Original researches

Efficiency of Influence of Foliar Treatment by Plant Growth Regulators on the Parameters of Miscanthus Biomass

V. M. Katelevsky

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Received: 24 December 2019

Revised: 26 December 2019

Accepted: 27 December 2019

 Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet
 of NAAS of Ukraine, Klynychna Str., 25, Kyiv,
 03141, Ukraine

Tel.: +38-097-766-97-42

E-mail: 2013zvityfin@gmail.com

Cite this article: Katelevsky, V. M. (2020). Efficiency of influence of foliar treatment by plant growth regulators on the parameters of miscanthus biomass. *Agrolology*, 3(1), 19–24. doi: 10.32819/020003

Abstract. Growing of highly productive perennial plants becomes the guarantee of opportunity of stable provision with raw materials for the production of solid biofuels in modern conditions. The purpose of the research was to increase yielding capacity of Miscanthus biomass at the expense of the nutritional background and foliar top dressing. Four-year observations of the condition of Miscanthus plantations were performed at Station in the Forest-steppe zone of Ukraine during 2016–2019. Over the years of observations, a noticeable effect of background nutrition in combination with foliar feeding, plant growth regulators and growth stimulants and their one-time and double treatments has been revealed. The highest result was obtained in 2016 with an excessive amount of moisture during the growing season – 392 mm. In the first variant of *factor A* with the one-time treatment by means of preparation Quantum Gold the leaf surface was 46.7 thousand m²/ha; on the nutritional background N₃₀P₃₀K₃₀ with one-time treatment by means of preparation Vympel-K – 45.6 thousand m²/ha; with increase of the dose of mineral fertilizers on the nutritional background twice (N₆₀P₆₀K₆₀) at one-time treatment with the preparation Vympel-K the leaf surface was 45 thousand m²/ha. The lowest results were obtained in 2017, when 183 mm of precipitation was registered during the entire growing season. In the first variant of the same *factor A* at one-time treatment with the preparation Quantum Gold the leaf surface was 3.8 thousand m²/ha, in the second variant, when treated with the preparation Vympel-K, its leaf surface was 7.4 thousand m²/ha, in the third variant (control) – 11.4 thousand m²/ha. In the control variants of *factor B*, the leaf surface area with the application of mineral fertilizers (second and third variants of *factor A*) increased. In consideration of the data obtained, it can be argued that the application of mineral fertilizers had the positive effect on plant growth and development, even with a critically minimal amount of precipitations. The application of the preparation Quantum Gold significantly affects the growth and development of the aboveground part of the Miscanthus gigantic. The application of the preparation Vympel-K stimulates the development of the root system and increases the yielding capacity of the investigated crop.

Keywords: miscanthus; leaf surface; mineral fertilizers; plant growth regulators.

Ефективність впливу позакореневої обробки ростовими регуляторами рослин на параметри біомаси міскантусу

В. М. Кателевський

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, м. Київ, Україна

Анотація. В умовах сьогодення вирощування високопродуктивних багаторічних рослин стає запорукою можливості стабільного забезпечення сировиною для виробництва твердого біопалива. Мета досліджень полягала в підвищенні врожайності біомаси міскантусу зарахунок фону живлення та позакореневого підживлення. Чотирирічне обстеження стану насаджень міскантусу проводилося на Весело-Подільській дослідно-селекційній станції протягом 2016–2019 рр. у лісостеповій зоні України. За роки спостережень виявлено помітний вплив фонових живлення в поєднанні з позакореневою обробкою, регуляторами росту й стимуляторами росту та їхньою одноразовою і дворазовою обробкою. Найвищий результат зафіксовано у 2016 р. за надмірної кількості вологи в період вегетації – 392 мм. У першому варіанті фактора *A* з одноразовою обробкою препаратом Квантум Голд листкова поверхня становила 46,7 тис. м²/га; на фоновому живленні N₃₀P₃₀K₃₀ з одноразовою обробкою препаратом Вимпел-К – 45,6 тис. м²/га; з підвищенням дози мінеральних добрив на фоні живлення удвічі N₆₀P₆₀K₆₀ одноразова обробка препаратом Вимпел-К листкова поверхня становила 45 тис. м²/га. Найменші результати отримали у 2017 р., коли за весь вегетаційний період зареєстровано 183 мм опадів. У першому варіанті цього ж фактора *A* з одноразовою обробкою препаратом Квантум Голд листкова поверхня становила 3,8 тис. м²/га, у другому, при обробці препаратом Вимпел-К, її площа дорівнювала 7,4 тис. м²/га, у третьому варіанті (контроль) – 11,4 тис. м²/га. У контрольних варіантах фактора *B* площа листової поверхні зі застосуванням мінеральних добрив (другий та третій варіанти фактора *A*) збільшується. З огляду на отримані дані, можна стверджувати, що застосування мінеральних добрив позитивно впливає на ріст та розвиток рослини,

