

УДК 631.8:631.9:631.963

ВПЛИВ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ І МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

Л. М. Скачок, Л. В. Потапенко, Н. І. Горбаченко

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14035, Україна; e-mail: 11205@ukr.net

Мета. Вивчити продуктивність біоенергетичних культур за різних систем удобрення у поєднанні з мікробними препаратами в ґрунтово-кліматичних умовах Полісся. **Методи.** Польовий, лабораторний, розрахунковий, математично-статистичний. **Результати.** Показано вплив систем удобрення та мікробних препаратів за вирощування проса лозовидного (світчграсу) та міскантусу в ґрунтово-кліматичних умовах Полісся. Встановлено, що за вирощування енергетичних культур доцільним є використання системи удобрення, що передбачає внесення 10 т/га соломи, біомаси проміжного люпинового сидерату та мінеральних добрив у нормі $N_{40}P_{15}K_{60}$. Обробка ризомів міскантусу і насіння проса лозовидного мікробними препаратами Мікрогумін та Поліміксобактерин дає змогу зменшити норму мінеральних добрив на 20 кг/га д. р. та сприяє підвищенню продуктивності біоенергетичних культур, виходу твердого палива та енергії з їх біомаси. Альтернативна система удобрення, де мінеральні добрива частково замінені мікробними препаратами (як Поліміксобактерином, так і Мікрогуміном), сприяла найбільшому в досліді зростанню урожайності проса лозовидного (суха речовина) — в 1,14 раза та міскантусу — в 1,15 раза проти традиційної системи удобрення (контроль). **Висновки.** Встановлено, що за вирощування нових видів енергетичних культур доцільним є використання органічних добрив (солома, сидерат) та обробка насіння проса лозовидного і ризомів міскантусу мікробними препаратами Мікрогумін або Поліміксобактерин. Ця система удобрення забезпечує зростання урожайності проса лозовидного на 14 %, міскантусу — на 14–16 % до традиційної системи удобрення (гній + NPK). За такої умови отримано максимальний розрахунковий вихід твердого палива та енергії з біомаси проса, відповідно — 10,1 т/га та 161,6 ГДж, міскантусу — 14,4–14,6 т/га та 230,6–234,1 ГДж, що на 13 і 13–15 % більше за показники системи «гній + NPK».

Ключові слова: система удобрення, мікробні препарати, сидерат, міскантус, просо лозовидне.

Вступ. У зв'язку зі зростанням цін на імпортований природний газ стає актуальним заміна його на дешевші аналоги — тверді види палива. При цьому важливим є використання енергетичного потенціалу нових видів сільськогосподарських культур. Значна кількість рослин була досліджена для визначення потенційної можливості використання їх як енергетичних культур, але лише кілька видів мають комерційний рівень і вирощуються на великих площах. Серед них найбільш поширеними є міскантус та просо лозовидне (забезпечуючи щорічне відростання, використовуються протягом 10–15 років, підготовка ґрунту та догляду не потребує великих енергетичних затрат, щорічно збира-

ється високий урожай з використанням звичайної сільськогосподарської техніки) [1]. У період вегетації потреба рослин міскантусу в мінеральних добривах є низькою, завдяки розвиненій кореневій системі, яка проникає досить глибоко і може використовувати поживні речовини з глибших шарів ґрунту. Крім того, поживні речовини, які накопичуються в ризомах, використовуються повторно у новому вегетаційному періоді [2–3].

Значний потенціал організації енергетичних плантацій (верба, тополя, міскантус тощо), спеціально вирощених на землях, які нині не використовують (території, що піддалися радіоактивному забрудненню або використовуються в Україні неефективно),

може забезпечити підвищення частки біомаси в енергетичному балансі країни до 20–25 % [4].

Україна має всі підстави для того щоб стати країною «зеленої» енергетики — всебічного й повного використання біомаси. Розвиток біоенергетичних технологій зменшить залежність країни від імпортованих енергоносіїв, підвищить її енергетичну безпеку завдяки організації енергопостачання на базі місцевих відновлюваних ресурсів, створить значну кількість нових робочих місць (переважно в сільських районах), зробить великий внесок у поліпшення екологічної ситуації.

