

УДК 631.532

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.14>

## ПРОДУКТИВНІСТЬ МІСКАНТУСУ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ АГРОТЕХНОЛОГІЇ НА ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОМУ ҐРУНТІ В УМОВАХ ПРИКАРПАТТЯ

**Карбівська У.М.** – д.с.-г.н., професор,

професор кафедри лісового і аграрного менеджменту,

Прикарпатський державний національний університет імені Василя Стефаника

**Сітник А.А.** – аспірант кафедри лісового і аграрного менеджменту,

Прикарпатський державний національний університет імені Василя Стефаника

У зв'язку з ростом зацікавленості у вирощуванні енергетичних культур та необхідністю ефективного використання ресурсів, особливо добрив, актуальним стає питання розробки та удосконалення економічних технологій вирощування міскантусу гігантського, який вважається одним із найперспективніших джерел біомаси для подальшої переробки. Використання біомаси міскантусу має свої переваги, такі як швидкість росту та можливість річного збору великих об'ємів матеріалу. Крім того, його можна вирощувати на малопродуктивних та забруднених землях. Створення високопродуктивних плантацій міскантусу гігантського може забезпечити постійне постачання виробничих потужностей біопаливних заводів та теплових електростанцій необхідною кількістю високоякісної біомаси, яка містить велику кількість лігніну та целюлози.

Представлено результати досліджень за 2022–2023 роки з вивчення впливу удобрення на продуктивність міскантусу гігантського, встановлено, що варіанти удобрення впливали на його урожайність. В дослідженнях вивчалися варіанти удобрення: 1 – контроль без добрив (обробка водою); 2 –  $N_{90}P_{90}K_{90}$ ; 3 – БЛЕК ДЖЕК КС; 4 – Інтермаг Титан; 5 –  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + БЛЕК ДЖЕК КС; 6 –  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + Інтермаг Титан.

Максимальна висота куща спостерігалась у варіантах із комплексним внесенням:  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + Інтермаг Титан – 224 см.,  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + БЛЕК ДЖЕК КС – 226 см, кількість пагонів на одній рослині буда 38 та 40 штук, висота найбільшого пагона становила 231 і 240 сантиметрів відповідно,

Встановлено, що найвищу врожайність міскантусу гігантського досягнуто за вирощування у варіанті  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + БЛЕК ДЖЕК КС – 34,2 т/га, що на 8,6% більше порівняно з контролем, вага однієї рослини була на рівні 2,24 кілограми. Також висока урожайність спостерігається у варіанті  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + Інтермаг Титан – 33,6 т/га.

**Ключові слова:** ріст, розвиток, висота рослин, продуктивність, мінеральні добрива, міскантус гігантський, дерново-підзолистий ґрунт.

### **Karbiwska U.M., Sitnyk A.A. Productivity of miscanthus depending agricultural technology elements in sod-podzolic soil conditions on the Precarpathian region**

Due to the growing interest in cultivating energy crops and the need for efficient resource use, particularly fertilizers, the development and enhancement of cost-effective cultivation technologies for giant miscanthus has become a pertinent issue. Giant miscanthus is considered one of the most promising sources of biomass for further processing. The use of miscanthus biomass has advantages such as rapid growth and the ability to yield large volumes of material annually. Additionally, it can be grown on low-productivity and contaminated lands. Establishing high-yielding plantations of giant miscanthus can ensure a steady supply of high-quality biomass, rich in lignin and cellulose, to biofuel plants and thermal power stations.

The results of studies conducted in 2022–2023 on the impact of fertilization on the productivity of giant miscanthus have shown that different fertilization options affected its yield. The fertilization options studied were: 1 – control without fertilizers; 2 –  $N_{90}P_{90}K_{90}$ ; 3 – BLACK JACK KS; 4 – InterMag Titan; 5 –  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + BLACK JACK KS; 6 –  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + InterMag Titan.

The maximum plant height was observed in the variants with complex fertilization:  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + InterMag Titan – 224 cm, and  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + BLACK JACK KS – 226 cm. The number of

shoots per plant was 38 and 40, with the height of the tallest shoot being 231 and 240 centimeters, respectively.

It was established that the highest yield of giant miscanthus was achieved with the N30 P30 K30 + BLACK JACK KS variant, yielding 34.2 t/ha, which is 8.6% higher compared to the control, with a plant weight of 2.24 kilograms. High yields were also observed in the N<sub>90</sub> P<sub>90</sub> K<sub>90</sub> + Intermag Titan variant, yielding 33.6 t/ha.

**Key words:** growth, development, plant height, productivity, mineral fertilizers, giant miscanthus, sod-podzolic soil.