навіть за критично мінімальної кількості опадів. Використання препарату Квантум Голд помітно впливає на ріст та розвиток надземної частини міскантусу гігантського. Застосування препарату Вимпел-К стимулює розвиток кореневої системи і підвищує врожайність досліджуваної культури.

Ключові слова: міскантус; листкова поверхня; мінеральні добрива; регулятори росту рослин.

Вступ

В останні роки в Україні значна увага приділяється підвищенню ефективності використання біопалива та біоенергії, що сприятиме зменшенню залежності національної економіки від імпорту енергоносіїв, знизить її енергоємність і забезпечить стабільний економічний розвиток держави. Тому в Україні відбуваються позитивні зміни в енергетичній політиці, спрямовані на просування біомаси як палива у вигляді тріски, січки, пелет та гранул (Synchenko, 2017). Запровадження державних програм, спрямованих на скорочення обсягу споживання природних викопних видів палива та розвиток відновлювальної енергетики, буде сприяти швидкому становленню вітчизняного ринку біопалива. Невипадково й обрано шлях використання ростових стимуляторів для підвищення адаптивного потенціалу міскантусу гігантського.

Відомо, що накопичення сухої біомаси рослин відбувається завдяки процесу фотосинтезу, що перебігає в листях. Утворені в листках під час фотосинтезу органічні речовини слугують структурно-енергетичним матеріалом для росту і розвитку рослини та накопичення в її вегетативних органах (стебла, гілки, корені тощо) енергетично цінних речовин. У результаті цього процесу в листовому апараті синтезується 90–95% сухої речовини рослин (Nychurogovich, 1969). Результати наукових досліджень показують, що зменшення асимілюючої поверхні веде до зниження продуктивності рослин. Доведено, що найбільш сприятливі умови для формування врожаю основних культурних рослин створюються тоді, коли загальна площа листків у 3–4 рази перевищує площу ґрунту, що зайнята рослинами (Tanchyk & Mokriyenko, 2008).

Багаторічна рослина міскантус продемонструвала стабільний потенціал з виходу біомаси порівняно з іншими генотипами (Brosse, Dufour, Meng, Sun, & Ragauskas, 2012; Da Borsso, Di Marzo, Zuliani, Damiso, & Baldini, 2018). Високий рівень виробництва біомаси і можливість вирощування на малородючому ґрунті робить культуру міскантус гігантський надзвичайно придатною для виробництва паливної сировини (Heaton, Clifton-Brown, Voigt, Jones, & Long, 2004; Milovanović, Dražić, Ikanović, Jurekova, & Rajković, 2012; Kharytonov et al., 2019). Міскантус гігантський має тип фотосинтезу C_4 . Ця рослина відзначається великим рівнем поглинання вуглекислого газу (Kazimierowicz & Dzienis, 2015). Екологічні обмеження та баланси парникових газів були оцінені на плантаціях міскантусу. При спалюванні біомаси міскантусу гігантського виділяється менше вуглекислого газу, ніж поглинається листовою поверхнею в процесі фотосинтезу.

Визначено, що генотипи міскантусу здатні знижувати виходи і виділяти на 40–99% менше закису азоту (N_2O) відносно однорічних звичайних культур (Di Vita, Pilato, Pecorino, Brun, & D'Amico, 2017). Посіви *Miscanthus* × *giganteus* досягають повної потенційної врожайності, незалежно від ґрунту, починаючи з третього року вегетації (Alexopoulou et al., 2015; Matyka & Kus, 2016). Відомо також, що будь-яка поживна реакція ґрунту значно залежить від його фізико-хімічних властивостей, кліматичних умов (Souri, 2016; Souri, Sooraki, & Moghadamyar, 2017; Hatamian, Rezaie Nejad, Kafi, Souri, & Shahbazi, 2019) і місця посадки ризом міскантусу (Anderson et al., 2011). Показано, що на параметри біомаси міскантусу можна позитивно впливати за допомогою регуляторів росту рослин, коли рослину вирощувати на ґрунті зі сприятливими фізи-

