

УДК 633.174:631.5:631.53.01

Виробництво садивного матеріалу міскантусу гігантського: вихід та якість залежно від агротехнологічних умов вирощування

 Р. С. Тетерюк,  М. І. Кулик*

Полтавський державний аграрний університет МОН України, вул. Г. Сковороди, 1/3, м. Полтава, 03806, Україна, *e-mail: kulykmaksym@ukr.net

Мета. Установити особливості приживлюваності та виходу садивного матеріалу міскантусу гігантського залежно від елементів агротехнології вирощування в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу України. **Методи.** Польовий експеримент проводили впродовж 2018–2024 рр. на чорноземах опідзолених з використанням рандомізованого розміщення дослідних ділянок. Вивчали вплив трьох факторів: маси ризом (< 30 г, 31–50 г, > 50 г), схем їх висаджування (30 × 30, 45 × 45, 60 × 60, 75 × 75 см) і застосування препаратів [контроль; передсадивне оброблення ризом мікоризним препаратом Мікофренд С (5 г/ризому) у поєднанні з прилипачем-гідроутримувачем Аквадар (5 г/ризому); оброблення ризом у поєднанні з щорічним весняним позакореневим підживленням препаратом Крісталон особливий (3 кг/га)]. Сорт міскантусу гігантського 'Осінній зорецвіт'. **Результати.** Установлено, що розмір ризом, передсадивне їх оброблення препаратами та схема висаджування впливають на приживлюваність садивного матеріалу. У середньому по досліді цей показник варіював у межах від 74,5 до 85,7 %. При цьому, як зменшення, так і збільшення площі висаджування, а також використання дрібних за масою ризом призводили до істотного зниження цього показника в усі роки досліджень. Найвищий відсоток проростання ризом міскантусу гігантського (понад 80) зафіксовано за схеми висаджування 60 × 60 см із застосуванням передсадивного оброблення середніх і крупних ризом. Щорічне весняне позакореневе підживлення маточників у фазі трьох-чотирьох листків препаратом Крісталон особливий, порівняно з контрольними варіантами, суттєво підвищує вихід ризом відповідно до їх маси (від 84,4 до 91,4 %). Залежно від схеми висаджування ризом міскантусу гігантського в розсадниках і застосування позакореневого підживлення маточників змінюється площа, яку можна забезпечити отриманим садивним матеріалом. Зокрема, схема 30 × 30 см забезпечує 81,7–95,4 га нових енергетичних плантацій, 45 × 45 см – 46,0–52,0 га, 60 × 60 см – 32,7–40,1 га, 75 × 75 см – 27,9–33,4 га. **Висновки.** Найліпші показники приживлюваності та виходу ризом міскантусу гігантського (понад 80 %) відзначено за висаджування їх за схемою 60 × 60 см та передсадивного оброблення середніх та крупних ризом препаратом Мікофренд С сумісно із прилипачем-гідроутримувачем Аквадар та позакореневим підживленням маточників у фазі трьох-чотирьох листків хелатним препаратом Крісталон особливий.

Ключові слова: міскантус гігантський; садивний матеріал; ризом; передсадивне оброблення; адсорбент; гумат; позакореневе підживлення.

Вступ

У сучасному світі вивчення, впровадження й використання рослинної сировини є пріоритетним напрямом розвитку біоенергетики. Це зумовлює потребу у дослідженні, розроблянні та впровадженні нових ефективних технологій, а також у формуванні якісно нової інфраструктури. Водночас розроблення заходів вирощування енергетичних культур і використання їхньої вегетативної маси для різних видів біопалива потребує подальшого вдосконалення. Саме це визначатиме доцільність використання рослинних енергетичних ресурсів як альтернативного джерела енергії, що, у підсумку, сприятиме ефективному використанню власних паливно-енергетичних ресурсів та диверсифікації джерел і шляхів постачання енергоносіїв споживачам [1, 2].

Сталий розвиток біоенергетики в Україні передбачає раціональне використання ресурсного потенціалу, зокрема – оптимальне географічне розміщення енергопосівів з урахуванням біологічних особливостей культур і ґрунтово-кліматичних умов. Розумне поєднання цих чинників сприятиме досягненню високої врожайності енергоємної вегетативної маси. Важливим є застосування адаптивних технологій вирощування біоенергетичних культур та вдосконалення наявних, а також підбір ефективних схем перероблення фітосировини з метою отримання якісного біопалива. Завдяки його використанню населення територіальних громад може отримувати доступні енергоносії, що в масштабах країни сприятиме зменшенню енергозалежності від непоновних джерел енергії [3–5]. Отже, зростання частки альтернативних джерел енергії в найближчому майбутньому посилить економічний складник розвитку держави.

Наразі енергетичні культури, зокрема міскантус гігантський та просо прутоподібне, досліджують як рослинний енергетичний ресурс [6, 7]. Крім того, фітомаса цих рослин має значення для будівельної промисловості, виготовлення картону та біопластмас. Енергокультури також здатні до секвестрації (накопичення) вуглецю в ґрунті та поновлення його органічної речовини. Добре розвинена коренева система цих рослин сприяє поліпшенню екологічного стану природного середовища, зокрема завдяки фітореMediaційним властивостям [8–10].