Це спонукає до пошуку принципово нових підходів у розробці комплексної технології виробництва біопалива з максимальним використанням органічних речовин та створенням маловідходних технологічних циклів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рослини міскантусу та проса лозовидного (світчграсу) не вимогливі до якості ґрунту, їх можна вирощувати на деградованих, малопродуктивних землях та на полях зі схилами. Вони не вимогливі до вмісту поживних речовин у ґрунті, але, як і інші культури, добре реагують на удобрення.

Аналіз літературних джерел свідчить, що азотні добрива впливають на збільшення висоти рослин міскантусу та кількості пагонів у середньому на 9,5 та 24,0 % відповідно, врожайність сухої біомаси — до 31,5 % [5].

За сучасних умов розвитку інтенсивного землеробства сидерацію та побічну продукцію на добрива необхідно розглядати як важливу ланку енерго- та ресурсощадних екологічно безпечних біологізованих технологій вирощування сільськогосподарських культур. Адже поєднання соломи із сидератами посилює гумусотвірну здатність ґрунту за рахунок надходження додаткової органічної речовини та інтенсифікації розвитку мікроорганізмів, здатних покращувати мінеральне живлення рослин, що в результаті сприяє підвищенню врожайності [6; 7].

Мета досліджень — вивчити продуктивність біоенергетичних культур за різних систем удобрення у поєднанні з мікробними препаратами у ґрунтово-кліматичних умовах Полісся.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили за загальноприйнятими

науковими та спеціальними агрономічними методами досліджень [8].

Агрохімічні аналізи ґрунту проводили за загальноприйнятими методиками [9]. Ґрунт дослідної ділянки — дерново-глейовий супіщаний з такою агрохімічною характеристикою орного шару: вміст гумусу (за Тюріним) — 2,1 %, рН_{сол.} 6,8, легкогідролізованого азоту — 6,3 мг / 100 г ґрунту, рухомих форм фосфору — 6,7, калію обмінного — 7,9 мг / 100 г ґрунту.

Польові досліді проводили з двома культурами — міскантусом та просом лозовидним.

Схеми польових дослідів були однаковими і включали такі варіанти:

1. Гній, 40,0 т/га + N₄₀P₁₅K₆₀ — контроль.
2. БіоПроФерм — за вмістом NPK еквівалентно вар. 1 (6 т/га).
3. Сидерат + солома, 10 т/га + N₄₀P₁₅K₆₀.
4. Сидерат + солома, 10 т/га + N₄₀K₆₀ + Поліміксобактерин.
5. Сидерат + солома, 10 т/га + N₂₀P₁₅K₆₀ + Мікрогумін.

БіоПроФерм — органічне добриво, виробляється методом природної ферментації органічної сировини, компонентами якої є гній, курячий послід, торф, тирса та інші органічні матеріали. Вміст макроелементів: азот — 25–30 г/кг; фосфор — 20–25 г/кг; калій — 10–15 г/кг; кальцій — 18–20 г/кг; кислотність — 6,3–7,2 (нейтральна); вміст мікроелементів: залізо, марганець, цинк, бор, мідь, кобальт, молібден. Вміст азоту в розрахунку на суху речовину — 3,2 %, фосфору — 3,3 %, калію — 1,5 % [10].

Поліміксобактерин — мікробний препарат. Механізм дії препарату на розвиток рослин пов'язаний з властивістю бактерії *Paenibacillus polymyxa* KB, яка є біологічною основою препарату, продукувати комплекс регуляторів росту природного походження, а також органічні кислоти та фосфатазу, що сприяє розчиненню важкорозчинних мінеральних й органічних фосфатів ґрунту. Поліміксобактерин сприяє підвищенню росту і розвитку рослин, їхньої стійкості до хвороб та поліпшенню фосфатного живлення рослин, знижує фітотоксичну дію пестицидів, поліпшує якість продукції, збільшує врожайність сільськогосподарських культур [11].

