

- zomaniyi, hnyley koreneplodiv ta koreneyida skhodiv [Increasing the resistance of sugar beet to pathogens of rhizomania, rot of root crops and rooting of seedlings]. *Doctor's thesis*. Moscow [in Russian].
22. Barr, K.J., & Asher, M.C. (1996). Studies on the life-cycle of *Polymyxa betae* in sugar beet roots. *Mycological Research*, 100, 2, 203–208 [in Russian].
  23. Manko, O.A. (2003). Ryzomaniya tsukrovyykh buryakiv – selektsiya na stiykist [Rhizomania of sugar beet – breeding for stability]. *Candidate's thesis*. Kiev [in Ukrainian].
  24. Galein, Y., Legreve, A., & Bragard, C. (2018). Long Term Management of Rhizomania Disease-Insight Into the Changes of the *Beet necrotic yellow vein virus* RNA-3 Observed Under Resistant and Non-resistant Sugar Beet Field. *Front. Plant Sci*, 9, 795, 1–15 [in English].
  25. Filipowicz, W., Jaskiewicz, L., & Kolb, F.A. et al. (2005). Posttranscriptional gene silencing by siRNAs and miRNAs. *Current Opinion in Structural Biology*, 15, 331–341 [in English].
  26. Strausbaugh, C.A., & Eujayl, I.A. (2018). Influence of Beet necrotic yellow vein virus and Freezing Temperatures on Sugar Beet Roots in Storage, 102, 5, 932–937 [in English].
  27. Liu, H., & Lewellen, R.T. (2007). Distribution and molecular characterisation of resistance-breaking isolates of Beet necrotic yellow vein virus in the Unites States. *Plant Disease*, 91, 7, 847–851 [in English].
  28. Vinogradova, S.V. (2012). Ispol'zovaniye 3'-nestransliruyemoy oblasti virusa nekroticheskogo pozhelteniya zhilok svekly v kachestve induktora ustoychivosti k rizomanii [Using of a 3'-untranslated region of the beet necrotic yellow vein virus as an inducer of resistance to rhizomania]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Moskva [in Russian].
  29. Beet necrotic yellow vein virus (benyvirus) (2006). *European and Mediterranean Plant protection organization (OEPP/EPPO)*, 36, 3, 429–440 [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 30.07.2019

УДК 631.46:632.954

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2019.183479>

## БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА ВНЕСЕННЯ ГЕРБІЦИДІВ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

О.С. Дем'янюк, Д.О. Шацман

*Інститут агроекології і природокористування НААН*

*Досліджено вплив ґрунтових і страхових гербіцидів у технології беззмінного вирощування кукурудзи на активність біологічних процесів у чорноземі типовому. Висвітлено, що застосування гербіцидів упродовж трьох років поспіль в системі захисту кукурудзи призвело до зниження вмісту загальної біомаси мікроорганізмів у ґрунті на 8–57% порівняно з перелогом та зростання інтенсивності виділення CO<sub>2</sub> з ґрунту на 2–13% порівняно з контролем, залежно від виду хімічного препарату. Внесення препарату Естерон 60 к.е. (норма витрат 0,8 л/га) спричинило зниження вмісту загальної біомаси мікроорганізмів на 42,1% і активність оксидоредуктаз на 19–20% порівняно з контролем, зростання фітотоксичності ґрунту до 56,5%. Обприскування посівів страховими гербіцидами Мілагро 040 SC к.с. і Каллісто 480 SC, КС у рекомендованих нормах витрат (1,0 і 0,2 л/га відповідно) не зумовило істотного пригнічення ґрунтової мікробіоти та активності ферментів поліфенолоксидази і пероксидази. Фітотоксичність ґрунту в цих варіантах була на рівні 31,9 і 36,3%, що на 9,6 і 24,7% вище, ніж на контролі, відповідно. За показником фітотоксичності ґрунту в технології беззмінного вирощування кукурудзи досліджені гербіциди розміщено у ряд: Мілагро 040 SC к.с. < Каллісто 480 SC, КС < Стомп 330, к.е. < Харнес, к.е. < Діанат, ВРК < Естерон 60 к.е.*

**Ключові слова:** біологічна активність ґрунту, фітотоксичність ґрунту, чорнозем типовий, агроценоз кукурудзи, гербіциди.