У результаті комплексних досліджень Т. О. Щербаковою та Д. Б. Рахметовим було виокремлено найбільш продуктивні та адаптивні генотипи міскантусу [11]. Ці дані підтверджено й дослідженнями О. Б. Хіврича та ін., які встановили здатність міскантусу гігантського адаптуватися до умов довкілля, зокрема до засолених ґрунтів [12].

Інші дослідники виявили залежність урожайності біомаси міскантусу від родючості ґрунту: на високопродуктивних і добре структурованих ґрунтах урожай зростає, а на малородючих і важких суглинках – знижується [13]. Водночас є думка, що продуктивність міскантусу значною мірою залежить від системи удобрення та зволоження, а не лише від родючості ґрунтів [14].

Науковиця В. В. Дрига, досліджуючи садивний матеріал міскантусу гігантського, встановила, що якість ризомів впливає на їх укорінення. Виявлено, що зі збільшенням кількості сплячих бруньок на ризомах підвищується рівень приживлюваності. Водночас більші ризоми є якіснішими, ніж дрібні. На ці показники значною мірою впливають погодні й ґрунтові умови [15].

Наукова група під керівництвом М. Я. Гументика встановила закономірності між густотою насаджень міскантусу гігантського та показниками енергоефективності плантації. Зокрема, за щільності до 25 тисяч ризом на 1 га відзначено зростання коефіцієнта енергоефективності. Однак використання більш масивного садивного матеріалу (120 г) порівняно з легшим (30 г) знижує цей показник. Оптимальною є густина 15 тисяч рослин на гектар за маси ризоми 30–60 г [16].

Заглиблення ризомів на 8–10 см під час висаджування позитивно впливає на лінійний приріст рослин. Крім того, обсяг урожаю біомаси найбільше визначають строки садіння й погодні умови [17].

Також доведено ефективність використання біопрепаратів і регуляторів росту для передсадивного оброблення ризомів. Позитивну дію на вкорінення та ріст виявлено у препаратів Агростимулін і Регоплант [18].

Отже, створення умов, наближених до оптимальних для росту й розвитку міскантусу гігантського, досягається відповідними агротехнічними заходами. Це передбачає зменшення кількості технологічних операцій у полі, використання широкозахватної техніки для обробітку, застосування ефективної системи удобрення та підживлення тощо. У підсумку це дає змогу щорічно отримувати високоврожайну біомасу [19–21].

Крім того, авторський колектив під керівництвом О. І. Присяжнюка розробив модель прогнозування врожайності енергетичних культур. Вона, з урахуванням потенціалу земель, частки площ, задіяних під енергокультури, та показників урожайності, дає змогу робити прогнози для конкретних регіонів [22].

Таким чином, рослини міскантусу гігантського здатні щорічно формувати вегетативні органи розмноження (ризоми), які слугують садивним матеріалом. На його обсяг і якість впливають зовнішні чинники, зокрема агротехнічні заходи. Проте традиційні методи вирощування міскантусу для отримання біомаси або садивного матеріалу не завжди забезпечують високий вихід якісних ризом для створення нових енергетичних плантацій.

Мета досліджень – установити особливості приживлюваності та виходу садивного матеріалу міскантусу гігантського залежно від елементів агротехнології вирощування в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Польові дослідження проводили в умовах Центрального Лісостепу України, де протягом 2018–2024 рр. було закладено та реалізовано польовий експеримент.

У процесі дослідження було поставлено такі завдання:

- визначити вплив маси та схем висаджування ризом міскантусу гігантського на вихід садивного матеріалу;
- установити відсоток приживлюваності ризом залежно від досліджуваних чинників;
- з'ясувати найбільш впливові чинники, що сприяють підвищенню виходу якісних ризом для забезпечення нових енергоплантацій культури.

Польові дослідження передбачали рандомізоване розміщення дослідних ділянок (0,40 га) у кожному з чотирьох повторень [23]. Експериментальна частина досліду була проведена відповідно до методики польового досліду [24], спеціальних методик і рекомендацій [25–27], а також із використанням методичних підходів до вивчення схем садіння ризом міскантусу [28].

Досліджувані фактори:

фактор А – маса ризом міскантусу: мала (< 30 г), середня (31–50 г) і велика (> 50 г);

фактор Б – схема висаджування ризом: 30 × 30, 45 × 45, 60 × 60 та 75 × 75 см;

фактор В – застосування препаратів: контроль; передсадивне оброблення ризом мікоризним біопрепаратом Мікофренд С (5 г/ризому) у поєднанні з прилипачем-гідроутримувачем Аквадар (5 г/ризому); передсадивне оброблення ризом та щорічне весняне позакореневе підживлення маточників у фазі трьох-чотирьох листків хелатним препаратом Крісталон особливий (3 кг/га, норма робочого розчину – 200 л/га).

Ґрунтовий покрив дослідних ділянок представлений переважно опідзоленими чорноземами. Клімат району – помірно континентальний, із незначними амплітудами температурних коливань і кількості опадів, характеризується м'якою зимою та теплим вологим літом, що повною мірою дало змогу оцінити реакцію рослин на умови проростання ризом і вирощування.

