой пшеницы и кукурузы / А.Н. Павлов. — М.: Наука, 1967. — 340 с.
20. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице: ГОСТ 13586.1–68. — [Введен в действие от 01.06.1968 г.]. — М.: Изд-во стандартов, 1968. — 4 с. — (Государственный стандарт СССР).

REFERENCES

1. *Zakon Ukraini vid 03.09.2013 r. № 425-VII «Pro virobnytstvo ta obig organichnoyi silskogospodarskoyi produkt-siyi ta sirovini»* [Law of Ukraine dated 03.09.2013 № 425-VII «On the production and circulation of organic farming products and primary produce»]. Kyiv: the Verkhovna Rada of Ukraine [in Ukrainian].
2. Gadzalo, Ja.M., Zaryshnyak A.S., Pylypenko L.Ya. (2017). Kontseptsiya orhanichnoho zemlerobstva (gruntovo — ahrokhimichne zabezpechennya) [Concept of organic farming (soil — agrochemical support)]. *Posibnyk ukraiyins'koho khliboroba — The guide of Ukrainian grain-growers*, 1, 63–81 [in Ukrainian].
3. Ivanyshyn, V.V., Royiv, M.V., Shuvar, A.I. (2016). *Biologizatsiya zemlerobstva v Ukraini: Realiji ta perspektyvy* [Biologize of agriculture in Ukraine: Realities and Prospects]. Ivano-Frankivsk [in Ukrainian].
4. Viller, H., Lernoud, D., Kilsher, D. (2013). *Svit orhanichnoho sil's'koho hospodarstva. Statystyka ta tendentsiji 2013 roku* [The world of organic farming. Statistics and trends of 2013 year]. Doslidnyts'kyi instytut orhanichnoho sil's'koho hospodarstva (FiBL), Shveysars'ko — Ukrayins'kyi proekt «Rozvytok orhanichnoho rukhu v Ukraini». Kyiv [in Ukrainian].
5. Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E. [et al.]. (2007). *Organic agriculture and the global food supply*. USA: Renewable Agriculture and Food System [in English].
6. Magnusson M., Arvola A., Koivisto H. [et al.]. (2003). Choice of organic foods is related to perceived consequences for human health and to environmentally friendly behavior. *Appetite*, 40, 109–117 [in English].
7. Federatsiya orhanichnoho rukhu Ukrainy. Kontseptsiya derzhavnoi tsil'ovoyi prohramy rozvytku orhanichnoho vyrobnytstva v Ukraini [Organic Movement Federation of Ukraine. Concept of the state and target program of organic production development in the Ukraine]. (n.d.). *www.organic.com.ua*. Retrieved from: <http://www.organic.com.ua/en/homepage/2010-01-26-13-45-25?start=3> [in Ukrainian].
8. Zinchenko, O.I. (Ed.). (1996). *Biologichne roslыnnystvo* [Biological plant growing]. Kyiv: Vyscha shkola [in Ukrainian].
9. Patyka, V.P., Volkohon, V.V. (1997). Mozhlyvosti vykorystannya biologichnoho azotu v suchasnomu zemlerobstvi [Possibilities of biological nitrogen using in the modern agriculture]. *Zb. nauk. prats' in-tu zemlerobstva UAAN — Collection of scientific works of the Agriculture Institute (UAAS)*, 2, 72–75 [in Ukrainian].
10. Nadkernychna, O.V. (2004). Osoblyvosti vzayemodiyi mikro- i makrosymbiontiv v systemi diazotrofy — ne bobova roslyna [Features of the micro- and macrosymbionts interaction in the diazotrophic system — not a bean plant]. *Extended abstract of Doctors thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
11. Symochko, L.Yu., Symochko, V.V., Bihariy, I.Y. (2010). Spryamovanist' mikrobiologichnykh protsesiv u gruntі ahrobioheotsenoziv pry zastosuvanni riznykh ahrozakhodiv [Direction of microbiological processes in the agrobio biogeocenosis of soil with using of agro measures various]. *Nauk. Visnyk Uzhhorod. un-tu. (Ser. Biol.) — Scientific Bulletin of Uzhgorod University. (Biol. series)*, 28, 47–51 [in Ukrainian].
12. Yakist' gruntu. Vyznachennya chysel'nosti mikroorhanizmiv v gruntі metodom vysivannya na tvrde (aharyzovane) pozhyvne seredovyshche [Quality of soil. Determination of the microorganisms number in the soil by sowing on the solid (agar) nutrient medium]. (2016). *DSTU 7847:2015 from 01th July 2016*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
13. Zvyahyntsev, D.H., Aseeva, Y.V., Bab'eva, Y.P., Myrchynk, T.H. (1991). *Metody pochvenno mikrobiologii i biokhimiі* [Methods of soil microbiology and biochemistry]. Moskva: Moscow State University [in Russian].
14. Atstys, Dz. (1959). *Selskohoziatstvennaia ekologiia* [Agricultural ecology]. Moskva; Leningrad [in Russian].
15. Pshenytsa. Tekhnicheskyye uslovyia [Vveden v deystvye]. (2009). *DSTU 3768:2009 from 29th Mai 2009*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
16. Lakin, G.F. (1973). *Biometriia* [Biometrics]. Moskva: Vysshaha shkola [in Russian].
17. Halfian, A.A. (2007). *Statistica 6 statisticheski analiz dannyh* [Statistica 6 statistics of data analysis]. Moskva: Binom [in Russian].
18. Kazakov E.D., Karpilenko G.P. (2005). *Biohimiia zerna i khleboproduktov* [Biochemistry of grain and bakery products]. Sant-Peterburg: GIORD [in Russian].
19. Pavlov, A.N. (1967). *Nakoplenie belka v zerne ozimo pshenicy i kukuruzy* [Accumulation of protein in the winter wheat grain and maize]. Moskva: Nauka [in Russian].
20. Zerno. Metody opredeleniia kollichestva i kachestva klekoviny v pshenice. (1968). *HOST 13586.1–68 from 01st June 1968*. Moskva: Izdatelstvo standartov [in Russian].