Сучасні інтенсивні агротехнології з вирощування сільськогосподарських культур

передбачають широке застосування хімічних засобів захисту рослин. Проте залишається актуальним питання необхідності дотримання екологічної безпеки та запобі-

гання негативного впливу хімічних засобів захисту рослин на навколишнє природне середовище, зокрема на ґрунт як ключовий об'єкт агроценозу [1]. За різними даними, лише 2–40% від унесеної кількості гербіциду безпосередньо задіяно для знищення бур'янової рослинності, інша частина адсорбується ґрунтом або вимивається у ґрунтові води, що спричиняє низку екологічних проблем. Зокрема, відбуваються глибокі деструктивні зміни фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту, порушення екологічної рівноваги та втрата біорізноманіття [2–4].

Крім того, існує небезпека впливу хімічних речовин на нецільові об'єкти, у т.ч. ґрунтові мікроорганізми. Завдяки своїм властивостям мікроорганізми є доволі чутливими до різних чинників навколишнього природного середовища і антропогенного впливу та можуть використовуватись у діагностиці екологічного стану ґрунту і оцінюванні агротехнологій [5, 6].

У більшості робіт, присвячених взаємодії гербіцидів із мікроорганізмами, повідомляється про інгібіторну або стимулюючу дію останніх безпосередньо на мікроорганізми та перебіг мікробіологічних процесів у ґрунті [4, 7–9]. Тобто на сьогодні не існує однозначної думки щодо впливу внесення гербіцидів на мікробіоту ґрунту, спрямованість і активність ґрунтово-біологічних процесів [10]. Тому це питання потребує додаткового вивчення, зокрема комплексних досліджень з визначення впливу сучасних гербіцидів та різних їх поєднань у системі захисту рослин на мікробіологічну складову ґрунту за довготривалого беззмінного вирощування сільськогосподарських культур, у т.ч. кукурудзи. Зважаючи на вищевикладене, важливо встановити вплив гербіцидів, що широко застосовуються в сучасних агротехнологіях, на біологічні процеси і токсичність ґрунту за беззмінного вирощування кукурудзи.

Мета — дослідити вплив ґрунтових і страхових гербіцидів за вирощування кукурудзи в беззмінному посіві на біологічну активність і фітотоксичність чорнозему

типового в умовах Лівобережного Лісостепу України.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили в тимчасовому польовому досліді на Панфільській дослідній станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» (с. Панфили, Яготинський р-н, Київська обл.) упродовж 2016–2018 рр. Ґрунт дослідної ділянки — чорнозем типовий малогумусний з умістом гумусу в орному шарі 4,9%, гідролізованого азоту — 90 мг/кг, рухомих форм фосфору ( $P_2O_5$ ) — 160 і обмінного калію ( $K_2O$ ) — 170 мг/кг ґрунту,  $pH_{\text{сол.}}$  6,3, гідролітична кислотність — 1,9 мг-екв/100 г ґрунту. Польовий дослід закладено відповідно до загальноприйнятих вимог [11]. Схема досліді передбачала внесення ґрунтових гербіцидів Харнес, к.е. (д.р. ацетохлор, норма внесення — 2,0 л/га) і Стомп 330, к.е. (д.р. пендиметалін, 4,5) до сходів рослин кукурудзи та страхових гербіцидів Каллісто 480 SC, КС (д.р. мезотріон, 0,2), Мілагро 040 SC к.с. (д.р. нікосульфурон, 1,0), Діанат, ВРК (д.р. дикамби диметиламіна сіль, 1,0) і Естерон 60 к.е. (д.р. 2-етилгексилловий ефір 2,4-Д, норма внесення — 0,8 л/га) шляхом обприскування посівів у фазі 3–5 листків.