Результати досліджень

Визначено, що проростання садивного матеріалу міскантусу розпочинається за температури ґрунту +6...8 °С, а найінтенсивніше цей процес відбувається за +15...16 °С. Значні температурні відхилення в цей період гальмують ріст і розвиток молодих рослин.

У подальшому молоді рослини міскантусу розвиваються повільно, особливо на початкових етапах органогенезу, що триває протягом кількох тижнів. У цей час сході можуть частково пригнічуватись дводольними бур'янами. Тому оптимальним строком висаджування ризом міскантусу є початок – середина квітня.

Результати наших досліджень підтвердили гіпотезу про те, що розмір ризом, передсадивне оброблення визначеними препаратами та схема висаджування, поряд із температурним і вологісним режимом, впливають на їх укорінення. Зокрема, відсоток приживлюваності ризом за досліджуваними варіантами змінювався в межах від 74,5 до 85,7 % (табл. 1).

Таблиця 1

Приживлюваність ризом міскантусу гігантського, % (середнє за 2018–2021 рр.)

Препарати	Схема висаджування ризом	Маса ризоми			Середнє за варіантами
		мала (< 30 г)	середня (31–50 г)	крупна (> 50 г)	
Без оброблення (контроль)	30 × 30 см	74,5	78,6	82,4	78,5
	45 × 45 см	77,5	80,1	83,8	80,5
	60 × 60 см	78,6	82,3	85,4	82,1
	75 × 75 см	77,2	79,8	84,3	80,3
Середнє за масою ризом		77,0	80,2	84,0	80,4
Оброблення ризом	30 × 30 см	79,6	81,7	83,2	81,5
	45 × 45 см	80,4	82,3	84,4	82,4
	60 × 60 см	81,2	84,2	85,7	83,7
	75 × 75 см	80,6	83,5	84,6	82,9
Середнє за масою ризом		80,5	82,9	84,5	82,6
НІР _{0,05}	фактор А	0,22	0,51	0,40	–
	фактор Б	1,03	1,22	0,74	–

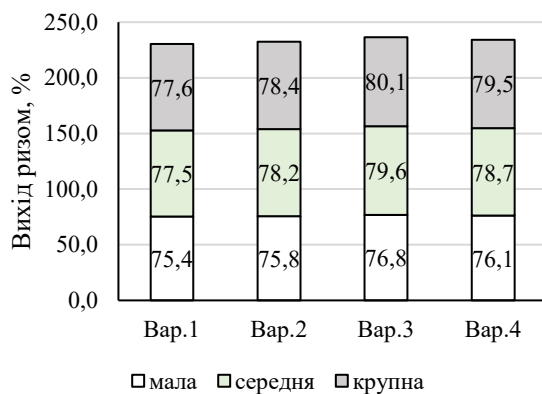
Установлено, що найбільше пророслих ризом міскантусу (понад 80,0 %) відзначено за умови їх розміщення за схемою 60 × 60 см та за передсадивного оброблення середніх і крупних ризом препаратом Мікофренд С у поєднанні з прилипачем-гідроутримувачем Аквадар. Виявлено закономірність: як зменшення, так і збільшення площі висаджування, а також використання дрібних за масою ризом призводили до істотного зниження цього показника в усі роки досліджень.

Вихід садивного матеріалу міскантусу гігантського залежав від схеми висаджування ризом, застосування препаратів для передсадивного оброблення матеріалу, а також від проведення підживлення насаджень (табл. 2).

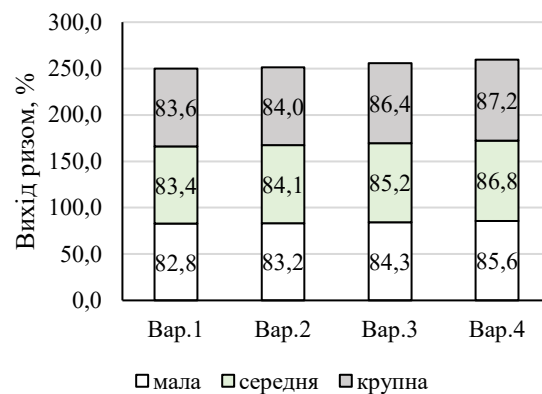
Таблиця 2

Вихід садивного матеріалу міскантусу гігантського, % (середнє за 2021–2024 рр.)					
Препарати	Схема висаджування ризом	Маса ризоми			Середнє за варіантами
		мала (< 30 г)	середня (31–50 г)	крупна (> 50 г)	
Без оброблення (контроль)	30 × 30 см	75,4	77,5	77,6	76,8
	45 × 45 см	75,8	78,2	78,4	77,5
	60 × 60 см	76,8	79,6	80,1	78,8
	75 × 75 см	76,1	78,7	79,5	78,1
Середнє за масою ризом		76,0	78,5	78,9	77,8
оброблення ризом	30 × 30 см	82,8	83,4	83,6	83,3
	45 × 45 см	83,2	84,1	84,0	83,8
	60 × 60 см	84,3	85,2	86,4	85,3
	75 × 75 см	85,6	86,8	87,2	86,5
Середнє за масою ризом		84,0	84,9	85,3	84,7
оброблення ризом + підживлення	30 × 30 см	84,4	86,3	84,0	85,3
	45 × 45 см	86,2	87,0	86,7	86,6
	60 × 60 см	90,4	91,4	89,6	90,4
	75 × 75 см	89,0	89,9	88,4	89,1
Середнє за масою ризом		87,4	88,6	87,5	87,9
НІР _{0,05}	фактор А	1,24	1,40	1,35	–
	фактор Б	0,19	0,17	0,12	–

