Original researches

Productivity of giant miscanthus and soil fertility status for fertilizer application

Received: 02 July 2021
Revised: 17 July 2021
Accepted: 18 July 2021

V. V. Ivanina, M. Ya. Humenyk, V. M. Katelevsky
Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets NAASU, Kyiv, Ukraine

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets
NAASU, Klinichna st., 25, Kyiv, 03110,
Ukraine

Tel.: +38-096-766-97-42.
E-mail: v_ivanina@ukr.net
hmy@ukr.net
valerijkatelevskij_2020@ukr.net

Cite this article: Ivanina V. V., Humenyk M. Ya., Katelevsky V. M. (2021). Productivity of miscanthus and soil fertility status for fertilizer application. *Agrology*, 4(3), 131–136. doi: 10.32819/021016

Abstract. Miscanthus giant is a tall perennial herbaceous plant with a well-developed root system, which is used for biofuel production. The aim of the study was to establish the effect of giant miscanthus in the first year of growing season on the state of soil organic matter, removal and balance of nutrients and biological productivity of crops for fertilization. A four-year survey of the condition of miscanthus plantations was conducted at 'Veselo Podilska' research and breeding station during 2016–2019 in the forest-steppe zone of Ukraine. Indicators of biomass productivity of giant miscanthus and the state of fertility of the grant for fertilizer application in the area of the left-bank of the Forest-Steppe of Ukraine for the production of solid biofuels are characterized. In the first year of the growing season, giant miscanthus produces more organic matter in the root system than in its terrestrial biomass – 2.5 and 1.6 tons of dry matter/ha, respectively. It was found that foliar fertilization with microfertilizers significantly increased the yield of terrestrial biomass of giant miscanthus in the background of mineral fertilizers. The highest biological yield of ground mass of giant miscanthus was achieved with the introduction of $N_{60}P_{60}K_{60}$ and two foliar fertilization with microfertilizer Vympel-K, 0.5 l/ha: yield of terrestrial biomass – 3.1 tons of dry matter/ha with the advantage of control without fertilizers – 1.5 tons/ha. In the first year of cultivation miscanthus giant uses a small amount of nutrients from the soil: nitrogen – 20.4–33.8 kg/ha, phosphorus – 3–5.3 kg/ha, potassium – 6.1–12.4 kg/ha. The application of $N_{30}P_{30}K_{30}$ fertilizers was sufficient to form a balanced and expanded balance of nutrients in the soil. The application of mineral fertilizers did not affect the dynamics of organic matter in typical chernozem. Growing giant miscanthus in the first year of the growing season ensured the stability of the organic matter content in the soil at the level of 4.04–4.11%. At the same time, the content of mobile phosphorus at the end of the growing season decreased by 17–18 mg/kg, potassium – by 13–43 mg/kg of soil. Reducing the content of mobile forms of phosphorus and potassium in the soil at the end of the growing season leads to efficient use of plant nutrients, chemical transformation of phosphorus into insoluble compounds and non-exchange adsorption of potassium ions by the soil complex in the biocenosis of miscanthus.

Keywords: miscanthus giant; yield; above and underground biomass; bioenergetic crop.

Продуктивність міскантусу гігантського та стан родючості ґрунту за внесення добрив

В. В. Іваніна, М. Я. Гументик, В. М. Кателевський
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, м. Київ, Україна

Анотація. Міскантус гігантський є високорослою багаторічною трав'янистою рослиною з добре розвинутою кореневою системою, яку використовують для виробництва біопалива. Метою досліджень було встановити вплив міскантусу гігантського першого року вегетації на стан органічної речовини ґрунту, винос і баланс елементів живлення та біологічну продуктивність культури за внесення добрив. Чотирирічне обстеження стану насаджень міскантусу проводили на Веселоподільській дослідно-селекційній станції протягом 2016–2019 рр. в лісостеповій зоні України. Наведено показники продуктивності біомаси міскантусу гігантського та стан родючості ґрунту за внесення добрив у зоні лівобережного Лісостепу України для виробництва твердих видів біопалива. У перший рік вегетації міскантус гігантський продукує більше органічної речовини в ґрунті, ніж у його наземній біомасі – відповідно 2,5 та 1,6 т/га сухої речовини. Встановлено, що позакореневі підживлення мікродобривами істотно підвищують врожайність наземної біомаси міскантусу гігантського на фоні внесення мінеральних добрив. Найвищого біологічного врожаю наземної маси міскантусу гігантського досягнуто за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ та проведення двох позакорневих підживлень мікродобривом Вимпел-К (0,5 л/га): врожайність наземної біомаси – 3,1 т/га сухої речовини з перевагою до контролю (без добрив) – 1,5 т/га. У перший рік вирощування міскантус гігантський використовує з ґрунту незначну кількість елементів живлення: азоту – 20,4–33,8 кг/га, фосфо-