Аналізи зразків ґрунту здійснювали загальноприйнятими в ґрунтовій мікробіології методами [12–14]: інтенсивність виділення діоксиду карбону ( $CO_2$ ) з поверхні ґрунту — адсорбційним методом В. Штатнова, вміст загальної біомаси мікроорганізмів у ґрунті — регідраційним методом, активність ферментів поліфенолоксидози (о-Дифенол: кисень-оксидоредуктаза КФ 1.10.31) і пероксидази (Донор:  $H_2O_2$ -оксидоредуктаза КФ 1.11.17) — методом А. Галстяна. Розрахунок коефіцієнта гумусоакіпичення здійснювали за співвідношенням активності ферменту поліфенолоксидози до пероксидази. Фітотоксичність ґрунту визначали за ДСТУ ISO 11269-2:2002 з використанням ґрунтових пластинок і тест-культури *Raphanus sativum* L. [15]. Показник екологічної стійкості ґрунту (ЕС) розраховували з використанням значення

інтенсивності емісії CO<sub>2</sub> за С. Корсун [16]. Для порівняння показників біологічної активності чорнозему типового в агроценозі досліджували ґрунт у природних умовах (переліг).

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Загальновідомо, що ґрунт у природних умовах має зрівноважену структуру мікробіоценозу зі збалансованим перебігом основних біологічних процесів. Про це свідчить найвищий показник умісту біомаси мікроорганізмів у ґрунті та активність окисно-відновних ферментів і коефіцієнт гумусонакопичення (таблиця). В агроценозі кукурудзи вміст загальної біомаси мікроорганізмів у ґрунті був у середньому на 8–57% нижчим, ніж у ґрунті перелігу, і залежав від технології вирощування і виду гербіцидів, оскільки вплив останніх на ґрунтові мікроорганізми найчастіше залежить від їх хімічного складу.

За внесення впродовж трьох років поспіль препарату Естерон 60 к.е. на основі похідних 2,4-Д (норма витрат за діючою речовиною — 680,0 г/га) зафіксовано найвищий токсичний ефект на мікробіоценоз

ґрунту, про що свідчить зниження вмісту біомаси мікроорганізмів на 42,1% порівняно з контролем і на 57,4% – порівняно з ґрунтом перелігу. Пригнічення мікробної продуктивності на 25 і 19% порівняно з контролем відбулось і у варіантах досліді з внесенням ґрунтового гербіциду Харнес, к.е. і Діанат, ВРК відповідно.

Унесення гербіцидів Стомп 330, к.е., Мілагро 040 SC к.с. і Каллісто 480 SC, КС у рекомендованих нормах витрат не спричинило істотного пригнічення ґрунтової мікробіоти, і вміст загальної біомаси мікроорганізмів був або на рівні варіанта без застосування хімічних засобів проти бур'янів (контроль), або з перевищенням його на 8–10%. Таке підвищення активності мікробіоценозу ґрунту може бути пояснено впливом рослин, оскільки за вказаних систем їх захисту спостерігається ефективніший ріст і розвиток кукурудзи та отримано найвищу врожайність [17].

Наслідком перебудови мікробного ценозу ґрунту за впливу різних чинників, у т.ч. гербіцидів, є зміна в ньому інтенсивності біологічних процесів. В оцінюванні біологічної активності ґрунту та агротехнологій