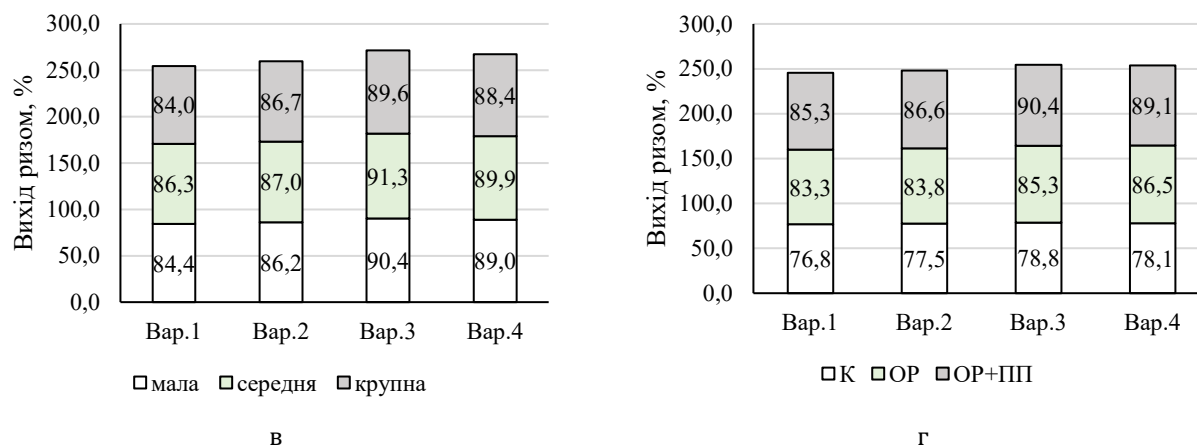
Виявлено ефективність щорічного весняного позакореневого підживлення маточників міскантусу у фазі трьох-чотирьох листків препаратом Крісталон особливий. Порівняно з контрольними варіантами, таке підживлення суттєво підвищувало частку виходу ризом за масовими категоріями: для дрібних ризом – до 84,4–90,4 %, середніх – до 86,3–91,4, крупних – до 84,0–89,6 %. Найвищий показник виходу садивного матеріалу зафіксовано за вирощування ризом за схемою 60 × 60 см, за висаджування середніх ризом, що піддавалися передсадивному обробленню препаратами у поєднанні з позакореневим підживленням маточних насаджень (рис. 1).



а



б



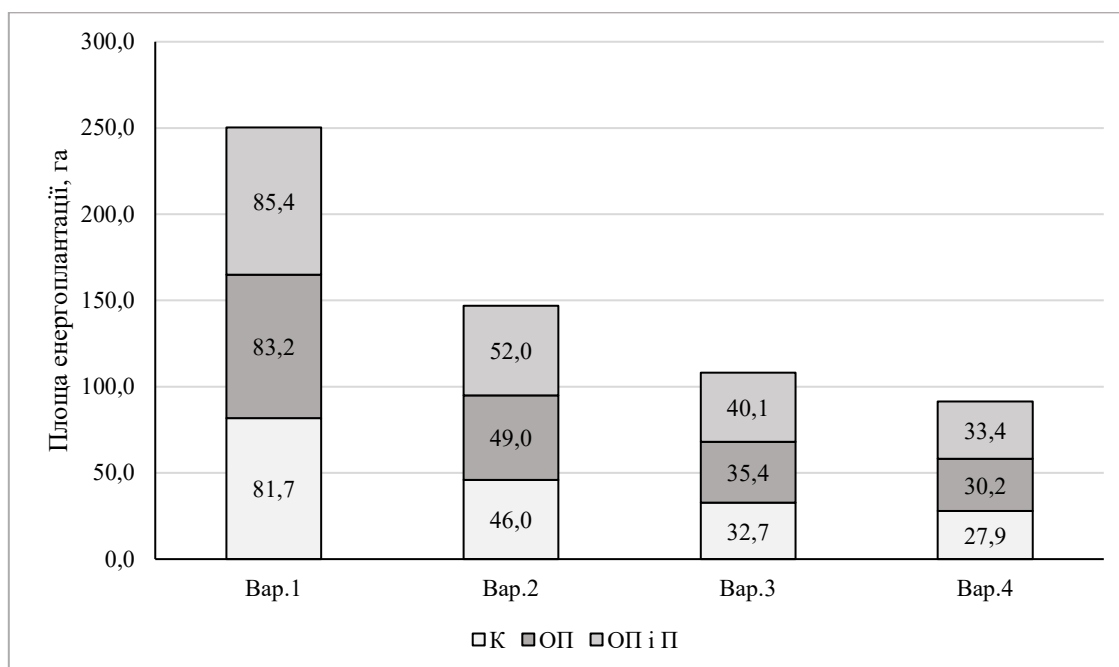
Примітка.

