

tillering stage in the experiment was approximately at the same level: in 2020, 24–30 cm and 2021, 12–16 cm. A tendency of the increase was noted only in the treatments with adsorbent. Starting from the stage of leaf-tube formation, the influence of the factor of foliar application of fertilizers increased significantly, the effectiveness of which increased against the background of the adsorbent application. In particular, in the treatment with potassium humate, the plants were 5–15 cm taller in both years of the experiment compared to the corresponding controls, and in the case of the combined application of potassium humate with AminoStar Antistress plant height exceeded by 5–25 cm. Soil deoxidation also had a positive effect on plant growth: on average of the treatments without liming, in the leaf-tube formation, the plants were 48–88 cm tall, while with the application of lime 54–115 cm. In 2020, similar patterns of this indicator formation were noted in the following stages of development. On the other hand, in 2021, at the later stages of the crop vegetation, the difference between these experimental treatments decreased, and in the harvesting stage, the plants in the treatments where lime was not applied were even taller by 6 cm. A similar situation was observed in the treatments with the combined application of the adsorbent and foliar application of humates: in the stage of leaf-tube formation, the plant height was significantly higher, but already in the flowering stage it was practically equal to the control treatments, and at the time of harvesting it was somewhat lower. **Conclusions.** The maximum values of the biometric parameters of switchgrass were obtained mostly in the treatments with the combination of all three investigated agrotechnical measures. At the same time, their formation was more significantly affected by the use of adsorbent and foliar feeding of plants than by liming the soil, the effect of which was mostly tendentious. At the same time, the effectiveness of these technological factors was largely determined by the weather conditions of the growing season, which in turn affected the growth processes of plants and caused certain variations in their biometric parameters over the years of research.

Keywords: soil liming; adsorbent; humate; plant height; plant density.

Надійшла / Received 15.07.2022

Погоджено до друку / Accepted 07.09.2022

УДК 633.9:631.54

DOI: <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.268946>

Вплив азотного удобрення та позакореневого підживлення на продуктивність та енергетичну ефективність плантацій міскантусу гігантського

О. І. Присяжнюк*, С. В. Пенькова

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, *e-mail: ollpris@gmail.com*

Мета. Удосконалити технологію догляду за плантаціями міскантусу гігантського та встановити особливості формування його продуктивності за використання різних видів добрив, починаючи з другого року вегетації культури. **Методи.** Дослідження виконували впродовж 2020–2021 рр. в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, що розташована в зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України. Схема досліду передбачала внесення навесні в зону рядка мінеральних добрив [аміачна селітра + сульфат амонію ($N_{24} + S_6$ кг/га д. р.), аміачна селітра (N_{24} кг/га д. р.)] та позакореневе підживлення гуматами (Вермісол, 8 л/га, Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га) і комплексним добривом з амінокислотами (Квантум Аміномакс 0,5 л/га). Мінеральні добрива вносили локально в міжряддя до появи сходів міскантусу, позакореневе підживлення рослин гуматами та антистресантом проводили

у фазі 5-ти листків культури та повторно через два тижні. **Результати.** Рослини міскантусу гігантського впродовж другого року вегетації формували від 18 до 37 пагонів із середньою масою від 76,3 до 111,0 г, максимальна маса однієї рослини при цьому досягала 4091 г. На наступний рік досліджень кількість стебел на одну рослину та їх середня маса зростали у 1,5–2 рази, а максимальна маса однієї рослини становила 7016 г. Урожайність біомаси міскантусу гігантського третього року вегетації становила 31,0–74,6 т/га, розрахунковий вихід твердого біопалива – 19,2–41,6 т/га, енергії – 315,5–683,2 ГДж/га. **Висновки.** За весняного підживлення мінеральними добривами (аміачна селітра + сульфат амонію, аміачна селітра) істотно зростали показники врожайності сирової біомаси, виходу твердого біопалива та енергії з гектара площі. Суттєвий позитивний вплив на продуктивність міскантусу гігантського мало й позакореневе підживлення препаратом Гуміфілд ВР-18. Найліпші показники продуктивності культури отримано у варіантах поєднання весняного удобрення аміачною селітрою із сульфатом амонію ($N_{24} + S_6$) з наступним дворазовим позакореневим підживленням гуматами (Вермісол, 8 л/га, Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га) та комплексним добривом з амінокислотами Квантум Аміномакс, 0,5 л/га.

Ключові слова: біопаливо; мінеральні добрива; гумати; амінокислоти; урожайність біомаси.

Вступ

Відновлювані джерела енергії в Україні та Європейському союзі за останні десятиліття перетворились на окрему високорозвинену індустрію, актуальним сегментом якої наразі є вирощування біоенергетичних культур, що забезпечують отримання великої кількості біомаси, придатної для перероблення на різні види біопалива.