ко-хімічними показниками (Nebeska et al., 2019). На сьогодні майже всі дослідження з підживлення міскантусу поживними речовинами зосереджені на трьох елементах добрива. Сумісне внесення азоту, фосфору, калію суттєво підвищувало врожайність культури на четвертому і п'ятому роках розвитку на маргінальних землях (Dražić, Milovanović, Ikanović, & Petric, 2017). Доза внесення поживних речовин передусім залежить від типу ґрунту (Anderson et al., 2011). Необхідність розробки інноваційних технологічних підходів щодо вирощування культур другого покоління виникає з необхідності збільшення площі плантацій міскантусу в Україні. Напрямок наших досліджень являє великий інтерес для всіх аграріїв, оскільки пов'язаний з біоенергетичними культурами, зокрема з комплексним застосуванням мінеральних добрив та регуляторів росту під час вирощування міскантусу гігантського.

Мета досліджень включала вивчення впливу мінеральних добрив, позакореневого підживлення регуляторами росту на формування надземної та підземної біомаси міскантусу. Передусім необхідно було, по-перше, дослідити вплив мінеральних добрив на ріст та розвиток рослин міскантусу; по-друге, визначитися з кратністю позакоренових обробок; по-третє, дослідити вплив цих факторів на збільшення листового апарату рослини міскантус гігантський.

Матеріал та методи

Польові дослідження проводили на дослідному полі Весело-Подільської дослідно-селекційної станції (ВП ДСС) протягом 2016–2019 рр. Ґрунтовий покрив представлений чорноземом типовим слабкосолонцюватим малогумусним середньосуглинковим. Потужність гумусного горизонту коливається від 35 до 45 см з умістом гумусу від 3,6 до 4,2%. Уміст нітратного азоту становив 22–24 мг/кг ґрунту, рухомих форм фосфору 26–29, калію – 114–150 мг/кг ґрунту. Структура орного шару пилувато-грудочко-зерниста. Ґрунт добре забезпечений поживними елементами живлення, має задовільну родючість. Реакція ґрунтового розчину орного шару слабколужна, ближча до нейтральної (рН 7,2–7,4). Гідролітична кислотність ґрунтового розчину орного шару становить 0,37–0,39 мг-екв. на 100 г ґрунту. В роботі використана двофакторна схема польових дослідів (Yeshchenko, Korytko, Opryshko, & Kostogryz, 2005). Схемою дослідів передбачено проаналізувати дію і взаємодію двох факторів: А – норма внесення добрив; В – позакореневе одноразове і дворазове підживлення, *фактор А*: 1) без добрив; 2) $N_{30}P_{30}K_{30}$; 3) $N_{60}P_{60}K_{60}$; *фактор В*: 1) без обробки; 2) одноразова обробка: а) Квантум Голд, б) Вимпел-К; 3) дворазова обробка: а) Квантум Голд, б) Вимпел-К.

У польових дослідях були використані мінеральне добриво нітроамофоска, універсальне комплексне мікродобриво Квантум Голд, що містить чотири макроелементи та сім мікроелементів, фітогормони ауксинового типу – 3 г/л, гумінові речовини та амінокислоти, універсальний препарат Вимпел-К, що містить поліетиленоксиди – 770 г/л та бурштиново-гуматний комплекс – 33 г/л. Повторність досліді триразова. Розміщення варіантів – за систематичною схемою. Площа облікової ділянки 50 м², загальна – 300 м². Дослідження проводили на малопродуктивних ґрунтах, які не використовувалися декілька років. Наприкінці серпня механічним та хімічним способами ділянку очищали від сегетивної рослинності. У вересні здійснювали основний обробіток

грунту та вирівнювання поля, а навесні – закриття вологи та передсадивну культивуцію безпосередньо перед закладанням досліду. Мінеральне добриво вносили перед висаджуванням ризом міскантусу за схемою досліджень. Обприскування регуляторами росту проводили у фазі 3–4 справжні листки. У першій–третій декадах квітня, залежно від настання фізичної стиглості ґрунту, ризоми міскантусу гігантського сорту Осінній зорецвіт (оригінований ІБКіЦБ НААН України) висаджували на глибину 8–10 см з густотою 15 тис.шт./га. Погодні умови в роки досліджень відрізнялися за кількістю опадів, за середньомісячною температурою повітря. Наприклад, у 2016 р. зареєстрована надмірна кількість опадів за вегетаційний період (392 мм), тоді як у 2017 та 2018 роках їх відчутно не вистачало, але в цілому в Лівобережній частині Лісостепу України погодні умови були сприятливими для вирощування міскантусу гігантського.