Мікрогумін — комплексний препарат,

має у складі бактеріальний компонент (бактерії роду *Azospirillum*) та екстракт біогумусу (вермикомпосту), що містить фізіологічно активні речовини. Підвищує активність асоціативної азотфіксації, сприяє мобілізації ґрунтових фосфатів, стимулює ріст і розвиток культур [11].

Мікробні препарати застосовували для передпосівної інокуляції насіння проса лозовидного та ризомів міскантусу. Доза внесення Мікрогуміну з розрахунку на гектар становила 200 г та Поліміксобактерину — 150 мл.

Як проміжний сидерат використовували люпин вузьколистий. Урожайність біомаси сидерату — 18,0 т/га.

Площа облікової ділянки для міскантусу — 50 м², для світчграсу — 10 м².

Статистичну обробку одержаних результатів здійснювали згідно з існуючими методиками [8] та за використання комп'ютерної програми Statistica 6.0.

Результати досліджень. Результати проведених досліджень показують, що в середньому листовий апарат у біоенергетичних культур світчграсу та міскантусу інтенсивно розвивається з початку відновлення

вегетації і до вересня. За альтернативної системи удобрення, де гній у традиційній системі удобрення був замінений на БіоПроФерм або на біомасу сидерату і соломи, а мінеральні добрива — на мікробні препарати Мікрогумін або Поліміксобактерин, площа листків обох культур збільшувалася на початку вегетації значно інтенсивніше проти контролю: у посівах світчграсу на 7–21 %, а в посадках міскантусу на 7–19 % (табл. 1 і 2).

Встановлено, що площа листків за вирощування проса лозовидного (фаза — наливання зерна) та міскантусу (фаза — дозрівання) за використання сидерату — люпину вузьколистого та соломи — збільшилась на 6 % проти контролю (гній, 40,0 т/га + N₄₀P₁₅K₆₀).

В середньому за роки дослідження чиста продуктивність фотосинтезу в посівах міскантусу була максимальною у період інтенсивного росту рослин і склала 6,74–7,24 г/м² за добу. Ці ж показники по світчграсу були майже однаковими у період від початку цвітіння до наливання зерна і становили, відповідно, 4,03–4,37 та 4,30–4,57 г/м² за добу.

Таблиця 1. Фотосинтетична діяльність рослин світчграсу залежно від систем удобрення та мікробних препаратів

Варіанти дослідів	Через 20 днів після відновлення вегетації		Інтенсивний ріст (початок цвітіння)		Наливання зерна		Фотосинтетичний потенціал, млн м ² /га за добу
	максимальна площа листків, тис. м ² /га	чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² за добу	максимальна площа листків, тис. м ² /га	чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² за добу	максимальна площа листків, тис. м ² /га	чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² за добу	
Гній, 40,0 т/га + N ₄₀ P ₁₅ K ₆₀	19,99	1,35	74,38	4,03	79,51	4,30	3,91
БіоПроФерм — еквівалентно вар. 1	21,42	1,39	75,15	4,17	83,20	4,37	4,00
Сидерат + солома, 10 т/га + N ₄₀ P ₁₅ K ₆₀	22,10	1,41	75,87	4,24	84,00	4,39	4,05
Сидерат + солома, 10 т/га + N ₄₀ K ₆₀ + Поліміксобактерин	23,40	1,48	76,92	4,32	85,32	4,46	4,16
Сидерат + солома, 10 т/га + N ₂₀ P ₁₅ K ₆₀ + Мікрогумін	24,18	1,51	77,73	4,37	86,70	4,57	4,28

Таблиця 2. Фотосинтетична діяльність рослин міскантусу залежно від різних елементів систем удобрення