Використання в біоенергетиці міскантусу має свої переваги: швидкий ріст рослин, можливість щорічного отримання великих обсягів біомаси та вирощування культури на малопродуктивних і забруднених землях. Створення високопродуктивних плантацій міскантусу гігантського за відповідної логістики може забезпечити стабільне завантаження виробничих потужностей біопаливних заводів та теплових електростанцій необхідною кількістю високоякісної біомаси з високим умістом лігніну та целюлози [1].

Останніми роками проводиться багато досліджень особливостей росту, розвитку та формування продуктивності цієї культури. Особливу увагу дослідники звертають на створення плантації міскантусу та догляд за рослинами у перший рік після висаджування ризом. Вважається, що в наступні роки вегетації, після успішної перезимівлі першого року, плантації міскантусу гігантського потребують мінімального догляду [2–6]. Проте, на нашу думку, є можливість підвищення ефективності вирощування біомаси завдяки впровадженню досконаліших систем догляду за вже сформованими насадженнями із застосуванням малих доз мінеральних добрив та використанням органічних регуляторів росту рослин, комплексних добрив з амінокислотами [6].

Збільшення врожайності біомаси в разі застосування високих доз мінеральних добрив неодноразово було висвітлено в наукових працях [7, 8]. Деякі дослідження показують, що рослини міскантусу позитивно реагують на альтернативні джерела органічних добрив, мікробні препарати та рідкі комплексні добрива [9, 10].

Оптимізація умов вирощування міскантусу гігантського в разі застосування нових сучасних препаратів для основного удобрення та позакореневого підживлення є сьогоднім вкрай актуальним питанням. Адже саме продуктивність плантацій другого та наступних років вирощування є ключовим чинником отримання високого виходу енергії з одиниці площі, оскільки рослини за відсутності доступного мінерального живлення активніше конкурують між собою. А отже, створюються умови для подальшого неоднорідного формування біомаси та відмирання частини рослин, які програли конкурентну боротьбу за чинники живлення. Як наслідок, плантації зріджуються, втрачають високий рівень продуктивності й раніше виводяться з промислового використання.

Мета досліджень – удосконалити технологію догляду за плантаціями міскантусу гігантського та встановити особливості формування його продуктивності за використання різних видів добрив, починаючи з другого року вегетації культури.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження виконували впродовж 2020–2021 рр. в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, що розташована в зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України.

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем типовий глибокий малогумусний вилугуваний середньо-суглинковий зі вмістом у шарі ґрунту 0–30 см гумусу – 3,5 %, мінерального азоту – 29–37 мг/кг, рухомого фосфору та обмінного калію (за Чиріковим) – 200–220 і 100 мг/кг ґрунту відповідно. Кислотність ґрунту (рН) – 6,55–6,72.

Кліматичні умови характеризуються як помірно-континентальні. Середня багаторічна температура повітря становить 7,5 °С, багаторічний абсолютний максимум температури 34,4 °С, абсолютний мінімум – –24,7 °С. Сумарна багаторічна кількість опадів – 526 мм, більшість з яких випадає у квітні – жовтні.

Температура повітря впродовж вегетаційних періодів 2020–2021 рр. була вищою за середньобагаторічні значення. Відсутність заморозків та утримання позитивних температур до третьої декади листопада 2020 р. продовжили вегетаційний період міскантусу гігантського до кінця цього місяця. Зниження температури повітря у квітні та травні 2021 р. затримало початок вегетації порівняно з минулим роком, а нічні заморозки у третій декаді жовтня сприяли закінченню вегетації культури.

У 2020 р. склалася досить складна ситуація щодо опадів. За рік випало 91 % від їх середньорічної кількості з нерівномірним розподілом за місяцями. Натомість у 2021 р. кількість опадів на 6 % перевищила середні багаторічні значення.

Загалом кліматичні умови зони нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України дають змогу отримувати високі врожаї біомаси міскантусу [11, 12].

Схема досліджень передбачала вивчення дії трьох факторів досліджу:

фактор А – внесення мінеральних добрив у ґрунт навесні: без добрив; аміачна селітра + сульфат амонію (N₂₄ + S₆); аміачна селітра (N₂₄);

фактор В – позакореневе підживлення гуматами: не застосовується; Вермісол, 8,0 л/га; Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га;

фактор С – позакореневе підживлення антистресантом на основі амінокислот: не застосовується; Квантум Аміномакс, 0,5 л/га.

Аміачну селітру та сульфат амонію вносили локально в міжряддя до появи сходів міскантусу. Позакореневе підживлення рослин гуматами та антистресантом проводили у фазі 5-ти листків культури та повторно через два тижні.

У досліді вирощували сорт міскантусу гігантського ‘Осінній зорецвіт’ (оригіналь – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, включений до Державного реєстру сортів рослин України з 2015 р.).