Результати

За чотирирічний період досліджень площа листової поверхні рослин міскантусу істотно змінювалася, оскільки на них впливали такі фактори, як фон живлення, позакореневе підживлення, кратність обробки, а найголовніше – кількість опадів, як уже згадувалося. Найвищі результати відносно площі листової поверхні в міскантусі гігантського отримані наприкінці вегетаційного періоду 2016 р. в контрольному варіанті “фактора А” (без добрив) після одноразової обробки препаратом Квантум Голд (табл. 1). У цьому варіанті листові поверхні становили 46,7 тис.м²/га. Зі збільшенням кратності обробок регулятором росту, тобто, після другого разу, препарат виступав як інгібітор для рослини, що на 5 тис.м²/га зменшило об’єм листової поверхні.

Після обробки листя препаратом Вимпел-К було отримано середній показник за одноразової обробки і стимулятором росту – 34,5 тис.м²/га, підвищуючи кратність обробки до двох разів, об’єм листового апарату збільшено на 5,5 тис.м²/га. Найнижчі результати зареєстровано на контрольних варіантах – 29,3 тис.м²/га.

Фактор А – другий варіант. Внесення мінеральних добрив N₃₀P₃₀K₃₀ у перший рік на рост і розвиток міскантусу істотно

не вплинуло, навіть, навпаки, зменшило дію порівняно з першим варіантом фактора Б. За одноразової обробки регулятором росту листові поверхні зменшилися на 2,9 тис.м²/га, за дворазової площа листків становила 5,5 тис.м²/га. У контрольному варіанті зафіксовано зменшення площі на 4,4 тис.м²/га. Збільшення доз добрив у двократному розмірі (N₆₀P₆₀K₆₀) також не принесло користі. Порівняно з контрольним варіантом (без добрив) за одноразового внесення регулятора росту Квантум Голд площа стала меншою на 12,5 тис.м²/га, за дворазової – на 6,8 тис.м²/га. При використанні препарату Вимпел-К на цьому ж варіанті з одноразовою позакореневою обробкою площа збільшилася на 10,5 тис.м²/га. У першому варіанті площа була дещо нижчою, порівняно з другим варіантом, на 0,6 тис.м²/га. За дворазової обробки листові поверхні зросли на 0,1 тис.м²/га відносно першого та на 2,3 тис.м²/га відносно другого варіантів. Відповідні показники розмірів листової поверхні варіанта також були вищими від попередніх результатів: порівняно з першим варіантом – на 5,2 тис.м²/га, з другим варіантом – на 9,6 тис.м²/га. Встановлено, що на врожайність надземної біомаси рослин міскантусу гігантського в енергетичних плантаціях значною мірою впливає не тільки густина насаджень, але й догляд за ними. Особливу дію на ріст і розвиток досліджуваної рослини в перший рік відчував варіант поєднання доз добрив з позакореневим підживленням.

Результати визначення врожайності міскантусу за чотири роки свідчать про те, що найвищі показники були отримані у факторі А – з одноразовою позакореневою обробкою препаратом Квантум Голд – 3,2 т/га (табл. 2). Це на 1,3 т/га більше, ніж за одноразової обробки препаратом Вимпел-К; у разі повторної обробки отримали 2,9 т/га. У цьому варіанті врожайність була також вищою на 0,3 т/га, ніж при обробці препаратом Вимпел-К. Із застосуванням мінеральних добрив у дозі N₃₀P₃₀K₃₀ “фактор А – другий варіант” було отримано найкращий результат з дворазовим застосуванням препарату Вимпел-К, тобто 3,1 т/га – на одну тону більше порівняно з варіантом, де застосовували препарат Квантум Голд.