ру – 3,0–5,3 кг/га, калію – 6,1–12,4 кг/га. Внесення добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ було достатнім для формування врівноваженого та розширеного балансу елементів живлення в ґрунті. Застосування мінеральних добрив не впливало на динаміку органічної речовини в чорноземі типовому. Вирощування міскантусу гігантського першого року вегетації забезпечило стабільність вмісту органічної речовини в ґрунті на рівні 4,04–4,11%. Разом з тим уміст рухомого фосфору на кінець вегетації зменшився на 17–18 мг/кг, калію – на 13–43 мг/кг ґрунту. Зменшення вмісту рухомих форм фосфору і калію в ґрунті на кінець вегетації приводить до ефективного використання елементів живлення рослинами, хімічної трансформації фосфору в малорозчинні сполуки та необхідної адсорбції іонів калію ґрунтовым комплексом у біоценозі міскантусу.

Ключові слова: міскантус гігантський; урожайність; наземна і підземна біомаса; елементи живлення; біоенергетична культура.

Вступ

У сучасній концепції альтернативних джерел енергії у біоенергетиці відводиться чільне місце, де вирощування біоенергетичних культур має вирішити енергетичні проблеми сільських громад та соціальної структури сільської місцевості (Roik et al., 2019). Біоенергетика – це новий напрям в енергетичній сфері, який передбачає залучення частини земельних угідь для вирощування енергетично привабливих культур з метою отримання твердого, рідкого палива та біогазу (Bielski, 2015).

Життєздатність і перспективність енергетичного проекту залежить від сталості технологій вирощування біоенергетичних культур, дотримання принципів екологічної стабільності та економічної доцільності (Blanco-Canqui, 2016). Міскантус гігантський є досить перспективною біоенергетичною культурою (Brosse et al., 2012; Katelevskij et al., 2020). Цю культуру можна вирощувати на малородючих землях, виведених за межі сільськогосподарського призначення (Anderson et al., 2011). Рациональне застосування органо-мінеральних добрив позитивно відображається на рості і розвитку рослин міскантусу (Drazic et al., 2017). При цьому збільшується як надземна, так і підземна маса рослини, більш інтенсивнішим стає перебіг фізіолого-біохімічних реакцій, покращується фотосинтез, і все вкупі сприяє підвищенню врожайності біомаси (Lopushniak et al., 2021). Адже з кожним урожаєм з ґрунту щорічно виносяться макро- і мікроелементи, збіднюючи його (Anderson et al., 2011; Matyka & Kus, 2016). Тому з урахуванням окупності, застосування мінерального добрива є необхідним, як елемент технології, для забезпечення збалансованого живлення рослини міскантус. У деяких регіонах, де вирощують міскантус як альтернативну енергокультуру, є потреба у внесенні мінеральних добрив, що і стало предметом вивчення. Незважаючи на незначний винос мінеральних елементів вегетативною масою міскантусу, дослідники пропонують різні, економічно підтверджені дози добрив і терміни їх внесення (Schwarz et al., 1994). А оскільки в кореневищах міскантусу в перший рік зберігається достатня кількість поживних речовин, то зазвичай ґрунт у цей період не удобрюють (Lee et al., 2017).

Рослини міскантусу є особливо чутливими до нестачі азотного живлення, бо порушується метаболізм, зокрема, біосинтез амінокислот та пігментів. У цьому зв'язку підживлення азотними добривами в дозі 50 кг/га підвищує врожайність біомаси на 16 % (Beale et al., 2017).