**Постанова проблеми.** У світлі нових умов, коли енергетичні ресурси перерозподіляються, часто непередбачуване, а також через глобалізацію світового ринку, питання енергозабезпечення та споживання енергії підприємств різних галузей потребують додаткового розгляду. Це передбачає розроблення практичних пропозицій щодо раціонального використання енергетичних ресурсів, їх ефективного застосування та підвищення конкурентоспроможності підприємств [9]. В цьому контексті, найбільш доступним, щорічно поновлюваним і енергоефективним джерелом є біомаса рослинних енергетичних культур [8].

Реалії сучасного життя накладають нові вимоги щодо дедалі ширшого вирощування біоенергетичних культур для переробки їх на біопаливо. Адже отримувати врожай на рівні біомаси традиційних сільськогосподарських культур не раціонально, оскільки площі, доступні для вирощування біоенергетичних рослин, є досить обмеженими. При цьому в умовах України такі рослини С4-типу фотосинтезу, як міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus*), здатні забезпечити високий рівень формування біомаси [12].

Міскантус гігантський – природний гібрид між *Miscanthus sinensis* і *Miscanthus saccharifolius*, а його материнською формою був *Miscanthus saccharifolius* [2]. Цей вид розмножується виключно вегетативно і є найпоширенішим видом в Україні, який застосовується у виробництві біопалива, фіторе mediaції ґрунтів та отримання додаткових продуктів [3, 5, 8]. Саме тому детальне вивчення методів збільшення врожайності біомаси міскантусу дозволить забезпечити додаткову сировину для виробництва біопалива, що стає актуальним питанням нашого часу.

**Аналіз останніх досліджень публікацій.** Насьогодні все більше вчених обґрунтовують необхідність збільшення відсотку та стимулювання використання відновлюваних джерел енергії в європейських країнах взагалі та в Україні зокрема [4, 11]. Розробляються шляхи зменшення енергозатрат за вирощування сільськогосподарських й енергетичних культур на та виробництва біопалив [1, 6, 15].

Енергетичні культури сприяють синергії між продуктивністю та біорізноманіттям з точки зору кліматичних змін та багатофункціональності біомаси. Доведено, що з урожаєм 20 т сухої маси з 1 га міскантус гігантський виносить близько 60 кг N, 16 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, та 80 кг K<sub>2</sub>O [14]. Тому, підживлення насаджень цієї культури є однією із умов отримання високого врожаю біомаси. Дослідженнями визначено Кулика М.І., що найбільший вплив на врожайність міскантусу гігантського має весняне підживлення за вирощування рослин за схемою 60×60 см. Встановлено, що врожайність міскантусу гігантського на 79% залежить від висоти рослин за коефіцієнта кореляції r 0,89 та на 82% – від кількості стебел за коефіцієнта кореляції r 0,91 [10].

Останні роки було проведено значну кількість досліджень, спрямованих на вивчення особливостей зростання, розвитку та утворення врожайності біомаси міскантусу гігантського. Однак, питання застосування різних систем удобрень, включаючи органічні регулятори росту рослин та комплексні добрива, ще не отримали вичерпної наукової уваги.

**Постанова завдання.** Дослідження проводились впродовж 2022–2023 років на дослідному полігоні Ботанічного саду Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Ґрунти на дослідній ділянці належать до дерново-підзолистого поверхнево-оглеєного типу. За механічним складом це важкоглинистий ґрунт з крупнопилуватою структурою. Він має потужний гумусовий горизонт завтовшки 45 см. Агрохімічні показники такі: кислотність (рН) – 4,7, вміст гумусу (%) – 2,71, забезпеченість ґрунту (мг/кг): азотом – 78,0, фосфором – 43,0, калієм – 98,0.

Польовий дослід був закладений рендомізованим способом у трьохкратному повторенні. В досліді вивчали дію макро та мікродобрив на продуктивність міскантусу гігантського сорту Осінній зорецвіт (оригіатор – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, включений до Державного реєстру сортів рослин України з 2015 р.). Дослідженнями вивчались шість варіантів удобрення, за контроль взято варіант без добрив (на природній родючості ґрунту, обробка водою),  $N_{90}P_{90}K_{90}$ , БЛЕК ДЖЕК КС, Інтермаг Титан,  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + БЛЕК ДЖЕК КС,  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + Інтермаг Титан (табл. 1).