Варіанти дослідів	Через 20 днів після відновлення вегетації		Інтенсивний ріст (викидання волоті)		Дозрівання		Фотосинтетичний потенціал, млн м ² /га за добу
	максимальна площа листків, тис. м ² /га	чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² за добу	максимальна площа листків, тис. м ² /га	чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² за добу	максимальна площа листків, тис. м ² /га	чиста продуктивність фотосинтезу, г/м ² за добу	
Гній, 40,0 т/га + N ₄₀ P ₁₅ K ₆₀	13,10	2,34	44,76	6,74	59,84	6,58	5,85
БіоПроФерм — еквівалентно вар. 1	14,00	2,36	46,85	6,88	62,76	6,78	6,17
Сидерат + солома, 10 т/га + N ₄₀ P ₁₅ K ₆₀	14,24	2,37	47,47	7,00	63,20	6,82	6,20
Сидерат + солома, 10 т/га + N ₄₀ K ₆₀ + Поліміксобактерин	15,54	2,41	49,50	7,24	65,27	7,07	6,41
Сидерат + солома, 10 т/га + N ₂₀ P ₁₅ K ₆₀ + Мікрогумін	15,42	2,38	48,31	7,19	64,17	6,95	6,36

У середньому за роки досліджень за використання альтернативних джерел органічних добрив та за використання мікробного препарату Мікрогуміну відзначено найвищий фотосинтетичний потенціал 4,28 (млн м² / га) × днів у рослин світчграсу, який перевищив контроль на 9 %.

Фотосинтетичний потенціал у рослин міскантусу за використання альтернативних джерел органічних добрив та використання мікробних препаратів Мікрогуміну або Поліміксобактерину був майже однаковим, відповідно 6,36 і 6,41 (млн м² / га) × днів, що вище від контролю на 9–10 %.

У середньому за роки досліджень система удобрення, що включала альтернативні джерела органічних добрив (солома, 10 т/га + сидерат поєднано з біопрепаратами та мінеральними добривами або БіоПроФермом), не поступалася традиційній органо-мінеральній системі удобрення за вирощування біоенергетичних культур (табл. 3).

Так, у середньому за п'ять років при вирощуванні проса лозовидного одержано приріст зеленої маси на рівні 7–18 %, міскантусу — 9–16 %. За використання БіоПроФерму

отримано приріст зеленої маси на просі лозовидному 7 %, на міскантусі — 9 %, за використання сидерату — люпину вузьколистого та соломи — відповідно — на 14 % і 10 % проти контролю (гній, 40,0 т/га + N₄₀P₁₅K₆₀).

Найбільшу біомасу досліджуваних культур отримано у варіанті за використання альтернативних джерел органічних добрив (солома + сидерат) та використання мікробних препаратів Поліміксобактерину і Мікрогуміну. Приріст біомаси рослин проса лозовидного становив, відповідно, 17–18 %, міскантусу — 16–15 %.

Встановлено, що просо лозовидне забезпечило вихід з 1 га сухої речовини на рівні 8,1–9,2 т/га, міскантус — 11,5–13,3 т/га. За використання Біопроферму отримано приріст урожайності сухої речовини на просі лозовидному 6 %, на міскантусі — 7 %, за органо-мінерального удобрення (сидерат + солома + N₄₀P₁₅K₆₀) відповідно на 12 % і 10 % проти контролю.

Альтернативна система удобрення, де кількість мінеральних добрив зменшена і натомість використано мікробні препарати, сприяла найбільшому зростанню урожайнос-

Таблиця 3. Урожайність біоенергетичних культур, вихід твердого палива та енергії з одиниці площі в середньому за п'ять років вирощування залежно від різних систем удобрення та мікробних препаратів