**Вплив ґрунтових і страхових гербіцидів на біологічну активність чорнозему типового**

Варіант досліді	Вміст загальної біомаси мікроорганізмів, мкг С/г ґрунту	Емісія CO <sub>2</sub> , мг CO <sub>2</sub> /кг ґрунту	Активність ферментів		Коефіцієнт гумусонакопичення (K <sub>гум</sub> ), %
			Поліфенол-оксидаза	Пероксидаза	
			мг пурпургаліну /10 г ґрунту		
Переліг	459,6±4,0	126,6±2,1	2,67±0,03	2,25±0,04	118,67
Контроль (без гербіцидів)	338,4±3,6	162,9±2,6	2,23±0,02	2,37±0,03	94,09
Харнес, к.е.	253,3±2,1	184,5±2,1	1,82±0,01	1,92±0,01	94,79
Стомп 330, к.е.	329,5±3,2	179,3±1,4	1,92±0,01	2,08±0,01	92,31
Каллісто 480 SC, КС	421,4±3,6	178,1±1,5	2,16±0,02	2,12±0,02	101,89
Мілагро 040 SC к.с.	365,4±3,1	175,2±1,4	2,18±0,03	2,25±0,02	96,89
Діанат, ВРК	275,2±2,5	169,1±1,3	1,96±0,01	2,09±0,01	93,78
Естерон 60 к.е.	195,9±2,1	165,7±1,2	1,79±0,01	1,92±0,01	93,23

найчастіше використовують показник інтенсивності виділення  $\text{CO}_2$ , що обумовлено комплексом чинників, для відображення загальної активності живої компоненти ґрунту. Наші дослідження засвідчили, що застосування хімічних препаратів не мало значного впливу на виділення з ґрунту діоксиду карбону. Зафіксовано лише незначне підвищення (на рівні 2–13%) інтенсивності виділення  $\text{CO}_2$  у варіантах із застосуванням гербіцидів порівняно з контролем. Але порівняно з природною екосистемою вирощування кукурудзи, внесення хімічних засобів захисту рослин проти сегетальної рослинності спричиняє активізацію процесів виділення з ґрунту  $\text{CO}_2$  в 1,3–1,5 раза, що є негативним стосовно викидів парникових газів та втрати органічного карбону з ґрунту. Розрахунки показника екологічної стійкості ґрунту засвідчили, що вирощування кукурудзи в беззмінному посіві із застосуванням гербіцидів у рекомендованих нормах витрат відповідало середньому ступеню (ЕС 31–46%). Тобто здатність чорнозему типового протистояти змінам мікробного ценозу за впливу агротехнічних заходів, у т.ч. за вирощування кукурудзи в беззмінному посіві з внесенням гербіцидів, є задовільною, що більшою мірою обумовлено буферними властивостями ґрунту і вмістом органічної речовини.

Оцінювання впливу гербіцидів на екологічний стан ґрунту на позаклітинному рівні організації біологічної системи здійснювали за визначенням активності ґрунтових ферментів (оксидоредуктаз), які беруть участь у синтезі і розкладі гумусових речовин [5, 6, 14]. За внесення гербіцидів у всіх варіантах досліду зафіксовано пригнічення активності поліфенолоксидази і пероксидази в середньому на 12–13%. Крім того, активність пероксидази була вищою на 0,07–0,14 мг пурпургаліну/10 г ґрунту, ніж активність поліфенолоксидази, що свідчить про активізацію деструкційних процесів у ґрунті і зниження вмісту гумусу, оскільки фермент пероксидаза бере участь у розкладанні органічних сполук ароматичного ряду. Це підтверджують і значення коефіцієнта гумусонакопичення,

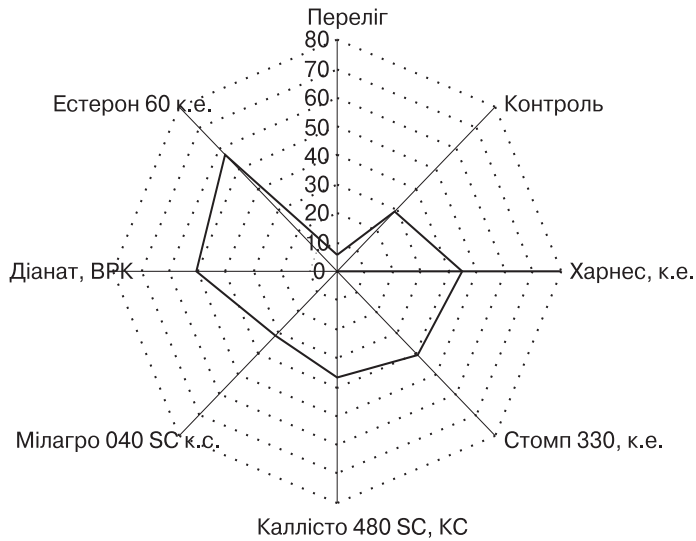
що на 14–22% є нижчим, ніж у ґрунті природної екосистеми.

