

## Оцінка селекційного матеріалу за морфо-цитологічними особливостями генеративних органів рослин роду *Miscanthus*

С. О. Лашук

Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна,  
e-mail: lashuk\_s@ukr.net

**Мета.** Вивчити морфологічні й цитологічні особливості пиляків, пилку та маточок рослин роду *Miscanthus*, отриманих в умовах *in vitro*. **Методи.** Препарати маточок, незапліднених насінневих зачатків, пиляків та пилку, незабарвлені або забарвлені розчином карміну (2%) в оцтовій кислоті (45%) чи розчином метиленового синього, досліджували методом світлової мікроскопії. Вимірювання для рослин різних видів міскантусу, а також підрахунок кількості пилку різного діаметра здійснювали в десятиразовому повторенні. **Результати.** Вивчено морфологічні й цитологічні особливості генеративних органів китайського, цукровіткового та гігантського видів міскантусу. Встановлено, що квітка цієї рослини однодомна, містить як тичинки, так і маточку. Забарвлення пиляків жовте або рожево-жовте, їхні тканини складаються з видовжених клітин довжиною 70–100 мкм. Маточка має зав'яз з двома стовпчиками, що несуть довгі (2,0–2,8 мм) перисті приймочки, колір яких варіюється від білого до яскраво-рожевого. Форма пір'ячок маточки помірно розгалужена; довжина – 160–300 мкм; ширина – 20–30 мкм; розташування почергове; кількість маленьких відгалужень становить 10–15 шт. Пилок різних видів міскантусу відрізняється за якісними та кількісними ознаками, зокрема у *M. sinensis* і *M. sacchariflorus* він характеризується округлою формою, вирівняністю та однорідністю (43–48 мкм у діаметрі), а в *M. giganteus* є більш гетерогенним за розміром (діаметр 23–45 мкм). Пилок має одну округлу орнаментовану пору діаметром 2,7–4,0 мкм. **Висновки.** За результатами проведених досліджень надано морфологічну та цитологічну характеристику генеративних органів рослин *M. sinensis*, *M. sacchariflorus*, *M. giganteus*, а саме: маточок, пиляків і пилку. Дані, що отримано, слід враховувати в подальшій селекційній роботі у процесі створення ди- та триплоїдних гібридів міскантусу.

**Ключові слова:** міскантус; тичинки; маточка; пилок; цитологія; генеративні органи.

### Вступ

Рід *Miscanthus* – це перспективні біоенергетичні рослини, а саме: високопродуктивні багаторічні кореневищні трави, використовувані як нетрадиційне відновлювальне джерело енергії [1–5].

Використання міскантусу натеper важливе і з погляду глобальної екології, адже ця культура гальмує ерозію ґрунту та є ефективним абсорбентом вуглекислого газу, що знижує парниковий ефект. Водночас це перспективне джерело рослинної сировини для хімічної промисловості під час виробництва лігніно-целюлозної біомаси й композитних матеріалів, замінників деревини та пластмаси [6–9].

Міскантус вважають перспективною економічною культурою завдяки поєднанню високої продуктивності й екологічних показників, багатовекторному використанню біомаси та можливості вирощування на економічно маргінальних землях, які зазвичай характеризуються абіотичними стресами (посуха, повені, кам'янистість, крутий схил, вплив вітру), нестачею поживних речовин, а також ґрунтами, непридатними для виробництва продуктів харчування через забруднення важкими металами й іншими політантами [10]. Використання глобального ресурсу маргінальних земель дасть змогу масово збільшити виробництво, застосування біомаси та виділення вуглецю з атмосфери [11, 12].

Найпріоритетнішим серед великої кількості видів вважають міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus* J.M.Greef Denter ex Hodkinson Renvoise). Це природний аллотри-

Snizhana Lashuk  
<https://orcid.org/0000-0002-9588-7761>

плоїд ( $2n = 3x = 57$ ), гібрид між тетраплоїдом міскантусом цукрокрітковим [*M. sacchariflorus* (Maxim.) Hack] ( $2n = 4x = 76$ ) та диплоїдом міскантусом китайським (*M. sinensis* Andersson) ( $2n = 2x = 38$ ).