Польові дослідження проводили згідно з [13]. Фактичну врожайність сирої біомаси вимірювали суцільно за ділянками. Уміст сухої речовини в біомасі визначали ваговим методом, золи – методом спалювання біомаси в муфельній печі. Вихід твердого біопалива та енергії з гектара розраховували відповідно до [14]. Статистичний аналіз результатів досліджень виконували за допомогою прикладних програм Excel та Statistica-6 [15].

Результати досліджень

Важливими показниками в процесі оцінювання ефективності технології вирощування міскантусу гігантського є врожайність його біомаси, вихід твердого біопалива та енергії з гектара площі. Своєю чергою врожайність біомаси залежить від таких структурних елементів, як кількість стебел на рослині та їхня маса, уміст сухої речовини в листках та стеблах рослин.

Протягом вегетаційного періоду 2020 р. рослини міскантусу інтенсивно розростались і вже кінець другого року вегетації в кожній з них налічувалось у середньому від 18 до 37 пагонів (табл. 1). Найменше пагонів рослини формували в контрольному варіанті, де не застосовували жодних агротехнічних заходів – 18 шт. Позакореневе підживлення лише добривом з амінокислотами Квантум Аміномакс не забезпечило істотного збільшення кількості пагонів на одну рослину. Усі ж інші варіанти застосування мінеральних добрив та позакореневого підживлення сприяли значно інтенсивнішому пагоноутворенню.

Таблиця 1

Биометричні параметри рослин міскантусу гігантського ‘Осінній зорецвіт’ залежно від впливу чинників дослідів (2020–2021 рр.)

| Удобрення навесні | Позакореневе підживлення | | Кількість стебел, шт./росл. | | Маса одного стебла (пагона), г | | Маса однієї рослини, г | |
|--|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------|--------------------------------|-------|------------------------|------|
| | гумати | амінокислоти | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| Без добрив | не застосовується | не застосовується | 17,8 | 36,8 | 76,3 | 79,2 | 1362 | 2916 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 18,5 | 37,2 | 76,9 | 90,3 | 1422 | 3357 |
| | Вермісол, 8,0 л/га | не застосовується | 20,0 | 38,0 | 77,2 | 91,8 | 1544 | 3498 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 20,7 | 39,3 | 77,9 | 95,8 | 1612 | 3761 |
| | Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га | не застосовується | 25,2 | 40,5 | 78,9 | 102,6 | 1985 | 4158 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 26,5 | 41,9 | 80,3 | 106,8 | 2126 | 4480 |
| Аміачна селітра сульфат амонію (N ₂₄ + S ₆) | не застосовується | не застосовується | 27,0 | 46,7 | 86,4 | 115,6 | 2334 | 5404 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 29,5 | 47,2 | 101,3 | 117,8 | 2988 | 5555 |
| | Вермісол, 8,0 л/га | не застосовується | 33,0 | 47,7 | 106,3 | 120,4 | 3508 | 5745 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 35,0 | 49,1 | 106,5 | 123,7 | 3726 | 6077 |
| | Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га | не застосовується | 36,2 | 49,3 | 107,5 | 129,0 | 3887 | 6364 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 36,8 | 50,2 | 111,0 | 139,8 | 4091 | 7016 |
| Аміачна селітра (N ₂₄) | не застосовується | не застосовується | 26,0 | 42,3 | 80,9 | 108,3 | 2104 | 4577 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 27,0 | 43,4 | 87,9 | 109,4 | 2374 | 4745 |
| | Вермісол, 8,0 л/га | не застосовується | 27,0 | 44,8 | 92,5 | 113,4 | 2498 | 5076 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 28,2 | 46,5 | 95,7 | 113,8 | 2697 | 5293 |
| | Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га | не застосовується | 30,0 | 46,9 | 96,3 | 115,8 | 2888 | 5427 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 31,0 | 47,7 | 98,5 | 117,7 | 3054 | 5601 |
| НІР _{0,05} | | | 1,6 | 2,6 | 2,5 | 6,5 | 169 | 443 |

Зокрема, за весняного внесення аміачної селітри кожна рослина міскантусу формувала в середньому 26, а в разі її поєднання із сульфатом амонію – 27 пагонів. Додаткове позакореневе підживлення удобрених мінеральними добривами рослин міскантусу значно підвищило інтенсивність пагоноутворення. Найбільшу кількість пагонів на одну рослину (37 шт.) було відзначено у варіанті комбінованого застосування аміачної селітри, сульфату амонію, Гуміфілд ВР-18 та Квантум Аміномакс, що вдвічі перевищує показник контрольного варіанту. При цьому найбільший вплив на процес наростання нових стебел забезпечувало застосування мінеральних добрив для весняного підживлення насаджень. Ефективним було й позакореневе підживлення гуматами.