Недостатність фосфорного живлення також негативно впливає на метаболізм рослин, особливо морфогенез, адже фосфор входить до складу багатьох органічних сполук, у тому числі й нуклеїнових кислот. Пригнічується при цьому і синтез білків (Haines et al., 2014). За нестачі калію в рослинах відбуваються порушення в обміні речовин, особливо страждає синтез амілази та інвертази, збільшується накопичення заліза в стеблових вузлах, що негативно впливає на переміщення пластичних речовин від листків до коренів (Roncucci et al., 2014).

У контексті наведеного забезпечення реалізації продук-

тивного потенціалу міскантусу є передумовою застосування комплексних мінеральних добрив. Рекомендовані дози добрив і терміни їх внесення розроблено в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України: азот – 60–90 кг/га (після появи сходів); фосфор – 30–43 кг/га діючої речовини, калій – 120–150 кг/га діючої речовини, а також магній – 20–25 кг/га – під оранку (Sinchenko, 2017). Однак у розрізі ґрунтово-кліматичних умов вирощування, а також з урахуванням агрохімічного складу ґрунту ці дози необхідно коригувати, ґрунтуючись на спеціальних дослідженнях.

Проте сьогодні ще мало відомо про екологічну значимість міскантусу, тобто про його фітомеліоративний вплив на родючість ґрунту.

Метою наших досліджень було встановити вплив міскантусу гігантського першого року вегетації на стан органічної речовини ґрунту, винос і баланс елементів живлення та біологічну продуктивність культури за внесення добрив.

Матеріал та методи

Роботи проводили протягом 2016–2019 рр. на Веселопільській ДСС Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків (ІБКіЦБ НААН). Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий слабкосолонцюватий малогумусний середньосуглинковий. За результатами хімічного аналізу середньозваженого зразка, відібраного в орному шарі 0–30 см, отримана певна агрохімічна та фізико-хімічна характеристики ґрунту: рН сольове – 7,4–7,6; сума ввібраних основ – 40 мг-екв на 100 г ґрунту; вміст гумусу за Тюрнімом – 4,8–5,1%; рухомий фосфор та калій за Мачигінім – відповідно 42–45 та 152–167 мг/кг ґрунту; лужногідролізований азот за Корнфільдом – 110–115 мг/кг ґрунту.

Схема досліджень включала такі варіанти: фактор А – дози мінеральних добрив: 1) без добрив; 2) $N_{30}P_{30}K_{30}$; 3) $N_{60}P_{60}K_{60}$; фактор Б – дворазове позакореневе внесення мікродобрив: 1) без обробки; 2) Квантум Голд; 3) Вимпел-К.

У системі комплексного живлення міскантусу були використані мінеральне добриво – нітроамофоска ($N_{15}P_{15}K_{15}$), універсальне комплексне рідке мікродобриво Квантум Голд, що містить чотири макроелементи та сім мікроелементів, фітогормони ауксинового типу 3 г/л, гумінові речовини та амінокислоти (1,5 л/га), універсальний препарат Вимпел-К, що включає поліетиленоксиди – 770 г/л та бурштиново-гуматний комплекс – 33 г/л (0,5 л/га). Мікродобрива вносили двічі у фазі двох–чотирьох пар справжніх листків.

Площа ділянки – 300 м², облікової – 50 м². Розміщення варіантів у досліді – систематичне послідовне, повторність чотириразова.

У вересні поле зорали на глибину 0–30 см, ранньою весною закрили вологу, безпосередньо перед висаджуванням провели обробіток ґрунту. Мінеральні добрива вносили перед садінням ризом. У першій–третій декадах квітня, залежно від настання фізичної стиглості ґрунту, посадковий матеріал міскантусу гігантського сорту “Осінній зорецвіт” (ІБКіЦБ НААН України)

висаджували на глибину 8–10 см з густотою 15 тис. шт./га. Облік урожаю біомаси проводили пробними ділянками з використанням електронних вагів з точністю до 1 г, повторність чотириразова. Для визначення виносу та балансу елементів живлення в агроценозі міскантусу гігантського використовували розрахунковий метод.

Вміст елементів живлення в рослинних зразках визначали після мокрого озолення за Гінзбургом та ін.: азот – за К'ельда-лем згідно з ДСТУ 7169-2010, фосфор – згідно з ГОСТ 26657-97, калій – методом полуменеві фотометрії.