Найефективнішу трансформацію сонячної енергії в біомасу забезпечують рослини з фотосинтезом типу  $C_4$ , до яких належить і міскантус. Втім, на відміну від більшості інших  $C_4$ -рослин (зокрема, кукурудзи), він вирізняється толерантністю до холоду, термолабільністю рубіско й піруватортофосфатдикинази (ключові ферменти фотосинтезу) та збереженням їхньої активності за зниження температури, що дає змогу підтримувати фотосинтез на високому рівні [13].

Комерційний міскантус гігантський – стерильний триплоїдний гібрид, насіння якого зібрано в симпатричних популяціях міскантусів цукрокріткового та китайського на острові Хокайдо (Японія). Розповсюдження у світі отримав лише один японський клон *M. giganteus*, що розмножується вегетативно частками кореневищ – ризомами та в культурі *in vitro* [14, 15]. Обмеженість його експансії, зумовлену чутливістю до посухи й інших стресових факторів, низьким коефіцієнтом розмноження [16], а також високими виробничими витратами на висаджування плантацій [17], на думку селекціонерів з Великобританії, можна подолати, отримуючи стійкіші гібриди міскантусу, які б розмножувалися насінням. Водночас природне різноманіття рослин, поширених у різних середовищах Східної Азії, може забезпечити селекціонерів генетичними ресурсами для підвищення продуктивності й стійкості проти широкого спектра агрокліматичних умов і несприятливих абіотичних навантажень [18].

У Великобританії, Німеччині та інших країнах Європи стратегію селекції міскантусу зосереджено на використанні й відборі диких типів, батьківських форм і потомства для створення нових перспективних гібридів *M. sinensis* × *M. sacchariflorus* з високими врожайністю, виробництвом насіння, стійкістю проти холоду, посухи й інших стресових факторів [4, 9, 19]. Задля цього проводять дослідження з адаптивної селекції. Так, здійснено експерименти з феномікою щодо посухостійкості на дикій і покращеній зародковій плазмі [20, 21].

Відомо, що одним із репродуктивних бар'єрів у межах симпатричних популяцій рослин роду *Miscanthus* і суттєвою перешкодою для гібридизації є асинхронність періодів цвітіння цих компонентів, а також нестача у світовій науковій літературі інформації про мор-

фологію й цитологію пилку, маточки, особливості запилення й одержання гібридного насіння міскантусів. Враховуючи результати проведених досліджень, можна буде з більшою ймовірністю визначати генетичну цінність селекційного матеріалу, поліпшувати його фертильність та успішно проводити гібридизацію компонентів.

*Мета досліджень* – вивчити морфологічні й цитологічні особливості пиляків, пилку та маточок рослин роду *Miscanthus*, одержаних в умовах *in vitro*.

### Матеріали та методи досліджень

Дослідження генеративних органів (пиляків, пилку та маточок) *M. sinensis*, *M. sacchariflorus* і *M. giganteus* проводили в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН упродовж 2014–2019 рр.

Рослини вищевказаних видів міскантусу отримували та розмножували в умовах *in vitro*. Для цього використовували насіння *M. sinensis* і *M. sacchariflorus* 2012 та 2008 рр. репродукції відповідно, клони *M. sacchariflorus* і ризоми *M. giganteus*.

У процесі розмноження стерильне насіння *M. sinensis*, *M. sacchariflorus* та бруньки з ризом *M. giganteus* висаджували *in vitro* на модифіковане середовище Мурасіге – Скуга. Рослини *M. sinensis* та *M. sacchariflorus* отримували у культурі *in vitro* способом непрямого морфогенезу [22], *M. giganteus* – мікротконтрального розмноження.

Пагони з морфогенних калусів *M. sinensis*, *M. sacchariflorus* та клони *M. giganteus* заввишки 2–3 см відокремлювали і пересаджували на середовище для розмноження та стимуляції росту ризом. Після утворення ризом довжиною 10–15 см мікророслини висаджували у відкритий ґрунт (з умов *in vitro* в *ex vitro*), використовуючи для адаптації пластикові колби, які знімали через 6–8 діб [23].

Рослинний матеріал – генеративні органи (пиляки, пилок, маточки) *M. sinensis*, *M. sacchariflorus*, *M. giganteus* – відбирали у фазі цвітіння на 4–5-й рік вирощування у відкритому ґрунті.

Для проведення цитологічних досліджень із використанням світлової мікроскопії готували препарати маточок, незапліднених насінневих зачатків, пиляків та пилку, незабарвлені або забарвлені розчином карміну (2%) в оцтовій кислоті (45%) чи розчином метиленового синього [24]. Для всіх представників видів міскантусу проводили вимірювання й обчислювали кількісні та якісні показники пилку в десятиразовому повторенні.