Схема висаджування ризом: вар. 1 – 30 × 30 см, вар. 2 – 45 × 45 см, вар. 3 – 60 × 60 см, вар. 4 – 75 × 75 см; К – контроль (без оброблення), ОР – оброблення ризом, ПП – позакореневе підживлення.

Рис. 1. Вихід садивного матеріалу міскантусу гігантського залежно від досліджуваних факторів:
а – без оброблення (контроль), б – оброблення ризом препаратами, в – оброблення ризом препаратами + підживлення насаджень, г – середнє за варіантами за фактором А (середнє за 2021–2024 рр.)

Залежно від схеми висаджування ризом формується різна густина стеблостою міскантусу гігантського. Найбільшу густоту рослин зафіксовано у 4 варіанті досліді за схеми 75 × 75 см – до 17 800 рослин/га. Натомість найнижчий показник відзначено у варіанті 1 за схеми 30 × 30 см – на рівні 11 100 рослин/га.

Згідно з наявними рекомендаціями, для закладання 1 га нової енергоплантації необхідно в середньому 20 408 ризом міскантусу гігантського. Відповідно площу, яку можна забезпечити наявною кількістю садивного матеріалу, наведено на рисунку 2.



Примітка.

Схема висаджування ризом: вар. 1 – 30 × 30 см, вар. 2 – 45 × 45 см, вар. 3 – 60 × 60 см, вар. 4 – 75 × 75 см; К – контроль (без оброблення), ОР – оброблення ризом, ПП – позакореневе підживлення.

Рис. 2. Площа енергоплантацій, яку можна закласти отриманим садивним матеріалом міскантусу гігантського

Таким чином, за розміщення ризом за схемою 30 × 30 см цілком можливо забезпечити садивним матеріалом закладення нових енергоплантацій на площі від 81,7 до 95,4 га. Схема висаджування 45 × 45 см дає змогу отримати від 46,0 до 52,0 га нових насаджень міскантусу, схема 60 × 60 см – від 32,7 до 40,1 га, а схема 75 × 75 см – від 27,9 до 33,4 га.

Порівняно з контролем, істотне збільшення виходу якісних ризом міскантусу та відповідно площ, які вони можуть забезпечити, встановлено в разі додаткового щорічного позакореневого підживлення маточників.

Висновки

Найвищий відсоток проростання ризом міскантусу гігантського (понад 80 %) зафіксовано за схеми висаджування 60 × 60 см із застосуванням передсадивного оброблення середніх і крупних ризом препаратом Мікофренд С у поєднанні з прилипачем-гідроутримувачем Аквадар.

Щорічне весняне позакореневе підживлення маточників у фазі трьох-чотирьох листків препаратом Крісталон особливий, порівняно з контрольними варіантами, суттєво підвищує відсоток виходу ризом відповідно до їх маси (від 84,4 до 91,4 %).

Залежно від схеми висаджування ризом міскантусу гігантського в розсадниках і застосування позакореневого підживлення маточників змінюється площа, яку можна забезпечити отриманим садивним матеріалом. Зокрема, схема 30 × 30 см забезпечує 81,7–95,4 га нових енергетичних плантацій, 45 × 45 см – 46,0–52,0 га, 60 × 60 см – 32,7–40,1 га, 75 × 75 см – 27,9–33,4 га.