Аналогічна закономірність впливу варіантів удобрення на інтенсивність пагоноутворення відзначалась і у 2021 р., на третій рік вегетації міскантусу гігантського.

Водночас кількість пагонів у середньому по досліді була більшою у 1,6 раза порівняно з минулим роком, а максимально рослини мали по 50 пагонів.

Залежно від варіанту удобрення різнилась і маса одного пагона міскантусу. Після завершення другого року вегетації, стебла міскантусу гігантського у контрольному варіанті досліді важили в середньому 76,3 г. Позакореневе підживлення у варіанті з весняним внесенням мінеральних добрив додатково підвищувало показник маси стебла. Найбільшу середню масу одного пагона – 111,0 г отримали у варіанті поєднання аміачної селітри, сульфату амонію, Гуміфілд ВР-18 та Квантум Аміномакс.

За результатами третього року вегетації міскантусу спостерігалось значне збільшення маси одного стебла в усіх варіантах досліді, окрім контрольного, де цей показник був на рівні 79,2 г. Навіть на ділянках, де навесні мінеральних добрив не вносили, а тільки проводили позакореневі підживлення, середня маса одного пагона була істотно вищою, ніж на контролі. Максимальну масу стебла – 139,8 г відзначено у тому ж варіанті, що й у минулому році.

На основі показників кількості пагонів в одній рослині та середньої маси одного стебла визначили середню масу однієї рослини міскантусу гігантського. На другий рік вегетації середня маса однієї рослини становила від 1362 (контроль) до 4091 г, а на третій рік вирощування максимальних значень цей показник досягав у варіанті комбінованого внесення аміачної селітри, сульфату амонію, Гуміфілд ВР-18 та Квантум Аміномакс – 7016 г проти 2916 г на контролі. Як видно з наведених даних, весняне удобрення та позакореневе підживлення в період вегетації культури істотно впливають на процес пагоноутворення, збільшення маси одного пагона та, як наслідок, середньої маси однієї рослини.

Урожайність біомаси міскантусу гігантського після завершення вегетаційного періоду 2020 р. становила за варіантами досліді від 14,5 (контроль) до 43,5 т/га (табл. 2).

Таблиця 2

Урожайність біомаси міскантусу гігантського ‘Осінній зорецьвіт’ залежно від впливу чинників досліді (2020–2021 рр.)

| Удобрення навесні | Позакореневе підживлення | | Урожайність біомаси, т/га | |
|--|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|------|
| | гумати | амінокислоти | 2020 | 2021 |
| Без добрив | не застосовується | не застосовується | 14,5 | 31,0 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 15,9 | 37,5 |
| | Вермісол, 8,0 л/га | не застосовується | 16,4 | 37,2 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 17,1 | 40,0 |
| | Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га | не застосовується | 20,1 | 42,0 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 22,6 | 47,7 |
| Аміачна селітра + сульфат амонію (N ₂₄ + S ₆) | не застосовується | не застосовується | 25,4 | 58,9 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 33,4 | 62,1 |
| | Вермісол, 8,0 л/га | не застосовується | 40,1 | 65,7 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 39,6 | 64,6 |
| | Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га | не застосовується | 41,4 | 67,7 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 43,5 | 74,6 |
| Аміачна селітра (N ₂₄) | не застосовується | не застосовується | 22,4 | 48,7 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 25,3 | 50,5 |
| | Вермісол, 8,0 л/га | не застосовується | 25,2 | 51,3 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 28,7 | 56,3 |
| | Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га | не застосовується | 30,7 | 57,7 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 34,1 | 62,6 |
| HP _{0,05} | | | 1,8 | 4,8 |

За весняного внесення аміачної селітри (N₂₄) урожайність біомаси зростала до 22,4 т/га, а в разі її поєднання із сульфатом амонію (N₂₄ + S₆) – до 25,4 т/га. Позакореневе підживлення гуматами також сприяло істотному підвищенню врожайності культури порівняно з контролем. Максимальну кількість біомаси – 43,5 т/га отримано у варіанті застосування

аміачної селітри та сульфату амонію з наступними позакореновими обробками препаратами Гуміфлд ВР-18 і Квантум Аміномакс.

У 2021 р. врожайність сирої біомаси міскантусу гігантського в середньому досліді була вищою у 1,5–2 рази порівняно з попереднім роком. При цьому в усіх варіантах удобрення цей показник був істотно вищим ніж на контролі. Зокрема, у контрольному варіанті без застосування добрив отримано 31,0 т/га біомаси, що більше порівняно з 2020 р. у 2,1 раза, оскільки цього року рослини міскантусу гігантського досягли своєї потенційної продуктивності. Найвищий показник урожайності біомаси становив 74,6 т/га.