Таблиця 1

## Схема досліду

Міскантус гігантський сорт Осінній зорецвіт	Контроль (без добрив, обробка водою) $N_{90}P_{90}K_{90}$ БЛЕК ДЖЕК КС Інтермаг Титан $N_{90}P_{90}K_{90}$ + БЛЕК ДЖЕК КС $N_{90}P_{90}K_{90}$ + Інтермаг Титан
--	--

Агротехніка вирощування міскантусу загальноприйнята за винятком варіантів, що досліджувались. Аналіз метеорологічних умов, що склалися протягом вегетаційного періоду росту рослин, проводився на основі даних Івано-Франківської обласної метеостанції. Погодні умови 2022 року відрізнялись від середньобагаторічних даних, опадів випало на 42,0 мм більше від норми та температура повітря була 12,0 °С вищою від середньо багаторічної. Найбільша кількість опадів випала в червні, що на 35,4 мм більша від норми, також температура в цей період була на 2,4 °С вищою від норми. Нестача вологи спостерігалась в серпні, що на 35,8 мм менше від норми.

Природно-кліматичні умови 2023 року відрізнялись від норми, коли опадів випало на 199,1 мм більше від середньобагаторічної, а також середня температура повітря була 10,9 °С вищою від норми. За вегетаційний період випало 607,1 мм опадів, найбільше їх було в квітні (116,9 мм), червні (174,2 мм) та липні (158,2 мм), нестача опадів спостерігалась травні, де відхилення від норми становило -28,3 мм. Найтеплішими були серпень (18,0 °С) та вересень (13,1 °С).

Мета наших досліджень – вивчити вплив удобрення на ріст, розвиток та продуктивність міскантусу гігантського за вирощування на дерново-підзолистому ґрунті.

**Результати досліджень.** Забезпечення економічно вигідної продуктивності сільськогосподарських культур можливе лише шляхом оптимізації технології вирощування рослин за допомогою раціонального використання всіх можливих факторів. Темпи росту і розвитку рослин міскантусу під час вегетації дозволяють вчасно впливати на процес утворення високої продуктивності культури. Висота,

за словами Купермана Ф. М., є однією з основних ознак, яка визначає ріст і розвиток рослин [13].

Формування надземної маси міскантусу, включаючи висоту, залежить від морфологічних особливостей сорту, гідротермічних та агротехнічних заходів, включаючи добрива. Аналізуючи висоту основного пагона міскантусу в різні періоди вегетації рослини (табл. 2), встановлено, що на контролі вона була найменшою протягом усього вегетаційного періоду.

Наприкінці вегетаційного періоду другого року на контрольному варіанті рослини в середньому по трьох повтореннях мали висоту 204 см, кількість пагонів на одній рослині 33 штуки. На варіантах з внесенням  $N_{90}P_{90}K_{90}$ , Інтермаг Титан та їх поєднання висота рослин становила відповідно 209 см та 224 см, що суттєво перевищувало контроль. Застосування гуматного добрива БЛЕК ДЖЕК КС сприяло збільшенню показника висоти рослин на 17 см порівняно з контролем. Максимальну висоту 226 см мали рослини на ділянці, де було застосоване комплексне удобрення  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + БЛЕК ДЖЕК КС.

Таблиця 2

### Вплив удобрення на розвиток рослин міскантусу гігантського

Варіант	Кількість пагонів, шт./рослині	Висота куща, см	Висота найбільшого пагона, см
Контроль (без добрив, обробка водою)	33	204	218
$N_{90}P_{90}K_{90}$	34	209	223
БЛЕК ДЖЕК КС	37	221	232
Інтермаг Титан	36	218	228
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + БЛЕК ДЖЕК КС	40	226	240
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Інтермаг Титан	38	224	231

Урожайність міскантусу визначається дією багатьох чинників, що маю вплив на ріст і розвиток рослин – забезпечення вологою і теплом, поживними речовинами, фізичним станом ґрунту та забур'яненістю посівів.

За результатами досліджень урожайність листково-стеблової маси міскантусу на контролі становила 30,7 т/га. При застосуванні удобрення урожайність зросла на 0,7 т/га (табл. 3).

Таблиця 3

### Вплив удобрення на продуктивність міскантусу гігантського

Варіант	Урожайність листково-стеблової маси, т/га		Урожайність ± до контролю	
	з 1 га, т	вага 1 росл./кг	т/га	%
Контроль (без добрив, обробка водою)	30,7	1,87	–	–
$N_{90}P_{90}K_{90}$	31,4	1,96	+0,7	+1,7
БЛЕК ДЖЕК КС	33,2	2,04	+2,5	+6,1
Інтермаг Титан	32,4	2,01	+1,7	+4,2
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + БЛЕК ДЖЕК КС	34,2	2,34	+3,5	+8,6
$N_{90}P_{90}K_{90}$ + Інтермаг Титан	33,6	2,27	+2,9	+7,1

Урожайність сирової біомаси наприкінці вегетаційного періоду становила від 30,7 до 34,2 тон на гектар. Найменша урожайність була на контролі, а внесення добрива БЛЕК ДЖЕК КС істотно не вплинуло на урожайність біомаси. При застосуванні комплексного удобрення  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + БЛЕК ДЖЕК КС зросла на 8,6%.