Найвищу інгібіторну дію на активність оксидоредуктаз зафіксовано за внесення впродовж трьох років гербіцидів із діючими речовинами 2-етилгексилевої ефір 2,4-Д (з нормою витрат за д.р. 680,0 г/га) на 19–20%, ацетохлор (1800,0 г/га) – на 18–19 і педиметалін (1485,0 г/га) – на 12–14%. І, навпаки, визначено толерантність ґрунтових ферментів оксидоредуктаз у чорноземі типовому до страхових гербіцидів з діючими речовинами нікосульфурон (40,0 г/га) і мезотріон (96,0 г/га), де зміна показників активності ґрунтових ферментів була на рівні 2–5 і 3–11% відповідно.

Проблема токсичності ґрунту є особливо актуальною за вирощування агрокультур у беззмінних посівах або за необґрунтованого внесення агрохімікатів і пестицидів. Як свідчать експериментальні дані (рисунк), фітотоксичність ґрунту в агроценозі кукурудзи є вищою порівняно з ґрунтом природної екосистеми в середньому у 5,4–10,5 раза, залежно від технології вирощування кукурудзи і виду гербіцидів.

На контролі (без внесення гербіцидів) фітотоксичність ґрунту становила 29,1%, тоді як у ґрунті перелогу цей показник був на рівні 5,4% інгібування схожості тест-культури. Така висока токсичність ґрунту за тривалого беззмінного вирощування кукурудзи пояснюється накопиченням однакових за хімічним складом корневих ексудатів і органічних залишків рослин, які розкладаються повільніше з виділенням фенольних сполук та мають широке співвідношення нітрогену до карбону. За таких умов у структурі мікробіоценозу ґрунту, як правило, домінують міцеліальні організми як найбільш конкурентоздатні з вищими адаптивними властивостями до умов середовища та високим ступенем токсичності, що значною мірою і спричиняє ґрунтовому у беззмінних посівах.

Результати дослідження засвідчили, що проростання і схожість тест-культури *Pap-hanus sativum* L. залежали від застосованих гербіцидів у системі захисту рослин. Серед ґрунтових гербіцидів найвищу фітоток-



Фітотоксичність чорнозему типового залежно від гербіцидів у агроценозі кукурудзи, % інгібування схожості насіння тест-культури (*Paphanus sativum* L.)

сичність (44,5%) зафіксовано у варіанті із внесенням препарату Харнес, к.е., яка була у 8,2 раза вищою, ніж у ґрунті перелогу, і в 1,5 раза, ніж на контролі. За внесення препарату Стомп 330, к.е. частка інгібування схожості тест-культури була дещо нижчою — 40,2%, що в 7,4 раза вище, ніж у ґрунті природної екосистеми, і в 1,4 раза — ніж на контролі.

Використання в системі захисту рослин кукурудзи у беззмінних посівах страхових гербіцидів на основі діючої речовини 2-етилгексилловий ефір 2,4-Д і дикамба формувало найвищий рівень фітотоксичності ґрунту (56,5%). За внесення гербіциду Діанат, ВРК фітотоксичність ґрунту становила 50,4% інгібування схожості тест-культури, що в 1,7 раза вище, ніж на контролі. Натомість внесення препаратів Мілагро 040 SC к.с. і Каллісто 480 SC, КС за вказаним показником було менш небезпечним, і фітотоксичність ґрунту в цих варіантах була на рівні 31,9 і 36,3%, що на 9,6 і 24,7% вище, ніж на контролі, відповідно.