За одноразової обробки препаратами результат був дещо нижчим: використання регуляторів росту рослин Вимпел-К –

Таблиця 1. Вплив кратності позакореневої обробки міскантусу регуляторами росту на рівень листової поверхні, тис.м²/га

Фактор А	Фактор Б	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.
Без добрив	Вода (контроль)	29,3	3,8	17,8	6,5
	Квантум Голд*	46,7	3,8	14,7	19,7
	Квантум Голд**	41,7	10,7	16,9	12,8
	Вимпел-К*	34,5	4,4	15,7	14,2
	Вимпел-К**	40,5	4,2	18,4	16,2
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Вода (контроль)	24,9	12,5	24,8	14,2
	Квантум Голд*	43,8	15,7	25,6	13,8
	Квантум Голд**	36,2	15,5	28,6	8,6
	Вимпел-К*	45,6	7,4	17,6	17,6
	Вимпел-К**	38,3	7,4	19,7	20,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	Вода (контроль)	34,5	11,3	27,0	10,5
	Квантум Голд*	34,2	16,4	23,1	12,3
	Квантум Голд**	34,9	11,4	24,5	10,5
	Вимпел-К*	45,0	18,3	16,1	17,7
	Вимпел-К**	40,6	20,8	18,3	13,5

Примітка. Тут і далі в таблицях позакоренева обробка:

* – одноразова;

** – дворазова.

Таблиця 2. Середня чотирирічна надземна врожайність міскантусу, т/га

Фактор А	Фактор Б	Урожайність сухої біомаси по роках			
		2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.
Без добрив	Вода (контроль)	3,3	0,3	2,6	0,4
	Квантум Голд*	7,7	0,2	2,3	2,8
	Квантум Голд**	6,7	0,2	2,7	2,0
	Вимпел-К*	3,9	0,3	1,3	2,1
	Вимпел-К**	5,1	0,3	2,8	2,1
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Вода (контроль)	2,5	0,3	2,2	2,2
	Квантум Голд*	7,1	0,2	1,4	1,5
	Квантум Голд**	5,0	0,3	1,4	1,7
	Вимпел-К*	7,2	0,4	1,7	2,3
	Вимпел-К**	6,3	0,4	2,7	2,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	Вода (контроль)	3,9	0,2	3,7	2,0
	Квантум Голд*	3,1	0,3	4,4	1,9
	Квантум Голд**	4,7	0,3	2,2	1,3
	Вимпел-К*	5,6	0,4	2,7	1,9
	Вимпел-К**	5,5	0,4	4,7	1,8

Таблиця 3. Середня врожайність підземної біомаси, т/га

Фактор А	Фактор Б	Урожайність сухої біомаси по роках			
		2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.
Без добрив	Вода (контроль)	6,3	0,6	2,5	0,3
	Квантум Голд*	4,7	0,4	4,1	5,1
	Квантум Голд**	3,0	0,5	3,0	2,7
	Вимпел-К*	4,0	0,5	1,4	3,0
	Вимпел-К**	3,8	0,4	4,4	4,3
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	Вода (контроль)	4,7	0,5	2,7	4,9
	Квантум Голд*	3,6	0,5	6,3	2,1
	Квантум Голд**	3,9	0,6	2,6	3,3
	Вимпел-К*	5,4	1,1	2,8	3,4
	Вимпел-К**	5,7	0,9	6,9	5,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	Вода (контроль)	5,4	0,4	2,1	3,3
	Квантум Голд*	3,3	0,3	2,2	3,3
	Квантум Голд**	3,0	0,4	1,5	2,6
	Вимпел-К*	2,0	0,5	2,3	3,1
	Вимпел-К**	3,6	0,6	4,5	2,7

2,9 т/га, Квантум Голд – 2,5 т/га. Зі збільшенням доз добрив удвічі – N₆₀P₆₀K₆₀ встановлена різниця між другим і третім варіантами у факторі А. Підкреслимо, що мінеральні добрива все ж впливають на ріст та розвиток рослини. У контрольному варіанті (перший варіант, фактор А) урожайність становила 1,6 т/га, із застосуванням добрив у дозі N₃₀P₃₀K₃₀ – 1,8 т/га, зі збільшенням дози N₆₀P₆₀K₆₀ у два рази – 2,5 т/га.