**Висновки.** На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що спостерігається покращення умов росту рослин за внесення удобрення забезпечило збільшення кількості пагонів та висоти рослин міскантусу. Найбільшу їх кількість – 40 шт./рослину та висоту куща 226 см отримано за внесення удобрення  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + БЛЕК ДЖЕК КС.

Встановлено, що найвищу врожайність міскантусу гіганського досягнуто за вирощування на варіанті  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + БЛЕК ДЖЕК КС – 34,2 т/га, що на 8,6% більше порівняно з контролем, вага однієї рослини була на рівні 2,24 кілограми. Також висока урожайність спостерігається у варіанті  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + Інтермаг Титан – 33,6 т/га.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bai Y., Luo L., van der Voet E. Life cycle assessment of switchgrass-derived ethanol as transport fuel. *J. Life Cycle Assess.* 2010. Vol. 15: 468–477. DOI: 10.1007/s11367-010-0177-2
2. Chramiec-Głabik A., Grabowska-Joachimiak A., Sliwinska E., Legutko J., Kula A. Cytogenetic analysis of *Miscanthus* × *giganteus* and its parent forms. *Caryologia*, 2012. Vol. 65, no. 3. P. 234–242.
3. Kulyk M., Galytska M., Samoylik M., Zhornyk I. Phytoremediation aspects of energy crops use in Ukraine. *Agrology*, 2019. Vol. 1, no. 4. P. 373–381. <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/4157>
4. Röder M., Mohr A., & Yan Liu. Sustainable bioenergy solutions to enable development in low- and middleincome countries beyond technology and energy access. *Biomass and Bioenergy*. 2020. Vol. 143. doi: 10.1016/j.biombioe.2020.105876
5. Samson R., Mani S., Boddey R., Sokhansanj S., Quesada D., Urquiaga S. The potential of C4 perennial grasses for developing a global BIOHEAT industry. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2005. Vol. 24. P. 461–495. doi.org/10.1080/07352680500316508
6. Гументик М. Я., Бондар В. С. Економічна й енергетична ефективність вирощування біоенергетичних культур на біопаливо. *Біоенергетика*. 2018. № 1. С. 16–19. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Bioen\\_2018\\_1\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Bioen_2018_1_5)
7. Дековець В.О., Кулик М.І. Вплив удосконалення елементів технології вирощування на врожайність надземної вегетативної маси міскантусу гіганського. *Аграрні інновації*. 2023. №17. С. 46–53.
8. Дековець В.О., Кулик М.І. Енергетична ефективність удосконаленої технології вирощування міскантусу гіганського для отримання біомаси. *Аграрні інновації*. 2023. №20. С. 28–33.
9. Энергоэффективность та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти : колективна монографія / Кол. авторів; за заг. ред. П. М. Макаренка, О. В. Калініченка, В. І. Аранчій. Полтава: ПП “Астрая”, 2019. 603 с.
10. Кулик М. І., Сиплива Н. О., Рожко І. І. Урожайність та ефективність виробництва біомаси енергетичних культур залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 104, 2019. С. 148–159. URI: <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/8607>
11. Кулик О. Способи стимулювання використання альтернативних джерел енергії за законодавством України та Європейського Союзу. *Підприємництво, господарство і право*. 2018. Вип. 4. С. 86–90.

12. Присяжнюк О.І., Гончарук О.М. Особливості формування продуктивності та якості біомаси міскантусу гіганського під впливом елементів агротехніки. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Випуск 30. 2022. С. 53–60.

13. Радченко М.В., Глупак З.І., Данильченко О.М. Вирощування міскантусу в умовах північно-східної частини Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Випуск 1–2 (36–37). 2019. С. 7–10.

14. Романчук Л. Д., Зінченко В. О., Василюк Т. П. Особливості вирощування енергетичних культур в умовах Полісся України: з кн. Перспективи розвитку альтернативної енергетики на Поліссі України / відп. ред. О. В. Скидан. К. : Центр учбової літератури, 2014. С. 81–111.

15. Страпчук С. Виробництво та використання біоенергетичних ресурсів у сільському господарстві України на засадах сталості. *Економіка природокористування і сталий розвиток*. 2021. № 9 (28). С. 80–87. DOI: 10.37100/2616-7689.2021.9(28).11