За показником фітотоксичності чорнозему типового в технології беззмінного вирощування кукурудзи досліджені гербіциди розміщено у ряд: Мілагро 040 SC к.с. <

Каллісто 480 SC, КС < Стомп 330, к.е. < Харнес, к.е. < Діанат, ВРК < Естерон 60 к.е. Загалом, фітотоксичність ґрунту у варіантах із внесенням гербіцидів корелювала зі значеннями їх показників токсичності ЛД<sub>50</sub>.

## ВИСНОВКИ

Під час оцінювання впливу гербіцидів на біологічну складову ґрунту необхідно враховувати неоднозначність наслідків їх внесення в польових умовах, що залежить як від різноманітності сполук за хімічним складом, так і від дії агротехнічних чинників.

За застосування гербіцидів упродовж трьох років поспіль у системі захисту рослин кукурудзи в беззмінному посіві відбулось зниження вмісту загальної біомаси мікроорганізмів у чорноземі типовому на 8–57% порівняно з ґрунтом перелогу та зростання інтенсивності виділення CO<sub>2</sub> з ґрунту на 2–13% порівняно з контролем, залежно від виду хімічного препарату. Найвищий токсичний ефект на мікробіоценоз ґрунту спричиняє внесення препарату Естерон 60 к.е. (норма витрат 0,8 л/га), про що свідчить зниження вмісту загальної біомаси мікроорганізмів на 42,1% та інгібуван-

ня активності оксидоредуктаз на 19–20% порівняно з контролем, а також найвищий показник фітотоксичності ґрунту — 56,5%, що майже вдвічі перевищує контроль.

Обприскування посівів страховими гербіцидами Мілагро 040 SC к.с. і Каллісто 480 SC, КС у рекомендованих нормах витрат (1,0 і 0,2 л/га відповідно) не спричиняло істотного пригнічення ґрунтової мікробіоти та активності ферментів полі-

фенолоксидази і пероксидази. Фітотоксичність ґрунту у цих варіантах була на рівні 31,9 і 36,3%, що на 9,6 і 24,7% вище, ніж на контролі, відповідно.