Використана література

1. Енергетичні культури: сортимент, біологія, екологія, агротехнологія: колект. моногр. / за ред. М. І. Кулика. Полтава: Астроя, 2023. 220 с.
2. Hryhoriv Y., Butenko Y., Kabanets V. et al. Prospectives of growing energy crops for the production of different types of biofuel. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2024. Vol. 25, Iss. 5. P. 191–197. <https://doi.org/10.12912/27197050/185710>
3. Оптимальні енергетичні системи з урахуванням наявного потенціалу відновлюваних джерел енергії у Лісостепу України: колект. моногр. / за ред. М. І. Кулика, О. В. Калініченка. Полтава: Астроя, 2019. 128 с.
4. Tryboi O. V. Efficient biomass value chains for heat production from energy crops in Ukraine. *Energetika*. 2018. Vol. 64, Iss. 2. P. 84–92. <https://doi.org/10.6001/energetika.v64i2.3782>
5. Lewandowski I., Clifton-Brown J., Trindade L. M. et al. Progress on optimizing miscanthus biomass production for the european bioeconomy: Results of the EU FP7 project OPTIMISC. *Frontiers in Plant Science*. 2016. Vol. 7. P. 1–23. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01620>
6. Роїк М. В., Сінченко В. М., Пиркін В. І. та ін. Міскантус в Україні. Київ: ФОП Ямчинський О. В., 2019. 256 с.
7. Пришляк Н. В. Потенційні можливості вирощування біоенергетичної сировини на виробництво твердого біопалива. *Агроекономіка*. 2021. № 1–2. С. 33–45. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.1-2.33>
8. Mehmood M., Ibrahim M., Rashid U. et al. Biomass production for bioenergy using marginal lands. *Sustainable Production and Consumption*. 2017. Vol. 9. P. 3–21. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2016.08.003>
9. Каленська С. М., Рахметов Д. Б., Новітська Н. В. та ін. Енергетичні та сировинні рослини: навч. посіб. Київ: НУБіП України, 2022. 274 с.
10. Kulyk M., Galytskaya M., Plaksienko I. et al. Switchgrass and lupin as phytoremediation crops of contaminated soil. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*. 2020. Vol. 20, Iss. 5.1. P. 779–784. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.098>
11. Щербаківа Т. О., Рахметов Д. Б. Морфологічні особливості монокарпічних видів *Miscanthus Anderss.* у зв'язку з інтродукцією в Лісостепу та Поліссі України. *Інтродукція рослин*. 2014. № 2. С. 3–9.
12. Хіврич О. Б., Курило В. Л., Квак В. М. Енергетичні рослини, як сировина для біопалива. *Пропозиція*. 2011. № 6. С. 68.
13. Іваніна В. В., Гументик М. Ю., Кателевський В. М. Продуктивність гігантського міскантусу та стан родючості ґрунту для внесення добрив. *Agrology*. 2021. Т. 4, № 3. С. 131–136.
14. Харитонов М. М., Бабенко М. Г. Придатність різних едафічних конструкцій моделей техноземів для вирощування *Miscanthus × giganteus*. *Раціональне використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій*: колект. моногр. / за ред. П. В. Писаренка, Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб. Полтава: Укрпромторгсервіс, 2018. С. 106–113.
15. Дрига В. В., Доронін В. А. Формування садивного матеріалу міскантусу гігантського. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2019. 190 с.
16. Гументик М. Я., Гончарук Г. С., Гументик В. М. Продуктивність біомаси міскантусу залежно від густоти садіння та маси ризомів в умовах Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 116(1). С. 32–39. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.4>

17. Гументик М., Квак В., Замойський О. Урожайність біомаси міскантусу залежно від кліматичних умов, строків і глибини садіння ризомів у західному Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2013. № 17(1). С. 76–82.
18. Зінченко О. В. Оцінка впливу регуляторів росту на інтенсивність фотосинтезу, приживаність, морфологічні показники міскантусу гігантського. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 19. С. 47–50.
19. Zub H. W., Brancourt-Hulmel M. Agronomic and physiological performances of different species of *Miscanthus*, a major energy crop. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2010. Vol. 30. P. 201–214.
20. Katelevskij V., Gumentyk M., Kharytonov M. Plant growth stimulants influence on *Miscanthus x giganteus* biomass indexes in forest-steppe zone of Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2020. Vol. LXIII(1). P. 341–345.
21. Тетерюк Р. С., Кулик М. І. Аналіз сортів міскантусу за адаптивністю, врожайністю та енергопродуктивністю біомаси в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Т. 27, № 3. С. 31–37. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.05>
22. Присяжнюк О. І., Маляренко О. А., Lazdiņš A. та ін. Математичні моделі прогнозування врожайності біоенергетичних культур. *Новітні агротехнології*. 2024. Т. 12, № 3. <https://doi.org/10.47414/na.12.3.2024.317422>
23. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії. Кн. 1. : Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с.
24. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії. Кн. 2 : Статистична обробка результатів досліджень / за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 352 с.
25. Курило В. Л., Ганженко О. М., Гументик М. Я. та ін. Методичні рекомендації з технології вирощування і перероблення міскантусу гігантського. Київ : Компрінт, 2016. 40 с.
26. Хіврич О. Б., Ганженко О. М., Квак В. М. та ін. Методичні рекомендації з використання технічних засобів під час вирощування міскантусу гігантського. Київ, 2021. 25 с.
27. Курило В. Л., Ганженко О. М., Гументик М. Я. та ін. Методичні рекомендації з проведення передсадильного обробітку ґрунту і садіння ризомів міскантусу. Київ : ІБКіЦБ НААН, 2012. 15 с.
28. Роїк М. В., Доронін В. А., Дрига В. В. та ін. Репродукування садивного матеріалу міскантусу гігантського: методичні рекомендації. Київ : Компрінт, 2021. 49 с.