На контрольному фоні живлення “фактор А, перший варіант” після одноразової позакореневої обробки препаратом Квантум Голд отримали врожайність 3,6 т/га, а після дворазової – 2,3 т/га. При обробці препаратом Вимпел-К, як одноразово, так і дворазово, був отриманий однаковий результат – 3,2 т/га, у контрольному варіанті 2,5 т/га.

У другому варіанті зі застосуванням мінеральних добрив у дозі N₃₀P₃₀K₃₀ після проведення дворазової позакореневої обробки препаратом Вимпел-К у другому варіанті (фактор А) було зареєстровано найвищий урожай підземної частини міскантусу гігантського – 4,7 т/га, після одноразової обробки – 3,2 т/га. Після одноразової обробки препаратом Квантум Голд урожай підземної частини міскантусу гігантського становив 3,1 т/га, а після дворазової обробки дорівнював 2,6 т/га. Серед усіх контрольних цей варіант був найкращим, з урожайністю 3,2 т/га.

У третьому варіанті, зі збільшенням дози добрив удвічі N₆₀P₆₀K₆₀, у контрольному варіанті отримали 2,8 т/га. Таку саму врожайність отримали і за дворазового застосування препара-

ту Вимпел-К, з одноразовою обробкою – 2 т/га. Позакоренева одноразова обробка препаратом Квантум Голд забезпечила врожайність на рівні 2,3 т/га, дворазова – 1,9 т/га.

На нашу думку, різниця в дії препаратів Квантум Голд і Вимпел-К пов'язана з їх складом. Наявність низки поживних мінеральних елементів (азоту, фосфору, калію і сірки) у препараті Квантум Голд сприяє розкриттю адаптивної дії мікроелементів як кофакторів ґрунтових та рослинних ферментів і забезпечує найбільший рівень надземної біомаси. Наявність біологічно активних органічних кислот та гумінових речовин у бурштино-гуматному комплексі препарату Вимпел-К дозволила добитися пришвидшення розвитку кореневої біомаси рослин міскантусу за умови внесення комплексного мінерального добрива у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$. Отже, вирощування рослин міскантусу гігантського з фоновим живленням і позакореневою одноразовою та дворазовою обробками є доцільним не тільки для продуктивного отримання надземної біомаси, але і для більш швидкого утворення кореневої системи.

Обговорення

Аналогічні дані були отримані після обробки міскантусу двома стимуляторами росту рослин Стімпо і Регоплант (Malinská et al., 2020). Усі регулятори росту рослин містять різні сполуки та екстракти, які стимулюють розвиток рослин (Verma, Ravindran, & Kumar, 2016; Schmidt et al., 2017). Вплив на рівень асиміляційної поверхні препарату Регоплант був вищим, і найкращі результати були зафіксовані за комбінованої обробки: замочування ризом перед посадкою і обприскування листя під час вегетації (Nebeská et al., 2019). Складові компоненти мінеральних добрив знаходяться в простих формах, які зазвичай мають низькі показники ефективності. Тому добрива використовуються у підвищених кількостях для отримання запланованого врожаю. Так, протягом останніх кількох десятиліть ціни на мінеральні добрива постійно зростають, але низька ефективність і методи застосування досі створюють певні екологічні проблеми. Перш за все, використання звичайних мінеральних добрив спрямоване на підвищення врожайності, але відповідно від геохімічних особливостей регіону видобутку калійних і особливо фосфорних руд (фосфоритів) разом із діючими поживними речовинами у ґрунт потрапляють і залишки деяких важких металів. Це спричиняє техногенне забруднення ґрунту, знижує біологічну активність ґрунтових мікробіоценозів (Kharytonov, Kroik, & Shupranova, 2007). Між тим, найкращою практикою управління поживним режимом ґрунту, що забезпечує належну екологічну якість біомаси рослин та захист навколишнього середовища, є органічне виробництво, яке передбачає відмову або суттєве скорочення застосування мінеральних добрив і пестицидів у традиційних системах землеробства (Bucheli-Witschel & Egli, 2001). Додатково до гумінових речовин амінохелатні добрива є перспективною формою живлення рослин в аграрному виробництві (Souri et al., 2017). Вони належать до нових форм добрив, які синтезуються на основі різних амінокислот. Застосування амінохелатів замість простих рутинних мінеральних добрив у цілому приводить до більш високої ефективності поглинання поживних речовин (Garcia et al., 2011; Ghasemi, Khoshgoftarmanesh, Afyuni, & Hadadzadeh, 2014; Souri & Yarahmadi, 2016) та зменшення негативних побічних ефектів (Souri, 2016). Біологічні речовини, які отримують з біокомпостів або після культивування мікроорганізмів у біореакторах, відносяться до групи природних хелатуючих агентів, які відіграють дуже важливу роль у підвищенні адаптивного потенціалу рослин.