За показником фітотоксичності ґрунту в технології беззмінного вирощування кукурудзи досліджені гербіциди розміщено у ряд: Мілагро 040 SC к.с. < Каллісто 480 SC, КС < Стомп 330, к.е. < Харнес, к.е. < Діанат, ВРК < Естерон 60 к.е.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Impact of herbicides on soil biology and function / M.T. Rose, T.R. Cavagnaro, C.A. Scanlan et al. // *Advances in Agronomy*. — 2016. — Vol. 136. — P. 133–220.
2. Лебедева Г.Ф. Загрязнение почв гербицидами / Г.Ф. Лебедева, Н.А. Куликова, В.А. Холодов; // *Деградация и охрана почв / Под ред. Г.В. Добровольского*. — М., 2002. — С. 332–358.
3. *Круглов Ю.В.* Микробиологические аспекты многолетнего систематического применения гербицидов в земледелии / Ю.В. Круглов // *Известия Оренбургского ГАУ*. — 2017. — № 4(66). — С. 199–202.
4. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин / В.П. Карпенко, З.М. Грицаенко, Р.М. Притуляк та ін. — Умань: Видавець «Сочінський», 2012. — 357 с.
5. *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 // *Агрокологічний журнал*. — 2006. — № 3. — С. 23–28.
6. *Дем'янюк О.С.* Сучасні методичні підходи до оцінювання екологічного стану ґрунту за активністю мікробіоценозу / О.С. Дем'янюк, Л.Ю. Симочко, О.В. Тертична // *Питання біоіндикації та екології*. — 2017. — Вип. 22, № 1. — С. 55–68.
7. Interaction of chiral herbicides with soil microorganisms, algae and vascular plants / M. Asad, U. Asad, M. Lavoie et al. // *Science of The Total Environment*. — 2017. — Vol. 580. — P. 1287–1299.
8. Soil microbial biomass and diversity after herbicide application / N.Z. Lupwayi, K.N. Harker, G.W. Clayton et al. // *Can. J. Plant Sci.* — 2004. — Vol. 84. — P. 677–685.
9. Impact of glyphosate on soil microbial biomass and respiration: A meta-analysis / D.B. Nguyen, M.T. Rose, T.J. Rose et al. // *Soil Biology and Biochemistry*. — 2016. — Vol. 92. — P. 50–57.
10. *Imfeld G.* Measuring the effects of pesticides on bacterial communities in soil: A critical review / G. Imfeld, S. Vuilleumier // *European Journal of Soil Biology*. — 2012. — Vol. 49. — P. 22–30.
11. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Колос, 1985. — 351 с.
12. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / В.В. Волкогон, О.В. Надкернична, Л.М. Токмакова та ін.; за наук. ред. В.В. Волкогодна. — К.: Аграрна наука, 2010. — 464 с.
13. *Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева*. — М.: Из-во МГУ, 1991. — 304 с.
14. *Хазиев Ф.Х.* Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. — М.: Наука, 1990. — 189 с.
15. *Якість ґрунту. Визначення дії забруднювачів на флору ґрунту. Частина 2. Вплив хімічних речовин на проростання та ріст вищих рослин: ДСТУ ISO 11269-2:2002: (ISO 11269-2:1995, IDT)*. — [Чинний від 2002-07-12.]. — К.: Держстандарт України, 2004. — 14 с. — (Національний стандарт України).
16. *Корсун С.Г.* Спосіб визначення екологічної стійкості ґрунтів в агроландшафтах / С.Г. Корсун // *Вісник аграрної науки*. — 2006. — № 6. — С. 58–61.
17. Шацман Д.О. Оцінка дії гербіцидів на забур'яненість, ріст і розвиток рослин кукурудзи за беззмінного вирощування у Лівобережному Лісостві України / Д.О. Шацман // *Агрокологічний журнал*. — 2019. — № 1. — С. 109–116.

## REFERENCES

1. Rose, M.T., Cavagnaro, T.R., Scanlan, C.A., Rose, T.J., Vancov, T., Kimber, S., Van Zwieten, L. (2016). Impact of herbicides on soil biology and function. *Advances in Agronomy*, 136, 133–220 [in English].
2. Lebedeva, H.F., Kulikova, N.A., Holodov, V.A. (2002). Zagryaznenie pochv gerbicidami [Soil pollution by herbicides]. *Degradaciya i ohrana pochv [Soil degradation and conservation]*. G.V. Dobrovolskij (Ed.). Moskva [in Russian].
3. Kruglov, Yu.V. (2017). Mikrobiologicheskie aspekty mnogoletnego sistematicheskogo primeneniya gerbitsidov v zemledelii [Microbiological aspects of the many years of systematic use of herbicides in agriculture]. *Izvestiya Orenburgskogo GAU — News*