References

1. Kulyk, M. I. (Ed.). (2023). *Energy crops: assortment, biology, ecology, agro-technology*. Astraia. [In Ukrainian]
2. Hryhoriv, Y., Butenko, Y., Kabanets, V., Filon, V., Kriuchko, L., Bondarieva, L., Mikulina, M., Yevtushenko, Y., Polyvanyi, A., & Kovalenko, V. (2024). Prospectives of growing energy crops for the production of different types of biofuel. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 25(5), 191–197. <https://doi.org/10.12912/27197050/185710>
3. Kulyk, M. I., & Kalinichenko, O. V. (Eds.). (2019). *Optimal energy systems considering available potential of renewable energy sources in Forest-Steppe of Ukraine*. Astraia. [In Ukrainian]
4. Tryboi, O. V. (2018). Efficient biomass value chains for heat production from energy crops in Ukraine. *Energetika*, 64(2), 84–92. <https://doi.org/10.6001/energetika.v64i2.3782>
5. Lewandowski, I., Clifton-Brown, J., Trindade, L. M., van der Linden, G. C., Schwarz, K.-U., Müller-Sämann, K., Anisimov, A., Chen, C.-L., Dolstra, O., Donnison, I. S., Farrar, K., Fonteyne, S., Harding, G., Hastings, A., Huxley, L. M., Iqbal, Y., Khokhlov, N., Kiesel, A., Lootens, P., ... Kalinina, O. (2016). Progress on optimizing miscanthus biomass production for the European bioeconomy: Results of the EU FP7 project OPTIMISC. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1–23. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01620>
6. Roik, M. V., Sinchenko, V. M., Ivashchenko, O. O., Pyrkin, V. I., Kvak, V. M., Humentyk, M. Ya., Hanzhenko, O. M., Sabluk, V. T., Hryshchenko, O. M., Fuchylo, Ya. D., Honcharuk, H. S., Furman, V. A., Suslyk, L. O., Makukh, Ya. P., Remeniuk, S. O., Ivanina, V. V., Fursa, A. V., Bondar, V. S., Bekh, N. S., ... Katelevskiy, V. M. (2019). *Miscanthus in Ukraine*. FOP Yamchynskiy O. V. [In Ukrainian]
7. Pryshliak, N. V. (2021). Potential possibilities of growing bioenergy crops for the production of solid biofuels. *Agrosvit*, 1–2, 33–45. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.1-2.33>
8. Mehmood, M. A., Ibrahim, M., Rashid, U., Nawaz, M., Ali, S., Hussain, A., & Gull, M. (2017). Biomass production for bioenergy using marginal lands. *Sustainable Production and Consumption*, 9, 3–21. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2016.08.003>
9. Kalenska, S. M., Rakhmetov, D. B., Novitska, N. V., Mokriienko, V. A., Harbar, L. A., Yynyk, A. V., Antal, T. V., Honchar, L. M., Karpenko, L. D., & Pylypenko, V. S. (2022). *Energy and raw crops*. NULES of Ukraine. [In Ukrainian]
10. Kulyk, M., Galytskaya, M., Plaksienko, I., Kocherga, A., & Mishchenko, O. (2020). Switchgrass and lupin as phytoremediation crops of contaminated soil. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, 20(5.1), 779–784. <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.098>
11. Shcherbakova, T. O., & Rakhmetov, D. B. (2014). Morphological features of monocarpic species of *Miscanthus Anderss.* in connection with introduction in Forest-Steppe and Polissia of Ukraine. *Plant Introduction*, 2, 3–9. [In Ukrainian]

12. Khivrych, O. B., Kurylo, V. L., & Kvak, V. M. (2011). Energy crops as raw materials for biofuel. *Propozytsiia*, 6, 68. [In Ukrainian]
13. Ivanina, V. V., Gumentyk, M. Yu., & Katelevskiy, V. M. (2021). Productivity of giant miscanthus and soil fertility status with fertilizer application. *Agrology*, 4(3), 131–136. [In Ukrainian]
14. Kharytonov, M. M., & Babenko, M. H. (2018). Suitability of different edaphic constructions of technosols for growing *Miscanthus × giganteus*. In P. V. Pysarenko, T. O. Chaika, & I. O. Yasnolob (Eds.), *Rational use of resources in environmentally stable territories* (pp. 106–113). Ukrpromtorgservis. [In Ukrainian]
15. Dryha, V. V., & Doronin, V. A. (2019). *Formation of planting material of giant miscanthus*. Lambert Academic Publishing. [In Ukrainian]
16. Gumentyk, M. Ya., Honcharuk, H. S., & Gumentyk, V. M. (2020). Productivity of miscanthus biomass depending on planting density and rhizome mass in the Forest-Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 116(1), 32–39. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.4> [In Ukrainian]
17. Gumentyk, M., Kvak, V., & Zamoiskyi, O. (2013). Biomass yield of miscanthus depending on climate, planting time and rhizome depth in Western Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk of Lviv National Agrarian University. Agronomy*, 17(1), 76–82. [In Ukrainian]
18. Zinchenko, O. V. (2013). Evaluation of the effect of growth regulators on photosynthesis intensity, survival rate, and morphological traits of *Miscanthus × giganteus*. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets*, 19, 47–50. [In Ukrainian]
19. Zub, H. W., & Brancourt-Hulmel, M. (2010). Agronomic and physiological performances of different species of *Miscanthus*, a major energy crop. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 201–214.
20. Katelevskij, V., Gumentyk, M., & Kharytonov, M. (2020). Plant growth stimulants influence on *Miscanthus × giganteus* biomass indexes in forest-steppe zone of Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXIII(1), 341–345.
21. Teteriuk, R. S., & Kulyk, M. I. (2024). Analysis of miscanthus varieties by adaptability, yield and biomass energy productivity in Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, 27(3), 31–37. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.05> [In Ukrainian]
22. Prysiazniuk, O. I., Maliarenko, O. A., Lazdiņš, A., Musich, V. V., & Honcharuk, O. M. (2024). Mathematical models for yield prediction of bioenergy crop. *Advanced Agritechnologies*, 12(3). <https://doi.org/10.47414/na.12.3.2024.317422> [In Ukrainian]
23. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Boboro, M. A., & Puzik, L. M. (2016). *Experimental work in agronomy. Book 1: Theoretical aspects*. A. O. Rozhkov (Ed.). Maidan. [In Ukrainian]
24. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Boboro, M. A., & Puzik, L. M. (2016). *Experimental work in agronomy. Book 2: Statistical processing of research results*. A. O. Rozhkov (Ed.). Maidan. [In Ukrainian]
25. Kurylo, V. L., Hanzhenko, O. M., Gumentyk, M. Ya., Kvak, V. M., Zykov, P. Yu., Fuchylo, Ya. D., Khivrych, O. B., Honcharuk, H. S., Smirnykh, V. M., Horobets, A. M., Dubovyi, Yu. P., & Zamoiskyi, O. I. (2016). *Methodical recommendations on technology for growing and processing Miscanthus × giganteus*. Komprint. [In Ukrainian]
26. Khivrych, O. B., Hanzhenko, O. M., Kvak, V. M., Gumentyk, M. Ya., Fuchylo, Ya. D., & Tsyvahun, H. V. (2021). *Methodical recommendations on technical means for growing Miscanthus × giganteus*. IBCSB NAAS. [In Ukrainian]
27. Kurylo, V. L., Hanzhenko, O. M., Gumentyk, M. Ya., Kvak, V. M., Zamoiskyi, O. I., & Zykov, P. Yu. (2012). *Methodical recommendations on preplant soil tillage and rhizome planting of miscanthus*. IBCSB NAAS. [In Ukrainian]
28. Roik, M. V., Doronin, V. A., Dryha, V. V., Kravchenko, Yu. A., & Doronin, V. V. (2021). *Reproduction of planting material of Miscanthus × giganteus: Methodical recommendations*. Komprint. [In Ukrainian]