Варіанти досліджу	Просо лозовидне							Міскантус						
	урожайність			урожайність сухої речовини		вихід твердого палива, т/га	вихід енергії, ГДж	урожайність			урожайність сухої речовини		вихід твердого палива, т/га	вихід енергії, ГДж
	т/га	приріст		т/га	приріст, %			т/га	приріст	т/га	приріст, %			
		± т/га	%			± т/га	%							
Гній, 40,0 т/га + N ₄₀ P ₁₅ K ₆₀ — контроль	16,5	–	100	8,1	100	8,9	142,4	24,2	–	100	11,5	100	12,7	203,2
БіоПроФерм — еквівалентно вар. 1	17,6	1,1	107	8,6	106	9,5	152,0	26,4	2,2	109	12,3	107	13,5	216,0
Сидерат + солома, 10 т/га + N ₄₀ P ₁₅ K ₆₀	18,8	2,3	114	9,1	112	10,0	160,0	26,5	2,3	110	12,6	110	13,9	222,4
Сидерат + солома, 10 т/га + N ₄₀ K ₆₀ + Поліміксобактерин	19,3	2,8	117	9,2	114	10,1	161,6	28,0	3,8	116	13,3	116	14,6	234,1
Сидерат + солома, 10 т/га + N ₂₀ P ₁₅ K ₆₀ + Мікрогумін	19,5	3,0	118	9,2	114	10,1	161,6	27,9	3,7	115	13,1	114	14,4	230,6
НР ₀₅	1,10							1,72						

ті сухої речовини проса лозовидного — в 1,14 раза проти традиційної системи удобрення (контролю).

Аналогічно, більші прирости сухої речовини міскантусу до показників контролю отримано з варіанту, де система удобрення містила невисоку норму туків, біомасу сидерату, 10 т/га соломи та використання Поліміксобактерину і Мікрогуміну — відповідно 16 і 14 %.

За вирощування проса лозовидного в середньому з біомаси отримано твердого біопалива в межах від 8,9 до 10,1 т/га, міскантусу — 12,7–14,6 т/га. У процесі визначення отриманої з одиниці площі енергії більші прирости до контролю (традиційної системи удобрення) отримано з варіанту, де альтернативна система удобрення містила органічні добрива (сидерат + солома, 10 т/га), зменшену кількість мінеральних добрив та мікробні препарати Мікрогумін або Поліміксобактерин: по просу лозовидному — 13 %, по міскантусу — 13–15 %.

Найбільший вихід твердого палива в середньому за роки дослідження для проса лозовидного становив 10,1 т/га, міскантусу — 14,6 т/га.

Висновки. Встановлено, що за вирощування нових видів енергетичних культур (міскантусу і проса лозовидного) доцільним є використання альтернативних джерел органічних добрив (солома, сидерат) та обробка насіння і ризомів мікробними препаратами Мікрогумін або Поліміксобактерин, що дає змогу зменшити норми мінеральних добрив. В середньому за п'ять років вирощування за альтернативної системи удобрення з використанням мікробних препаратів урожайність сухої речовини проса лозовидного зростала на 14 %, міскантусу — на 14–16 % до показників контролю (гній + НРК). За такої умови отримано максимальний розрахунковий вихід твердого палива та енергії з біомаси: проса лозовидного, відповідно — 10,1 т/га та 161,6 ГДж, міскантусу — 14,4–14,6 т/га та 230,6–234,1 ГДж, що на 13 і

13–15 % більше контрольних значень.

Отже, в технологіях вирощування біоенергетичних культур — міскантусу та проса лозовидного — доцільним є використання альтернативної системи удобрення в поєднанні з мікробними препаратами.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Роїк М. В., Гонтаренко С. М., Лашук С. О. Сучасний стан розвитку селекції та реєстрації представників роду *Miscanthus* в Україні та світі. *Наукові праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 21. С. 249–254.

2. Tuomisto H. L., Hodge I. D., Riordan P., Macdonald D. W. Comparing energy balances, greenhouse gas balances and biodiversity impacts of contrasting farming systems with alternative land uses. *Agricultural Systems*. 2012. No. 108. P. 42–49. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.01.004>

3. Nishiwaki A., Mizuguti A., Kuwabara S. Discovery of natural *Miscanthus* (Poaceae) triploid plants in sympatric populations of *Miscanthus sacchariflorus* and *Miscanthus sinensis* in southern Japan. *American Journal of Botany*. 2011. January, Vol. 98. P. 154–159.