### Результати досліджень

Вегетація міскантусу в умовах Київської області розпочинається наприкінці квітня – в перших числах травня. Фаза цвітіння (появи волоті) у представників різних видів настає через 100–135 дів після старту вегетації (кінець липня – початок серпня) [25, 26].

У результаті спостережень виявлено, що першим (остання декада липня) зацвітає *M. sacchariflorus*; пізніше (друга декада серпня) – *M. sinensis*. *M. giganteus* цвіте останнім (початок жовтня), а в деякі роки може зовсім не утворювати волоті через несприятливі кліматичні умови.

За формою волоті можуть бути веретено-, конусо- або еліпсоподібними. Їхня довжина у процесі морфометричних досліджень становила від 18 до 23 см, ширина – 8–16 см (табл. 1).

Таблиця 1

Розміри волоті різних видів міскантусу

Вид	Довжина волоті, см	Ширина волоті, см
<i>M. giganteus</i>	21,9 ± 0,69	15,2 ± 0,48
<i>M. sinensis</i>	19,2 ± 0,60	8,6 ± 0,27
<i>M. sacchariflorus</i>	18,4 ± 0,58	10,2 ± 0,32

Гранично допустимі показники довжини та ширини волоті (max, min) отримано в результаті обрахунків її розмірів (рис. 1).

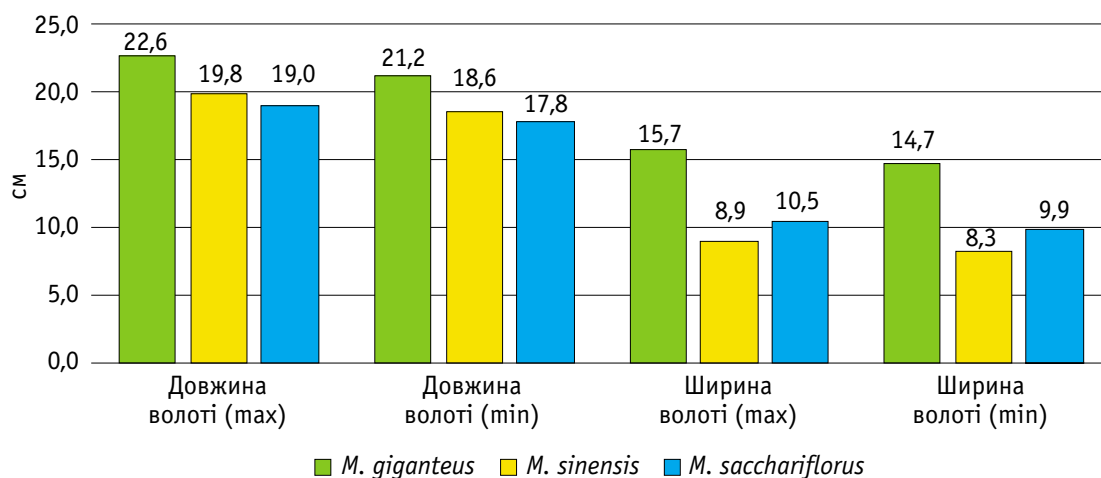


Рис. 1. Гранично допустимі показники розмірів волоті рослин міскантусу

Квітка міскантусу містить як тичинки, так і маточку (рис. 2).