У 2020 р. в середньому по досліді вміст сухої речовини в біомасі становив від 57,7 до 69,5 %, що вплинуло на розрахунковий вихід твердого біопалива з гектара площі (табл. 3). Уміст золи в біомасі міскантусу гігантського, що вирощувався за різних варіантів удобрення, становив 1,5–2,3 %, що відповідно позначилось і на показниках енергоємності твердого біопалива та виходу енергії з гектара. У 2021 р. в біомасі на кінець вегетації містилось менше сухої речовини порівняно з минулим роком – від 42,4 до 56,4 %. Нижчим був і вміст золи – 1,0–1,5 %.

Таблиця 3

Уміст сухої речовини та золи в біомасі міскантусу гігантського ‘Осінній зорецьвіт’ залежно від впливу чинників досліді (2020–2021 рр.)

| Весняне удобрення | Позакореневе підживлення | | Уміст, % | | | |
|--|--------------------------|-----------------------------|----------------|------|------|------|
| | | | сухої речовини | | золи | |
| | гумати | амінокислоти | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| Без добрив | не застосовується | не застосовується | 67,5 | 56,4 | 2,20 | 1,40 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 63,0 | 48,4 | 1,90 | 1,20 |
| | Вермісол, 8,0 л/га | не застосовується | 59,6 | 49,8 | 1,60 | 1,30 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 68,1 | 49,6 | 2,00 | 1,20 |
| | Гуміфлд ВР-18, 0,4 л/га | не застосовується | 62,7 | 54,4 | 1,90 | 1,30 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 59,8 | 53,0 | 2,10 | 1,50 |
| Аміачна селітра + сульфат амонію (N ₂₄ + S ₆) | не застосовується | не застосовується | 61,8 | 46,1 | 2,20 | 1,50 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 66,1 | 52,3 | 2,10 | 1,30 |
| | Вермісол, 8,0 л/га | не застосовується | 58,3 | 45,5 | 1,80 | 1,10 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 69,5 | 47,8 | 2,00 | 1,40 |
| | Гуміфлд ВР-18, 0,4 л/га | не застосовується | 68,4 | 55,9 | 1,50 | 1,30 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 60,3 | 49,9 | 2,10 | 1,00 |
| Аміачна селітра (N ₂₄) | не застосовується | не застосовується | 58,2 | 51,2 | 2,00 | 1,30 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 59,1 | 55,7 | 2,30 | 1,40 |
| | Вермісол, 8,0 л/га | не застосовується | 57,7 | 42,4 | 2,20 | 1,10 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 60,1 | 45,7 | 1,60 | 1,40 |
| | Гуміфлд ВР-18, 0,4 л/га | не застосовується | 58,7 | 48,0 | 1,80 | 1,30 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 60,2 | 50,1 | 2,20 | 1,00 |
| HP _{0,05} | | | 1,42 | 1,54 | 0,10 | 0,10 |

Оскільки основною метою за вирощування міскантусу гігантського є отримання енергії від спалювання біомаси, важливим є визначення показників виходу твердого біопалива та енергії з нього з одного гектара площі. Розраховували їх за методикою, розробленою в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН [14].

Як впливає з даних таблиці 4, вихід твердого біопалива з одного гектара дворічних насаджень міскантусу гігантського становив від 10,8 до 31,1 т/га, а енергії – від 174,8 до 509,6 ГДж/га.

У варіантах внесення аміачної селітри або селітри із сульфатом амонію істотно зростав вихід як твердого біопалива – до 14,3 і 17,3 т/га, так і енергії – до 233,3 і 280,8 ГДж/га відповідно. Водночас не зафіксовано істотного підвищення цих показників у варіантах

позакореневого підживлення препаратами Вермісол та Квантум Аміномакс. Істотно вищі показники виходу твердого біопалива та енергії з гектара спостерігались в усіх інших варіантах позакореневого підживлення та комплексного застосування чинників досліду.

Таблиця 4

Енергетична ефективність вирощування міскантусу гігантського ‘Осінній зорецьвіт’ залежно від впливу чинників досліду (2020–2021 рр.)