Погодні умови в роки досліджень різнилися за кількістю опадів та середньомісячною температурою повітря. 2016 рік

дози мінеральних добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ врожайність сухої речовини наземної біомаси становила 1,8 т/га, підземної – 2,8 т/га; за дози $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 2,5 та 3,2 т/га, відповідно. У підземній біомасі істотно вищою була частина ризом з перевагою до маси коренів за дози $N_{30}P_{30}K_{30}$ – в 1,6 раза, $N_{60}P_{60}K_{60}$ – в 1,3 раза.

Біологічна врожайність міскантусу гігантського значно зростала на варіанті позакореневого внесення мікродобрив. Проведення такого підживлення мікродобривом Квантум Голд (1,5 л/га) на фоні контролю без добрив підвищило врожайність сухої речовини наземної біомаси на 0,4 т/га, мікродобривом Вимпел-К (0,5 л/га) – на 1,0 т/га за абсолютних показників відповідно 2,0 та 2,6 т/га. Мікродобриво Вимпел-К (0,5 л/га)

Таблиця 1. Вплив добрив на врожайність наземної і підземної біомаси міскантусу гігантського першого року вегетації, 2016–2019 рр.

№ вар.	Добриво	Мікродобрива	Урожайність сухої речовини, т/га			
			наземна біомаса	підземна біомаса		
				корені	ризми	разом
1	Без добрив	Вода (контроль)	1,6	0,7	1,8	2,5
2		Квантум Голд	2,0	0,8	1,7	2,5
3		Вимпел-К	2,6	0,9	2,3	3,2
4	$N_{30}P_{30}K_{30}$	Вода (контроль)	1,8	0,8	2,0	2,8
5		Квантум Голд	2,1	0,9	2,1	3,0
6		Вимпел-К	3,1	1,4	3,3	4,7
7	$N_{60}P_{60}K_{60}$	Вода (контроль)	2,5	1,0	2,2	3,2
8		Квантум Голд	2,6	0,9	2,1	3,0
9		Вимпел-К	3,1	1,3	2,9	4,2

був надмірно вологим з кількістю опадів за вегетаційний період 392 мм, тоді як 2017–2018 роки зареєстровані як посушливі. В цілому погодні умови в роки досліджень були сприятливі для вирощування міскантусу гігантського. Статистична обробка результатів досліджень зроблена з використанням програми Excel 10, STATISTICA 12.

Результати

Отримані дані показали, що міскантус гігантський є досить ошадливою культурою, і яка навіть після першого року вегетації покращує баланс поживних речовин у ґрунті (табл.1) У дослідях з вирощування міскантусу гігантського на природному фоні родючості (без внесення добрив) урожайність сухої речовини наземної біомаси становила 1,6 т/га, підземної – 2,5 т/га, що в 1,6 раза було більшим. Підземна біологічна маса міскантусу була представлена переважно ризомами – 1,8 т/га за маси коренів – 0,7 т/га, що було меншим у 3 рази. Рослини міскантусу гігантського в перший рік вегетації спрямовували свій біологічний потенціал на формування генеративних органів – ризом за відносно невисоких темпів розвитку самої кореневої системи. Суха маса коренів відносно до сухої маси наземного біологічного врожаю становила 44%, тоді як у більшості сільськогосподарських культур вона перевищує 100%. Отже, за відчуження з ґрунту ризом на посадкові цілі ґрунт у перший рік вирощування міскантусу забезпечувався органічною речовиною в невисоких обсягах.

Внесення мінеральних добрив істотно підвищило біологічну врожайність наземної і підземної біомаси міскантусу гігантського під час вирощування його на чорноземі типовому. З внесенням

збільшило врожайність ризом у ґрунті з 1,8 до 2,3 т/га сухої речовини, тоді як внесення Квантум Голд (1,5 л/га) практично не впливало на їх врожайність.

За внесення Квантум Голд (1,5 л/га) на фоні $N_{30}P_{30}K_{30}$ врожайність сухої речовини наземної біомаси становила 2,1 т/га, на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 2,6 т/га з перевагою до мінерального фону удобрення – 0,3 та 0,1 т/га, відповідно. Застосування в позакореневе підживлення Вимпел-К (0,5 л/га) підвищило врожайність сухої речовини наземної біомаси до фону добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ зросла на 1,3 т/га, фону $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 0,6 т/га. Мікродобриво Вимпел-К (0,5 л/га) також активувало розвиток кореневої системи міскантусу гігантського, істотно збільшило врожайність сухої біомаси коренів та ризом.