UDC 633.174:631.5:631.53.01

Teteriuk, R. S., & Kulyk, M. I.* (2025). Production of *Miscanthus giganteus* planting material: yield and quality under different agrotechnological conditions of cultivation. *Advanced Agritechnologies*, 13(1). <https://doi.org/10.47414/na.13.1.2025.331569> [In Ukrainian]

*Poltava State Agrarian University, 1/3 H. Skovorody St., Poltava, 03806, Ukraine, *e-mail: kulykmaksym@ukr.net*

Purpose. To determine the survival rate and yield of planting material of *Miscanthus × giganteus* under the effect of elements of cultivation technology in the central part of the Left-Bank Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** A field experiment was conducted in 2018–2024 on podzolised chernozem soils using a randomised plot design. The influence of three factors was studied: rhizome weight (< 30 g, 31–50 g, > 50 g); planting design (30 cm × 30 cm, 45 cm × 45 cm, 60 cm × 60 cm, and 75 cm × 75 cm); and treatments [control; pre-planting treatment of rhizomes with the mycorrhizal preparation Mikofrend C (5 g/rhizome) combined with the adhesive-moisture retaining agent Akvadar (5 g/rhizome); rhizome treatment combined with annual spring foliar application of fertilisers Kristalon Osoblyvyi (3 kg/ha)]. ‘Osinii Zoretsvit’ cultivar of *Miscanthus × giganteus* was used in the study. **Results.** It was found that rhizome size, pre-planting treatment, and planting design significantly influenced the survival rate of the planting material. On average, it ranged from 74.5% to 85.7% across the experiment. Both increasing and decreasing the planting density, as well as using smaller rhizomes, led to a significant reduction in survival rate in all years of the study. The highest rhizome sprouting rate (over 80%) was obtained at a planting design of 60 cm × 60 cm combined with pre-planting treatment of medium and large rhizomes. Annual spring foliar application of fertiliser Kristalon Osoblyvyi on mother plants at the three to four leaf stage increased rhizome yield by 84.4%–91.4%, compared to control treatments. The area that can be established with the obtained planting material varies depending on the

planting design and foliar application of fertiliser on mother plants. Specifically, the 30 cm × 30 cm planting design provides 81.7–95.4 ha of new energy plantations, 45 cm × 45 cm – 46.0–52.0 ha, 60 cm × 60 cm – 32.7–40.1 ha, and 75 cm × 75 cm – 27.9–33.4 ha. **Conclusions.** The higher survival rate (>80%) of planting material and yield of *Miscanthus × giganteus* were obtained at a 60 × 60 cm planting design and application of Mikofrend C in combination with the adhesive-moisture retaining agent Akvadar for pre-planting treatment of medium and large rhizomes with and foliar application of chelated fertiliser Kristalon Osoblyvyi on mother plants at the three to four leaf stage.

Keywords: *Miscanthus × giganteus*; planting material; rhizomes; pre-planting treatment; adsorbent; humate; foliar application of fertilisers.

Надійшла / Received 05.03.2025

Погоджено до друку / Accepted 28.03.2025