| Удобрення навесні | Позакоренеve підживлення | | Розрахунковий вихід | | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------|--------------------|-------|
| | | | твердого біопалива, т/га | | енергії, ГДж/га | |
| | гумати | амінокислоти | 2020 | 2021 | 2020 | 2021 |
| Без добрив | не застосовується | не застосовується | 10,8 | 19,2 | 174,8 | 315,5 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 11,0 | 20,0 | 179,3 | 328,0 |
| | Вермісол, 8,0 л/га | не застосовується | 10,8 | 20,4 | 176,2 | 334,5 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 12,8 | 21,8 | 209,1 | 358,6 |
| | Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га | не застосовується | 13,8 | 25,1 | 225,4 | 412,6 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 14,9 | 27,8 | 241,9 | 454,9 |
| Аміачна селітра + сульфат амонію (N ₂₄ + S ₆) | не застосовується | не застосовується | 17,3 | 29,9 | 280,8 | 489,3 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 24,3 | 35,7 | 394,4 | 585,8 |
| | Вермісол, 8,0 л/га | не застосовується | 25,7 | 32,9 | 419,8 | 540,8 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 30,3 | 34,0 | 493,2 | 557,2 |
| | Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га | не застосовується | 31,1 | 41,6 | 509,6 | 683,2 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 28,9 | 41,0 | 469,4 | 674,6 |
| Аміачна селітра (N ₂₄) | не застосовується | не застосовується | 14,3 | 27,4 | 233,3 | 450,0 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 16,4 | 30,9 | 266,4 | 507,0 |
| | Вермісол, 8,0 л/га | не застосовується | 16,0 | 23,9 | 260,2 | 393,5 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 19,0 | 28,3 | 310,0 | 464,0 |
| | Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га | не застосовується | 19,8 | 30,5 | 323,4 | 500,2 |
| | | Квантум Аміномакс, 0,5 л/га | 22,6 | 34,5 | 366,8 | 567,7 |
| НІР _{0,05} | | | 1,3 | 2,6 | 21,0 | 43,3 |

У 2021 р., наприкінці третього року вегетації міскантусу гігантського, у деяких варіантах досліду з одного гектара можна було отримати майже вдвічі більше твердого біопалива порівняно з попереднім роком. Істотно зросли показники й у варіантах позакореневого підживлення Гуміфілд ВР-18 та Гуміфілд ВР-18 + Квантум Аміномакс. Максимальний вихід енергії становив 683,2 ГДж/га, мінімальний – 315,5 ГДж/га (контроль), середній показник по досліду – 478,7 ГДж/га. Усі варіанти, де проводили весняне внесення мінеральних добрив, забезпечили істотно вищу продуктивність міскантусу протягом двох років досліджень, а лише позакоренеve підживлення мало позитивний ефект тільки в разі застосування препарату Гуміфілд ВР-18.

Висновки

Узагальнюючи дані двох років досліджень можна зробити висновок, що підживлення аміачною селітрою та сульфатом амонію сприяло істотному збільшенню врожайності та енергетичних показників плантацій міскантусу гігантського ‘Осінній зорецьвіт’. Застосування позакореневого підживлення препаратом Гуміфілд ВР-18 сприяло збільшенню маси одного пагона та середньої маси однієї рослини культури.

Найвищі показники продуктивності міскантусу гігантського отримано за весняного удобрення аміачною селітрою із сульфатом амонію (N₂₄ + S₆ кг/га д.р.) з наступним дворазовим позакоренеvim підживленням гуматами та комплексним добривом з амінокислотами (Вермісол, 8,0 л/га / Гуміфілд ВР-18, 0,4 л/га + Квантум Аміномакс, 0,5 л/га).

Використана література

1. Трибой О. В. Оцінка життєвого циклу виробництва теплової енергії з тріски біомаси *Miscanthus × giganteus* в Україні. *Біоенергетика*. 2018. № 2. С. 22–27.
2. Ганженко О. М., Гументик М. Я., Квак В. М., Зиков П. Ю. Вплив глибини садіння ризомів міскантусу на їх проростання. *Біоенергетика*. 2013. № 1. С. 36–38.
3. Гументик М. Я., Квак В. М., Замойський О. І. Урожайність біомаси міскантусу. *Біоенергетика*. 2013. № 2. С. 32–35.
4. Khakhula V. S., Grabovskyi M. B., Panchenko T. V. et al. Energy productivity of *Miscanthus giganteus* depending on growing technology elements. *EurAsian Journal of BioSciences*. 2020. Vol. 14. P. 757–761.
5. Доронін В. А., Дрига В. В., Кравченко Ю. А., Доронін В. В. Особливості росту та розвитку міскантусу залежно від якості садивного матеріалу. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2017. № 2. С. 19–25.
6. Сінченко В. М. Міскантус – перспективна біоенергетична культура. *Біоенергетика*. 2017. № 2. С. 15–19.
7. Wang D., Maughan M. W., Sun J. et al. Impact of nitrogen allocation on growth and photosynthesis of *Miscanthus (Miscanthus × giganteus)*. *GCB Bioenergy*. 2012. Vol. 4, Iss. 6. P. 688–697. doi: 10.1111/j.1757-1707.2012.01167.x
8. Квак В. М. Ріст, розвиток і продуктивність міскантусу (*Miscanthus*) за різних норм добрив. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 14. С. 548–551.
9. Кателевський В. М. Ефективність впливу позакореневої обробки ростовими регуляторами рослин на параметри біомаси міскантусу. *Agrology*. 2020. Vol. 3, Iss. 1. С. 19–24. doi: 10.32819/020003
10. Скачок Л. М., Квак В. М. Комплексна оцінка вирощування біоенергетичних культур залежно від різних систем удобрення. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2016. Вип. 24. С. 86–92. doi: 10.47414/np.24.2016.216898
11. Курило В. Л., Рахметов Д. Б., Кулик М. І. Біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур родини тонконогових в умовах України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 1. С. 11–17. doi: 10.31210/visnyk2018.01.01
12. Курило В. Л., Гументик М. Я., Квак В. М., Дубовий Ю. П. Удосконалення елементів технології вирощування міскантусу в умовах Центрального Лісостепу України для виробництва твердого біопалива. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2016. Вип. 24. С. 77–85. doi: 10.47414/np.24.2016.216897
13. Дослідна справа в агрономії : у 2 кн. Кн. 1 : Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с.
14. Роїк М. В., Сінченко В. М., Івашенко О. О. та ін. Міскантус в Україні. Київ : Компрінт, 2019. 256 с.
15. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.
16. Prysiazniuk O., Maliarenko O., Roik M. et al. Biomass dry matter yield of willow and *Miscanthus* in low-input cropping on heavy clay soils in Ukraine. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. 2022. Vol. 16, Iss. 6. P. 1794–1807. doi: 10.1002/bbb.2432