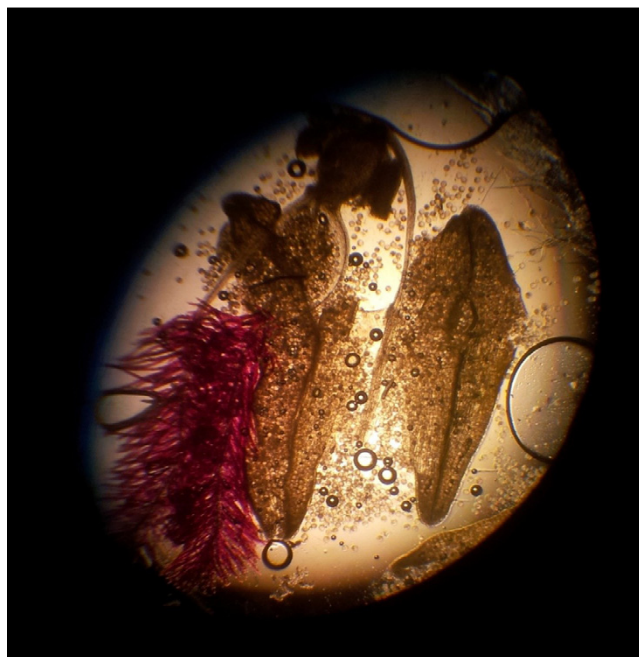


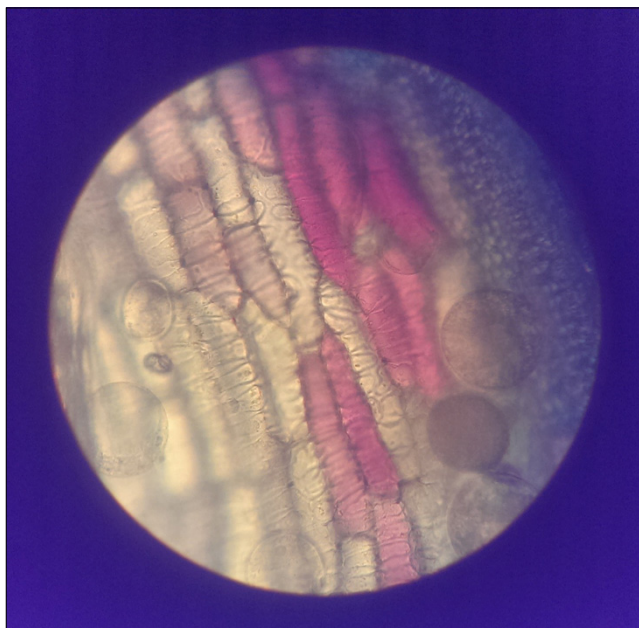
Рис. 2. Пиляки та маточка *M. sacchariflorus*

Тичинки мають довгі тичинкові нитки та продовгуваті пиляки (рис. 3).



Рис. 3. Пиляк *M. sacchariflorus*

Забарвлення пиляків китайського та гігантського міскантусів світло-жовте, жовте або рожево-жовте. Тканини пиляків міскантусу цукрокріткового переважно рожево-жовті, вони складаються з видовжених клітин (рис. 4) довжиною приблизно 70–100 мкм.

Рис. 4. Тканини пиляка *M. sacchariflorus*Рис. 6. Пір'ячко приймочки маточки *M. sacchariflorus*

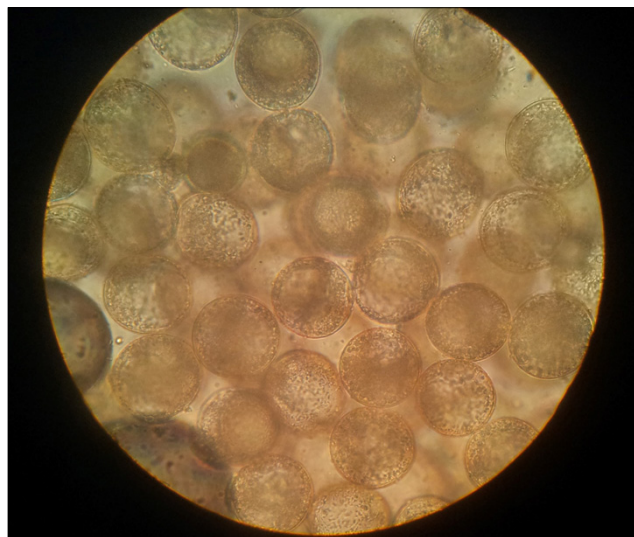
Маточка у міскантусів – це зав'язь із двома стовпчиками, які несуть довгі (2,0–2,8 мм) розгалужені перисті приймочки (рис. 5). Забарвлення приймочок гігантського та китайського міскантусів варіюється від білого до рожевого, а у цукроквіткового є яскраво-рожевим.

Рис. 5. Маточка *M. sacchariflorus* (загальний вигляд)

Форма пір'ячок помірно розгалужена. Кількість маленьких відгалужень може досягати 10–15 шт. Розташування почергове (рис. 6).

Довжина пір'ячок залежить від їх розташування: на кінці маточки – 160–200 мкм, в середині та в основі – 270–300 мкм. Їхня ширина становить 20–30 мкм.