Висновки

Одноразова обробка препаратами Квантум Голд та Вимпел-К (на агрофоні $N_{60}P_{60}K_{60}$) сприяє отриманню найвищо-

го рівня листової поверхні міскантусу. Використання препарату Квантум Голд є найбільш доцільним в отриманні високої показників надземної біомаси після дворазової обробки на фоні живлення $N_{30}P_{30}K_{30}$. Застосування досліджуваного препарату Вимпел-К забезпечує умови для збільшення кореневої біомаси міскантусу гігантського у варіанті з внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ після проведення дворазової позакореневої обробки. У кожному конкретному випадку треба аналізувати механізм дії ростового регулятора рослин з урахуванням ґрунтових і кліматичних умов вирощування міскантусу, що позначиться на виборі напряду – інтенсивного або органічного способу вирощування біомаси енергокультури. Саме це буде предметом вивчення в наших подальших дослідженнях.

References

- Alexopoulou, E., Zanetti, F., Scordia, D., Zegada-Lizarazu, W., Christou, M., Testa, G. ... & Monti, A. (2015). Long-Term Yields of Switchgrass, Giant Reed, and Miscanthus in the Mediterranean Basin. *BioEnergy Research*, 8(4), 1492–1499. doi: [10.1007/s12155-015-9687-x](https://doi.org/10.1007/s12155-015-9687-x)
- 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. doi: [10.4155/bfs.10.80](https://doi.org/10.4155/bfs.10.80)
- Brosse, N., Dufour, A., Meng, X., Sun, Q., & Ragauskas, A. (2012). *Miscanthus*: a fast-growing crop for biofuels and chemicals production. *Biofuels, Bioproducts & Biorefining*, 6(5), 1–19. doi: [10.1002/bbb.1353](https://doi.org/10.1002/bbb.1353)
- Bucheli-Witschel, M., & Egli, T. (2001). Environmental fate and microbial degradation of aminopolycarboxylic acids. *FEMS Microbiology Reviews*, 25(1), 69–106. doi: [10.1111/j.1574-6976.2001.tb00572.x](https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2001.tb00572.x)
- Da Borso, F., Di Marzo, C., Zuliani, F., Damiso, F., & Baldini, M. (2018). Harvest time and ensilage suitability of giant reed and miscanthus for biogas production and characterization of digestate for agronomic use. *Agronomy Research*, 16(1), 22–40. doi: [10.1515/AR.18.001](https://doi.org/10.1515/AR.18.001)
- Di Vita, G., Pilato, M., Pecorino, B., Brun, F., & D'Amico, M. A. (2017). Review of the Role of Vegetal Ecosystems in CO₂ Capture. *Sustainability*, 9, 1840. doi: [10.3390/su9101840](https://doi.org/10.3390/su9101840)
- Drazic, G., Milovanovic, J., Ikanovic, J., & Petric, I. (2017). Influence of fertilization on *Miscanthus x giganteus* (Greif et Deu) yield and biomass traits in three experiments in Serbia. *Plant Soil Environment*, 63(4), 189–193. doi: [10.17221/156/2017-PSE](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.10.037)
- Hatamian, M., Rezaie Nejad, A., Kafi, M., Souri, M. K., & Shahbazi, K. (2019). Growth characteristics of ornamental Judas tree (*Cercis siliquastrum* L.) seedling under different concentrations of lead and cadmium in irrigation water. *Acta Scientiarum polonorum Hortorum Cultus*, 18(2), 87–96. doi: [10.24326/asphc.2019.2.8](https://doi.org/10.24326/asphc.2019.2.8)
- Heaton, E. A., Clifton-Brown, J., Voigt, T. B., Jones, M. B., & Long, S. P. (2004). *Miscanthus* for renewable energy generation: European Union experience and projections for Illinois. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 9, 433–451. doi: [10.1023/B:MITI.0000038848.94134.be](https://doi.org/10.1023/B:MITI.0000038848.94134.be)