У перший рік вирощування рослини міскантусу гігантського в наземній біомасі накопичували переважно азот – 1,13–1,27% за вмісту фосфору і калію – 0,14–0,21% та 0,24–0,57%, відповідно (табл.2).

Хімічний склад підземної біомаси міскантусу гігантського дещо відрізнявся від наземної його частини. У підземних стеблах “ризоммах” рослини міскантусу містили азоту 0,9–1,4%, фосфору – 0,2–0,3%, калію – 0,9–1,6%; коріннів – 1,0–1,3%, 0,2% та 0,4–0,6%, відповідно. Винос елементів живлення з ґрунту в агроценозі міскантусу гігантського першого року був незначним: азоту – 20,4–33,8 кг/га, фосфору – 3,0–5,3 кг/га, калію – 6,1–12,4 кг/га. Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ формувало зрівноважений баланс азоту в ґрунті і сприяло накопиченню в ньому фосфору та калію. Доза добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ істотно поповнювала ґрунт усіма елементами живлення.

У перший рік вегетації рослини міскантусу гігантського в ризоммах накопичували значну кількість азоту і калію, коренях

– азоту за незначного вмісту фосфору в обох складових кореневої системи (табл.3).

Внесення мінеральних добрив не впливало на хімічний склад ризом і коренів, тоді як проведення позакоренових підживлень мікродобривами Квантум Голд (1,5 л/га) та Вимпел-К (0,5 л/га) зменшило вміст азоту і калію в ризомах.

3 урожаєм ризом рослини міскантусу гігантського в пер-

ший рік вегетації виносили азоту 15,3–29,7 кг/га, фосфору – 3,4–6,8, калію – 15,3–36,3; коренів – 7,7–13,0; 1,4–2,8 та 3,6–6,0 кг/га, відповідно (табл.4).

Загальний винос елементів живлення кореневою системою в перший рік вегетації становив по азоту 23–43 кг/га, фосфору – 5–10, калію – 19–42 кг/га. Коренева система порівняно з наземною біомасою накопичувала азоту більше в 1,2 раза, фосфору – в 1,9 раза, калію – в 1,6 раза.

Таблиця 2. Вміст елементів живлення та винос наземним урожаєм міскантусу гігантського в перший рік вегетації, 2016–2019 рр.

№ вар.	Добриво	Мікродобриво	Вміст, %			Винос, кг/га		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1		Вода (контроль)	1,27	0,20	0,57	20,4	3,2	9,1
2	Без добрив	Квантум Голд	1,16	0,15	0,32	23,2	3	6,4
3		Вимпел-К	1,23	0,15	0,36	31,9	3,9	9,4
4		Вода (контроль)	1,24	0,21	0,50	22,3	3,8	9,0
5	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Квантум Голд	1,17	0,14	0,29	24,6	2,9	6,1
6		Вимпел-К	1,06	0,15	0,30	32,9	4,7	9,3
7		Вода (контроль)	1,22	0,21	0,49	30,5	5,3	12,3
8	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	Квантум Голд	1,13	0,15	0,24	29,4	3,9	6,2
9		Вимпел-К	1,09	0,14	0,40	33,8	4,3	12,4

Таблиця 3. Вміст елементів живлення в підземній біомасі міскантусу гігантського у перший рік вегетації, %

№ вар.	Добриво	Мікродобриво	Підземне стебло “ризом”			Корені “мочкова система”		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1		Вода (контроль)	1,3	0,2	1,6	1,1	0,2	0,6
2	Без добрив	Квантум Голд	0,9	0,2	0,9	1,0	0,2	0,5
3		Вимпел-К	1,2	0,2	1,1	1,0	0,2	0,5
4		Вода (контроль)	1,4	0,3	1,5	1,3	0,2	0,6
5	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Квантум Голд	1,0	0,2	0,9	1,0	0,2	0,4
6		Вимпел-К	0,9	0,2	1,1	0,9	0,2	0,4
7		Вода (контроль)	1,2	0,2	1,3	1,2	0,2	0,6
8	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	Квантум Голд	0,9	0,2	1,0	1,1	0,2	0,5
9		Вимпел-К	1,0	0,2	1,0	1,0	0,2	0,4