References

1. Tryboi, O. V. (2018). Assessment of the life cycle of thermal energy production from cod biomass *Miscanthus × giganteus* in Ukraine. *Bioenergy*, 2, 22–27. [In Ukrainian]
2. Hanzhenko, O. M., Humentyk, M. Ya., Kvak, V. M., & Zykov, P. Yu. (2013). The effect of planting depth of miscanthus rhizomes on their germination. *Bioenergy*, 1, 36–38. [In Ukrainian]
3. Humentyk, M. Ya., Kvak, V. M., & Zamoyskyi, O. I. (2013). Biomass yield of miscanthus. *Bioenergy*, 2, 32–35. [In Ukrainian]

4. Khakhula, V. S., Grabovskyi, M. B., Panchenko, T. V., Pravdyva, L. A., Fuchylo, Y. D., Kvak, V. M., & Khakhula, B. V. (2020). Energy productivity of *Miscanthus giganteus* depending on growing technology elements. *EurAsian Journal of BioSciences*, 14, 757–761.
5. Doronin, V. A., Dryha, V. V., Kravchenko, Yu. A., & Doronin, V. V. (2017). Peculiarities of miscanthus growth and development depending on the quality of planting material. *Bulletin of the Uman National University of Horticulture*, 2, 19–25. [In Ukrainian]
6. Sinchenko, V. M. (2017). *Miscanthus* – a promising bioenergy culture. *Bioenergy*, 2, 15–19. [In Ukrainian]
8. Kvak, V. M. (2012). Growth, development and productivity of *Miscanthus* under different rates of fertilizers. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 14, 548–551. [In Ukrainian]
9. Katelevsky, V. M. (2020). Efficiency of influence of foliar treatment by plant growth regulators on the parameters of miscanthus biomass. *Agrology*, 3(1), 19–24. doi: 10.32819/020003 [In Ukrainian]
10. Skachok, L. M., & Kvak, V. M. (2016). Comprehensive assessment of growing bioenergy crops as affected by various fertilization system. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 24, 86–92. doi: 10.47414/np.24.2016.216898 [In Ukrainian]
11. Kurylo, V. L., Rakhmetov, D. B., & Kulyk, M. I. (2018). Biological features and potential of yield of energy cultures of the family of thin-skinned in the conditions of Ukraine. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 11–17. doi: 10.31210/visnyk2018.01.01 [In Ukrainian]
12. Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., Kvak, V. M., & Dubovyi, Yu. P. (2016). Improvement of technology elements for growing miscanthus under the conditions of the Central Forest-Steppe of Ukraine for the production of solid biofuel. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 24, 77–85. doi: 10.47414/np.24.2016.216897 [In Ukrainian]
13. Rozhkov, A. O. (Ed). (2016). *Research case in agronomy. Book 1: Theoretical aspects of the research case*. Kharkiv: Maidan. [In Ukrainian]
14. Roik, M. V., Sinchenko, V. M., Ivashchenko, O. O., Pyrkin, V. I., Kvak, V. M., Humentyk, M. Ya., ... Katelevskyi, V. M. (2019). *Miscanthus in Ukraine*. Kyiv: Komprint. [In Ukrainian]
15. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic research data in the package Statistica 6.0*. Kyiv: PoligrafConsulting. [in Ukrainian]
16. Prysiazhniuk, O., Maliarenko, O., Roik, M., Fuchylo, Y., Lewandowski, I., Makovskis, K., Lazdina, D., & von Cossel, M. (2022). Biomass dry matter yield of willow and *Miscanthus* in low-input cropping on heavy clay soils in Ukraine. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 16(6), 1794–1807. doi: 10.1002/bbb.2432