- of the Orenburg State Agrarian University, 4(66), 199–202 [in Russian].
4. Karpenko, V.P., Hrytsaienko, Z.M., Prytuliak, R.M., Poltoretskyi, S.P., Mostov'iak, I.I., Fomenko, O.O. (2012). *Biologichni osnovy intehrovanoi dii herbitysydiv i rehuliatyvo rostu roslyn [Biological basis of integrated action of herbicides and plant growth regulators]*. Uman: Vydavets «Sochinskyi» [in Ukrainian].
  5. Shusteruk, T.Z., Sherstoboeva, O.V., Demyanyuk, O.S. (2006). Otsinka stanu gruntiv za pokaznykamy yikhnoi biologichnoi aktyvnosti pry zastovsuvanni riznykh ahrotekhnolohii [Assessment of soil condition by the indicators of their biological activity in the application of different agro-technologies]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 3, 23–28 [in Ukrainian].
  6. Demyanyuk, O.S., Symochko, L.Yu., Tertychna, O.V. (2017). Suchasni metodychni pidkhody do otsiniuvannia ekolohichnoho stanu gruntu za aktyvnistiu mikrobiotsenozu [Modern methodical approaches to evaluation the ecological condition of soil by microbial activity]. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii – Problems of Bioindications and Ecology*, 22(1), 55–68 [in Ukrainian].
  7. Asad, M., Asad, U., Lavoie, M., Song, H., Jin, Y., Fu, Z., Qian, H. (2017). Interaction of chiral herbicides with soil microorganisms, algae and vascular plants. *Science of The Total Environment*, 580, 1287–1299 [in English].
  8. Lupwayi, N.Z., Harker, K.N., Clayton, G.W., Turkington, T.K., Rice, W.A., O'Donovan, J.T. (2004). Soil microbial biomass and diversity after herbicide application. *Can. J. Plant Sci.*, 84, 677–685 [in English].
  9. Nguyen, D.B., Rose, M.T., Rose, T.J., Morris, S.G., van Zwieten, L. (2016). Impact of glyphosate on soil microbial biomass and respiration: A meta-analysis. *Soil Biology & Biochemistry*, 92, 50–57 [in English].
  10. Imfeld, G., Vuilleumier, S. (2012). Measuring the effects of pesticides on bacterial communities in soil: A critical review. *European Journal of Soil Biology*, 49, 22–30 [in English].
  11. Dospikhov, B.A. (1985). *Metodyka polevoho opytu [Methodology of the field experience]*. Moskva: Kolos [in Russian].
  12. Volkohon, V.V. (Ed), Nadkernychna, O.V., Tokmakova, L.M., Melnychuk, T.M., Chaikovska, L.O., Nadkernychnyi, S.P., Sherstoboiev, M.K., Kozar, S.F., Kopylov, Ye.P., Krutylo, D.V., Parkhomenko, T.Iu., Kamienieva, I.O., Adamchuk-Chala, N.I., Kovalevska, T.M., Didovych, S.V., Volkohon, K.I., Pyshchur, I.M., Volkohon, M.V., Dimova, S.B., Komok, M.S. (2010). *Eksperymentalna gruntova mikrobiolohiia [Experimental soil microbiology]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
  13. Zviahyntsev, D.H. (1991). *Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimiï [Methods of soil microbiology and biochemistry]*. Moskva: Moscow State University [in Russian].
  14. Haziev, F.H. (1990). *Metodyi pochvennoy enzimologii [Methods of soil enzymology]*. Moskva: Nauka [in Russian].
  15. Yakist gruntu. Vyznachennia dii zabrudniuvachiv na floru gruntu. Chastyna 2. Vplyv khimichnykh rehovyn na prorostannia ta rist vyschychk roslyn [Soil quality. Determination of the effect of pollutants on soil flora. Part 2. The effect of chemicals on the germination and growth of higher plants]. (2004). *DSTU ISO 11269-2 : 2002 (ISO 11269-2 : 1995, IDT from 12<sup>th</sup> Juli 2002)*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  16. Korsun, S.H. (2006). Sposib vyznachennia ekolohichnoi stiikosti gruntiv v ahrolandshtakh [Method for determining environmental sustainability of soils in agrolandscapes]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agrarian Science*, 6, 58–61 [in Ukrainian].
  17. Shatsman, D.O. (2019). Otsinka dii herbitysydiv na zabur'ianenist, rist i rozvytok roslyn kukurudzy za bezzminnoho vyroshchuvannia u Livoberezhnomu Lisostepi Ukrainy [Estimation of herbicides affect on weediness, growth and development of corn plants under the permanent growing in Left-Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 1, 109–116 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 29.07.2019