4. Роїк М. В., Курило В. Л., Гументик М. Я., Квак В. М. Енергетичні культури для виробництва біопалива. *Енергозбереження та альтернативні джерела енергії: проблеми і шляхи їх вирішення*. 2010. Т. 7. С. 12–17.

5. Курило В. Л., Гументик М. Я., Квак В. М., Замойський В., Морозова І. Продуктивність міс-

кантусу залежно від густоти стояння рослин та дози внесення мінеральних добрив в умовах західної частини Лісостепу України. *Матер. міжнар. науково-практ. інтернет-конференції, присвяченої 150-річчю від дня народження академіка Д. М. Прянишникова та Міжнародному Дню агрохіміка (Львів, 8–10 червня 2015 р.)*. Львів, 2015. С. 267–275.

6. Бовсуновський А. М. Вплив побічної продукції та сидерату на гумусний стан світлосірого ґрунту. *Землеробство*. 2009. Вип. 81. С. 47–51.

7. Мартиненко В. М., Сенченко Н. К., Собко М. Г. Вплив системи удобрення та способів основного обробітку ґрунту на агрохімічні властивості чорнозему типового. *Вісник Сумського нац. аграр. ун-ту. Серія: Агрономія і біологія*. 2014. Вип. 3. С. 51–56.

8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.

9. Ковальчук В. П., Васильев В. Г., Бойко Л. В., Зосимов В. Д. Сборник методов исследования почв и растений. К. : Труд-ГриПол-XXI вік, 2010. 252 с.

10. Виробництво та використання органічних добрив : монографія / І. А. Шувар, О. М. Бунчак, О. Б. Сендецький та ін.; за заг. ред. І. А. Шувара. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2015. 596 с.

11. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях (науково-практичні рекомендації) / За ред. В. В. Волкогона. Київ, 2015. 248 с.

Отримано 20.06.2018

UDC 631.8:631.9:631.963

INFLUENCE OF FERTILIZING SYSTEMS AND MICROBIAL PREPARATIONS ON CAPACITY OF BIOENERGETIC CULTURES

L. M. Skachok, L. V. Potapenko, N. I. Horbachenko

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv
e-mail: 11205@ukr.net

Objective. Study capacity of bioenergetic cultures in different fertilizing systems in combination with microbial preparations in soil and climatic conditions of Polissia. **Methods.** Field, laboratory, computational, mathematical and statistical. **Results.** The influence of fertilizing systems and microbial preparations during cultivation of switch grass and sward grass in the soil and climatic conditions of Polissia has been shown. It was established that under cultivation of energy crops, it is expedient to use fertilizing system, which involves introduction 10 t/ha straw, biomass of intermediate lupine manure and mineral fertilizers in the ratio of N₄₀P₁₅K₆₀. Treatment of rhizomes of sward grass and seeds of switch grass with microbial preparations Mikrohumин and Polimiksobak-

tery allow to reduce the ratio of mineral fertilizers by 20 kg/ha active substance and contributes to increasing the capacity of bioenergy crops, the release of solid fuels and energy from their biomass. An alternative fertilizing system, where mineral fertilizers were partially replaced by microbial preparations (such as Polimiksobakteryn and Mikrohumyn), contributed to the largest increase of yield of switch grass in the study (dry matter) — 1.14 times and of sward grass — 1.15 times compared to the traditional fertilizing system (control). **Conclusion.** It has been established that under the cultivation of new varieties of energy crops, it is expedient to use organic fertilizers (straw, green manure) and treat seeds of switch grass and rhizomes of sward grass with microbial preparations Mikrohumyn or Polimiksobakteryn. This fertilizing system ensures a 14 % increase in the capacity of switch grass, and 14–16 % increase for sward grass compared to the traditional fertilizing system (animal manure + NPK). In this case, the maximum calculated yield of solid fuel and energy from switch grass biomass was obtained, respectively — 10.1 t/ha and 161.6 GJ, and sward grass — 14.4–14.6 t/ha and 230.6–234.1 GJ, that is 13 and 13–15 % higher than parameters of the system “animal manure + NPK”.