Таблиця 4. Винос елементів живлення підземною біомасою міскантусу гігантського в перший рік вегетації, кг/га

№ вар.	Добрива	Мікродобрива	Підземне стебло “ризом”			Коренів “мочкова система”		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1		Вода (контроль)	23,4	3,6	28,8	7,7	1,4	4,2
2	Без добрив	Квантум Голд	15,3	3,4	15,3	8,0	1,6	4,0
3		Вимпел-К	27,6	4,6	25,3	9,0	1,8	4,5
4		Вода (контроль)	28,0	4,0	30,0	10,4	1,6	4,8
5	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Квантум Голд	21,0	4,2	18,9	9,0	1,8	3,6
6		Вимпел-К	29,7	6,6	36,3	12,6	2,8	5,6
7		Вода (контроль)	26,4	4,4	28,5	12,0	2,0	6,0
8	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	Квантум Голд	18,9	4,2	21,0	9,9	1,8	4,5
9		Вимпел-К	29,0	5,8	29,0	13,0	2,6	5,2

На момент садіння міскантусу в орному шарі чорнозему вилугуваного 0–30 см містилося гумусу 4,04–4,13%, лужногидролізованого азоту 108–119 мг/кг, рухомого фосфору та калію – 56–51 та 224–232 мг/кг ґрунту, що відповідало середньому та високому рівням забезпечення ґрунту органічною речовиною й елементами живлення (табл.5).

Протягом першого року вегетації міскантусу гігантського в ґрунті спостерігали незначну варіабельність вмісту органічної речовини по варіантах дослідів зі стабілізацією на момент збирання врожаю на рівні 4,04–4,11%. Уміст лужногидролізованого азоту в перший рік вегетації міскантусу гігантського зменшився

речовини в ґрунті. Це може бути наслідком зменшення кількості операцій з механічного обробітку ґрунту в насадженнях міскантусу і, як наслідок, зниження швидкості щорічної мінералізації гумусу в ґрунті (Winkler et al., 2020). Застосування мінеральних добрив не впливало на динаміку органічної речовини в чорноземі типовому. Зменшення вмісту рухомих форм фосфору і калію в ґрунті на кінець вегетації сприяє ефективному використанню елементів живлення рослинами, хімічний трансформації фосфору в малорозчинні сполуки та необмінний адсорбції іонів калію ґрунтовым комплексом у біоценозі міскантусу.

Таблиця 5. Динаміка вмісту гумусу та елементів живлення в ґрунті протягом першого року вегетації міскантусу гігантського, мг/кг ґрунту

№ вар.	Добриво	Мікродобриво	Весна				Осінь			
			гумус, %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	гумус, %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1		Вода (контроль)	4,04	114	59	226	4,07	110	40	199
2	Без добрив	Квантум Голд	4,07	120	58	227	4,06	108	38	194
3		Вимпел-К	4,12	123	61	224	4,07	108	40	181
4		Вода (контроль)	4,06	125	61	227	4,10	116	44	203
5	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Квантум Голд	4,04	116	56	229	4,07	108	43	195
6		Вимпел-К	4,07	125	61	227	4,04	115	45	193
7		Вода (контроль)	4,06	133	60	224	4,05	111	46	209
8	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	Квантум Голд	4,09	128	63	232	4,11	119	44	219
9		Вимпел-К	4,13	127	61	226	4,09	116	45	212

з 114–133 мг/кг на початку вегетації до 108–109 мг/кг ґрунту на кінець вегетаційного періоду, що є наслідком сезонної трансформації азоту в більш складні органічні форми та його мінералізації у ґрунті. Забезпеченість ґрунту рухомими сполуками фосфору і калію в цей період вегетації міскантусу гігантського знизилася. Вміст рухомого фосфору зменшився з 56–63 мг/кг на початку вегетації до 38–46 мг/кг на кінець вегетаційного періоду; рухомого калію – відповідно з 224–232 до 181–219 мг/кг ґрунту.