UDC 633.9:631.54

Prysiazhniuk, O. I.*, & **Penkova, S. V.** (2022). The effect of nitrogen fertilization and foliar application of fertilizers on yield and energy efficiency of giant miscanthus plantations. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 30, 70–79. [In Ukrainian]

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, *e-mail: ollpris@gmail.com*

Purpose. To improve the technology of caring for giant miscanthus plantations and establish the features of its productivity formation with the use of different types of fertilizers, starting from the second year of crop vegetation. **Methods.** The research was carried out in the years 2020–2021 in the Bila Tserkva Experimental and Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, which is located in the zone of unstable moisture of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. The design of the experiment included application of mineral fertilizers [ammonium nitrate + ammonium sulfate ($N_{24} + S_6$ kg/ha a.i.), ammonium nitrate (N_{24} kg/ha a.i.)] in a row zone in spring, foliar application of humates (Vermisol, 8.0 l/ha, Humifield BP-18, 0.4 l/ha) and complex fertilizer with amino acids (Quantum

Aminomax, 0.5 l/ha). Mineral fertilizers were applied before the emergence of miscanthus sprouts; foliar application of fertilizers was carried out in the 5-leaf stage and the second time after two weeks. **Results.** Giant miscanthus plants in second year of vegetation formed from 18 to 37 shoots with an average weight of 76.3 to 111.0 g, with the maximum weight of one plant reaching 4091 g. In the next year of research, the number of stems per plant and their average weight increased by 1.5–2 times, and the maximum weight of one plant was 7016 g. Biomass yield of giant miscanthus in the third year of vegetation was 31.0–74.6 t/ha, the estimated yield of solid biofuel was 19.2–41.6 t/ha and energy 315.5–683.2 GJ/ha. **Conclusions.** Application of mineral fertilizers (ammonium nitrate + ammonium sulfate, ammonium nitrate) in spring contributed to significant increase in the indicators of raw biomass yield, solid biofuel output, and energy yield per hectare. Foliar application of Humifield BP-18 has a significant positive effect on the productivity of giant miscanthus. The best indicators of crop productivity were obtained in treatments combining spring fertilization with ammonium nitrate and ammonium sulfate (N₂₄ + S₆) followed by two-time foliar application of humates (Vermisol, 8.0 l/ha, Humifield BP-18, 0.4 l/ha) and complex fertilizer with amino acids Quantum Aminomax, 0.5 l/ha.

Keywords: *biofuel; mineral fertilizers; humates; amino acids; biomass productivity.*

Надійшла / Received 13.10.2022

Погоджено до друку / Accepted 28.10.2022

УДК 633.9:631.54

DOI: <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.269736>

Формування продуктивності та технологічної якості буряків цукрових в умовах континентального клімату

О. І. Присяжнюк*, С. С. Шульга

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, *e-mail: ollpris@gmail.com*

Мета. Установити особливості формування врожайності та технологічної якості коренеплодів буряків цукрових в умовах Степу України за оптимізації технології їх вирощування. **Методи.** Польові дослідження проводили впродовж 2020–2021 рр. в умовах ТОВ «Агрофірма імені Чкалова» (Кіровоградська обл.). Диплоїдний посухостійкий гібрид буряків цукрових 'Магістр' (SESVanderHave) вирощували на фоні застосування вологоутримувача (без гідрогелю; гідрогель Aquasorb, 300 кг/га) та різних систем удобрення [без добрив – контроль; гній, 20 т/га; N₁₇₀P₁₈₀K₃₅₀; Леонардит, 400 кг/га; Паросток (марка 20), 400 кг/га]. Органічні та мінеральні добрива (РК) вносили восени під оранку, а азотний компонент останніх (N) – під ранньовесняну культивуацію. Адсорбент вносили в ґрунт за два тижні до сівби культури локально в зону майбутнього рядка, орієнтуючись на дані GPS-трекера. Решта агрозаходів відповідали загальноприйнятій технології вирощування культури в зоні проведення досліджень. **Результати.** Унаслідок досить складних погодних умов 2020 року, врожайність коренеплодів у середньому по досліді становила лише 30,3 т/га. Найнижчий її рівень – 26,0 т/га отримано на ділянках обох контролів без удобрення, тоді як за внесення 20 т/га гною – 29,0–30,0 т/га. Мінеральна система (N₁₇₀P₁₈₀K₃₅₀), попри істотно меншу ефективність у варіанті без гідрогелю Aquasorb (31,0 т/га), у разі його внесення в ґрунт до сівби культури забезпечувала максимальну продуктивність буряків – 34,0 т/га. Також на фоні гідрогелю значно зростала й ефективність застосування Леонардиту та Паросток (марка 20) – прирости врожаю становили 7,0 і 6,0 т/га відповідно. Максимальний уміст цукрів у коренеплодах відзначено за мінеральної системи