- Kazmierowicz, J., & Dzienis, L. (2015). Giant Miscanthus as a substrate for biogas production. *Journal of Ecological Engineering*, 16(4), 139–142. doi: [10.12911/22998993/59362](https://doi.org/10.12911/22998993/59362)
- Kharytonov, M., Kroik, A., & Shupranova, L. (2007). Steppe soils buffer capacity and the multipollution impact of industrial enterprises in Ukraine. In: C. Mothersill, I. Mosse, C. Seymour (Eds.), *Multiple Stressors: A Challenge for the Future* (pp. 373–380). Springer, Netherlands. doi: [10.1007/978-1-4020-6335-0_27](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6335-0_27)
- Kharytonov, M., Pidlisnyuk, V., Stefanovska, T., Babenko, M., Martynova N., & Rula, I. (2019). The estimation of Miscanthus × giganteus adaptive potential for cultivation on the mining and post-mining lands in Ukraine. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(3), 2974–2986. doi: [10.1007/s11356-018-3741-0](https://doi.org/10.1007/s11356-018-3741-0)
- Malinská, H., Pidlisnyuk, V., Nebeská, D., Erol, A., Medžová, A., & Trögl, J. (2020). Physiological Response of Miscanthus × giganteus to Plant Growth Regulators in Nutritionally Poor Soil. *Plants*, 9, 194. doi: [10.3390/plants9020194](https://doi.org/10.3390/plants9020194)
- Matyka, M., & Kus, J. (2016). Influence of soil quality for yielding and biometric features of Miscanthus × giganteus. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(1), 213–219. doi: [10.15244/pjoes/60108](https://doi.org/10.15244/pjoes/60108)
- Milovanović, J., Dražić, G., Ikanović, J., Jurekova, Z., & Rajković, S. (2012). Sustainable production of biomass through Miscanthus × giganteus plantation development. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, 10, 79–82.
- Nebeská, D., Pidlisnyuk, V., Stefanovska, T. R., Trögl, J., Shapoval, P., Popelka, J. ... & Malinska, H. (2019). Impact of plant growth regulators and soil properties on Miscanthus × giganteus biomass parameters and uptake of metals in military soils. *Reviews on environmental health*, 34(3). doi: [10.1515/reveh-2018-0088](https://doi.org/10.1515/reveh-2018-0088)
- Nychyporovych, A. A. (1969). Guidelines for accounting and control of the most important indicators of plant photosynthetic activity in crops. VASHNYL, Moscow (in Russian).
- Schmidt, C. S., Mrnka, L., Frantik, T., Motyka, V., Dobrev, P. I., & Vosátka, M. (2017). Combined effects of fungal inoculants and the cytokinin-like growth regulator thidiazuron on growth, phytohormone contents and endophytic root fungi in Miscanthus × giganteus. *Plant Physiology and Biochemistry*, 120, 120–131. doi: [10.1016/j.plaphy.2017.09.016](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.09.016)
- Souri, M. K. (2016). Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem: a review. *Open Agriculture*, 1, 118–123. doi: [10.1515/opag-2016-0016](https://doi.org/10.1515/opag-2016-0016)
- Souri, M. K., & Yarahmadi, B. (2016). Effect of amino chelates foliar application on growth and development of marigold (Calendula officinalis) plants. *Iranian J. of Plant Prod. Techn.*, 15(2), 109–119.
- 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. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 58(6), 530–536. doi: [10.1007/s13580-017-0349-0](https://doi.org/10.1007/s13580-017-0349-0)
- Synchenko, V. M. (2017). Miscanthus – perspective bioenergetic culture. *Bioenergy*, 2(10), 15–19 (in Ukrainian).
- Tanchyk, S. P., & Mokriyenko, V. A. (2008). Formulation of optimum square of asymylative cover – possibility to get high yield of corn grain. *Chemistry. Agronomy. Service*, 4, 12–15 (in Ukrainian).
- Verma, V., Ravindran, P., & Kumar, P. P. (2016). Plant hormone – mediated regulation of stress responses. *BMC PlantBiol*, 16(1), 86. doi: [10.1186/s12870-016-0771-y](https://doi.org/10.1186/s12870-016-0771-y)
- Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. G., Opryshko, V. P., & Kostogryz, P. V. (2005). Base of scientific research in agronomy. Diya, Kyiv (in Ukrainian).