Обговорення

За результатами проведення польових досліджень встановлено, що проведення позакореневих підживлень мікродобривами Квантум Голд (1,5 л/га) та Вимпел-К (0,5 л/га) зменшило вміст азоту і калію в ризомах. Такий результат може бути наслідком перерозподілу елементів живлення на потреби наземної біомаси міскантусу, яка істотно зростала з внесенням мікродобрив.

Визначено, що позакореневі підживлення мікродобривами істотно підвищили врожайність наземної біомаси міскантусу гігантського на фоні внесення мінеральних добрив. Застосування сучасних форм мікродобрив на фоні мінеральних добрив у цілому приводить до підвищення біопродуктивності (Garcia et al., 2011; Ghasemi et al., 2014; Souri et al., 2017) та покращення екологічної якості наземної біомаси рослин (Souri et al., 2016).

На фоні розвинутої кореневої системи, яка є джерелом утворення гумусу, рослини міскантусу гігантського в перший рік вирощування забезпечили стабільність вмісту органічної

Висновки

У перший рік вегетації рослини міскантусу гігантського продукували більше органічної речовини в ґрунті у формі коренів та ризом, ніж у наземній його біомасі. За варіантах вирощування міскантусу гігантського на природному фоні родючості (без внесення добрив) урожайність сухої речовини наземної біомаси становила 1,6 т/га, підземної – 2,5 т/га, при цьому підземна біомаса була представлена переважно ризомами – 1,8 т/га за маси коренів – 0,7 т/га.

Найвищою врожаю наземної біомаси міскантусу гігантського досягнуто за внесення N₆₀P₆₀K₆₀ та проведення двох позакореневих підживлень мікродобривами Вимпел-К (0,5 л/га): врожайність сухої речовини біомаси – 3,1 т/га з перевагою до контролю (без добрив) – 1,5 т/га.

У перший рік вирощування міскантус гігантський не спричиняв істотного навантаження на ґрунтову систему. Винос елементів живлення з ґрунту був незначним: азоту – 20,4–33,8 кг/га, фосфору – 3,0–5,3 кг/га, калію – 6,1–12,4 кг/га. Внесення дози добрив N₃₀P₃₀K₃₀ було достатнім для формування врівноваженого та розширеного балансу елементів живлення у ґрунті.

Вирощування міскантусу гігантського першого року вегетації забезпечило стабільність вмісту органічної речовини у ґрунті на рівні 4,04–4,11%. Уміст рухомого фосфору на кінець вегетації зменшився на 17–18 мг/кг, калію – на 13–43 мг/кг ґрунту, що пов'язане з використанням елементів живлення рослинами та їх трансформацію у ґрунті.

У подальших дослідженнях передбачено визначити довготривалий вплив стартової післядії від внесення комплексного

мінерального добрива на структуру, врожайність та розподіл поживних речовин у наземній і підземній біомасі міскантусу гігантського.