Key words: fertilizing system, microbial preparations, green manure, sward grass, switch grass.

REFERENCES

1. Roik, M. V., Hontarenko, S. M., & Lashuk, S. O. (2014). Suchasnyi stan rozvytku selektsii ta reiestratsii predstavnykiv rodu *Miscanthus* v Ukraini ta sviti [Current state of development of selection and registration of representatives of the genus *Miscanthus* in Ukraine and in the world]. *Naukovi pratsi In-tu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*, 21, 249–254 [in Ukrainian].
2. Tuomisto, H. L., Hodge, I. D., Riordan, P., & Macdonald, D. W. (2012). Comparing energy balances, greenhouse gas balances and biodiversity impacts of contrasting farming systems with alternative land uses. *Agricultural Systems*, 108, 42–49. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.01.004>
3. Nishiwaki, A., Mizuguti, A., & Kuwabara, S. (2011). Discovery of natural *Miscanthus* (Poaceae) triploid plants in sympatric populations of *Miscanthus sacchariflorus* and *Miscanthus sinensis* in southern Japan. *American Journal of Botany*, 98, 154–159. <http://doi.org/10.3732/ajb.1000258>
4. Roik, M. V., Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., & Kvak, V. M. (2010). Enerhetychni kultury dlia vyrobnytstva biopalyva [Energy crops for biofuel production]. *Enerhozberezhennia ta alternatyvni dzherela enerhii: problemy i shliakhy yikh vyrishennia*, 7, 12–17 [in Ukrainian].
5. Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., Kvak, V. M., Zamoiskyi, V., & Morozova, I. (2015, Juny). Produktyvniat miskantusu zalezno vid hustoty stoiania roslyn ta dozy vnesennia mineralnykh dobryv v umovakh zakhidnoi chastyny Lisostepu Ukrainy [Productivity of the miscanthus depending on the density of plants standing and the dose of mineral fertilizers in the conditions of the western part of the forest-steppe of Ukraine]. *Materials of the international scientific and practical Internet conference devoted to the 150th anniversary of the birth of Academician D. M. Pryanishnikov and the International Agrochemistry Day* (pp. 267–275), Lviv [in Ukrainian].
6. Bovsunovskyi, A. M. (2009). Vplyv pobichnoi produktsii ta syderatu na humusnyi stan svitlo-siroho gruntu [Influence of by-products and siderate on the humus state of light gray soil]. *Zemlerobstvo*, 81, 47–51 [in Ukrainian].
7. Martynenko, V. M., Senchenko, N. K., & Sobko, M. H. (2014). Vplyv systemy udobrennia ta sposobiv osnovnoho obrobitku gruntu na ahrokhimichni vlastyvoli chornozemu typovoho [Influence of fertilizer system and methods of basic tillage on the agrochemical properties of typical black soil]. *Visnyk Sumskoho nats. ahrar. un-tu. Serii : Ahronomiia i biolohiia*, 3, 51–56 [in Ukrainian].
8. Dosepov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experiment]. Moscow: Agropromizdat [in Russian].
9. Koval'chuk, V. P., Vasil'yev, V. G., Boyko, L. V., & Zosimy, V. D. (2010). *Sbornik metodov issledovaniya pochv i rasteniy* [Collection of soil and plant research methods]. Kyiv: Trud-GriPol-21vik [in Russian].
10. Shuvar, I. A. (Ed.). (2015). *Vyrobnytstvo ta vykorystannia orhanichnykh dobryv* [Production and use of organic fertilizers]. Ivano-Frankivsk: Symfoniia forte [in Ukrainian].
11. Volkohon, V. V. (Ed.). (2015). *Mikrobni preparaty v suchasnykh agrarnykh tehnologiyah* [Microbial preparations in modern agrarian technologies]. Kyiv [in Ukrainian].

Received 20.06.2018