References

- Anderson, E., Arundale, R., Maughan, M., Oladeinde, A., Wycislo, A. & Voigt, T. (2011). Growth and agronomy of *Miscanthus x giganteus* for biomass production. *Biofuels*, 2(1), 71–87. <https://doi.org/10.4155/bfs.10.80>
- Beale, C. V., & Long, S. P. (1997). Seasonal dynamics of nutrient accumulation and partitioning in the perennial C4-grasses *Miscanthus x giganteus* & *Spartina cynosuroides*. *Biomass Bioenergy*, 12, 419–428. doi: 10.1016/S0961-9534(97)00016-0
- Blanco-Canqui, H. (2016). Growing Dedicated Energy Crops on Marginal Lands and Ecosystem Services Soil Sci. Soc. Am. J., 80, 845–858
- Brosse, N., Dufour, A., Meng, G X., Sun, & Q. Ragauskas, A. (2012). Miscanthus: a fast-growing crop for biofuels and chemicals production. *Review: Biofuels, Bioproducts & Biorefining*, 1–19. <https://doi.org/10.1002/bbb.1353>
- Drazic, G., Milovanovic, J., Ikanovic, J. & Petric, I. (2017). Influence of fertilization on *Miscanthus x giganteus* (Greef et Deu) yield and biomass traits in three experiments in Serbia. *Plant Soil Environ.*, 63, 189–193. doi: 10.17221/156/2017-PSE
- Garcia, A.L., Madrid, R., Gimeno, V., Rodriguez-Ortega, W.M., Nicolas, N. & Garcia-Sanchez, F. (2011). The effects of amino acids fertilization incorporated to the nutrient solution on mineral composition and growth in tomato seedlings. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(3), 852–886. doi: 10.5424/sjar/20110903-399-10
- Ghasemi, S., Khoshgoftarmanesh, A.H., Afyuni, M., & Hadadzadeh, H. (2014). Iron (II) – amino acid chelates alleviate salt – stress induced oxidative damages on tomato grown in nutrient solution culture. *Scientia Horticulturae*, 165, 91–98. doi: 10.1016/j.scienta.2013.10.037
- Geletukha, G., Zhelyezna, T., Lakyda, D., Vasylyshyn, R., Zibtsev, S., Lakyda, I., Butcher, H. (2010). Potential of biomass for energy in Ukraine. Kyiv, 27.
- Haines, S.A., Gehl, R., Haylin, J.L., Ranney, T. (2014) Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Effects on Establishment of Giant Miscanthus. *BioEnergy Research*, 8(1). doi: 10.1007/s12155-014-9499-4
- Katelevskij, V., Gumentyk, M., Kharytonov, M. (2020). Plant growth stimulants influence on *Miscanthus x giganteus* biomass index in forest – steppe zone of Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXIII (1), 341–345.
- Lee, M.S., Wycislo, A., Guo, J., Lee, D. K., Thomas Voigt nitrogen (2017). Fertilization Effects on Biomass Production and Yield Components of *Miscanthus x giganteus*. *Front. Plant Sci.* <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00544>
- Lopushniak, V., Hrytsuliak, H., Gumentyk, M., Kharytonov, M., Barchak, B. (2021). The formation of the leaf surface area and biomass of the miscanthus giganteus plants depending on the sewage sludge rate...E3S Web of Conferences 280. *Technological, Social and Economic Matters* (ICSF 2021). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128006009>
- Matyka, M. & Kus, J. (2016). Influence of soil quality for yielding and biometric features of *Miscanthus x giganteus*. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(1), 213–219. <https://doi.org/10.15244/pjoes/60108>
- Roik, M. V., Sinchenko, V. M., Bondar, V. S., Fursa, A. V., Humentyk, M. Ya. (2015). Kontseptsiiia rozvytku bioenerhetyky v Ukraini na period do 2035 roku. *Bioenerhetyka*. 2019. Vyp. 2. S. 4-9. Bielski, S. The agricultural production of biomass for energy purposes in Poland. *Agriculture & Forestry*, 61(1), 153–160
- Roncucci, N., Di Nasso, N.N., Tozzini, C., Bonari, E., Ragolini, G. (2014). *Miscanthus x giganteus* nutrient concentrations and uptakes in autumn and winter harvests as influenced by soil texture, irrigation and nitrogen fertilization in the Mediterranean- <https://doi.org/10.1111/gcbb.12209>
- Schwarz, H., Liebhard, P., Ehrendorfer, K., Ruckebauer, P. (1994) The effect of fertilization on yield and quality of *Miscanthus sinensis* “Giganteus”. 2 (3), 153–159. [https://doi.org/10.1016/0926-6690\(94\)90031-0](https://doi.org/10.1016/0926-6690(94)90031-0)
- Sinchenko, V.M. (2017). Miskantus – perspektyvna bioenerhetychna kultura. *Bioenerhetyka*, 2 (10), 15–19
- Souri, M.K. (2016). Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review. *Open Agriculture*, 1, 118–123. <https://doi.org/10.1515/opag-2016-0016>
- Souri, M.K., Sooraki, F.Y. & Moghadamyar, M. (2017). Growth and quality of cucumber, tomato, and green bean under foliar and soil applications of an aminochelate fertilizer. *Hortic. Environ. Biotechnol*, 58(6), 530 – 536.
- Winkler, B., Mangold, A., Cossel, M., Clifton-Brown, J., Pogrzeba, M., Lewandowski, I., Iqbal, Y., Kiesel, A. (2020). Renewable and Sustainable Energy Reviews. Implementing miscanthus into farming systems: A review of agronomic practices, capital and labour demand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.11005>