У результаті цитологічного аналізу встановлено, що пилок різних видів міскантусу різняться за якісними та кількісними ознаками (розмірами, гомо- чи гетерогенністю) (рис. 7–9).

Рис. 7. Пилок *M. sinensis*Рис. 8. Пилок *M. sacchariflorus*

Згідно з літературними джерелами, пилок *M. giganteus* має різний рівень плоідності і, як наслідок, широкий діапазон розмірів [27] (рис. 10).

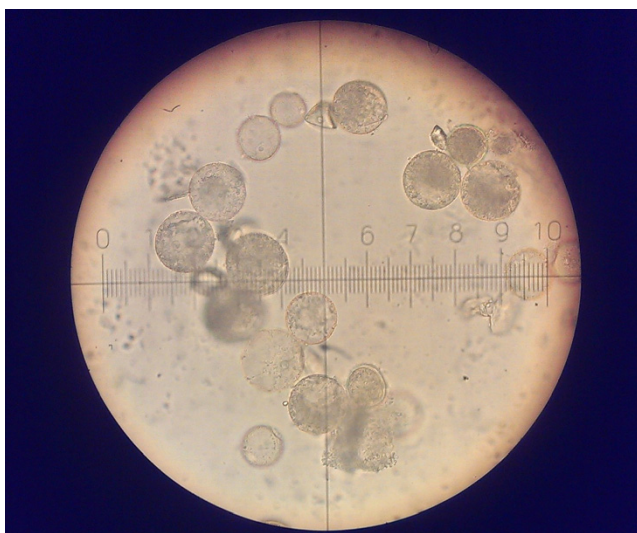


Рис. 9. Пилок *M. giganteus*

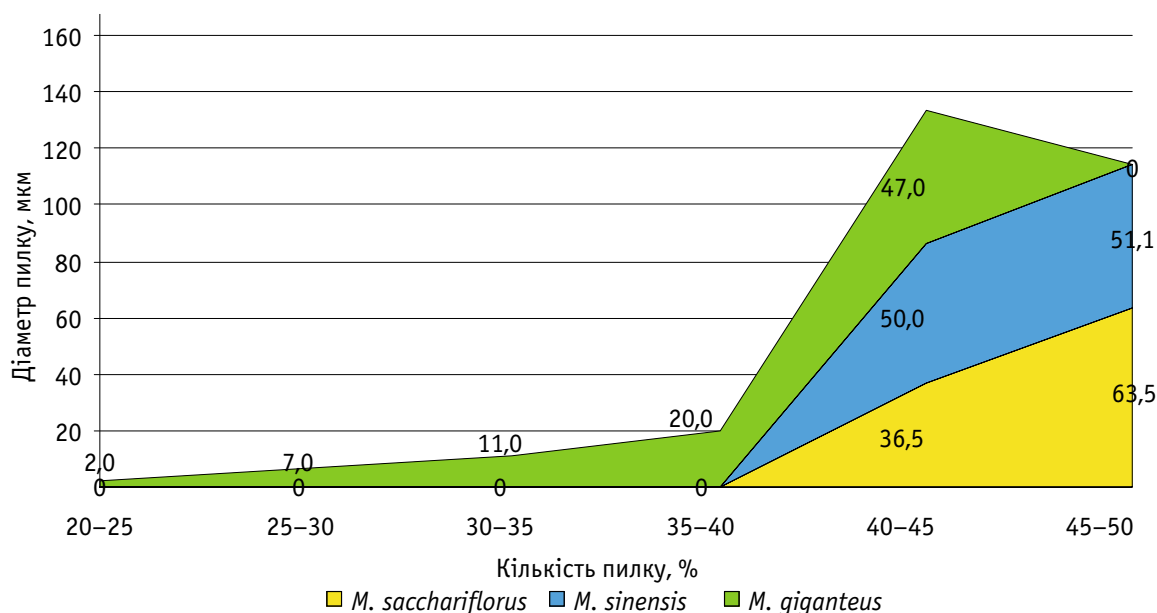


Рис. 10. Розміри пилку різних видів міскантусу

ми показниками, а саме: довжиною (варіюється від 18 до 23 см), шириною (8–16 см), кількістю та довжиною гілочок. Квітку утворюють сидяча зав'яз з двома гроноподібними рильцями на довгих стовпчиках, три тичинки та дві лодікули (квіткові лусочки або плівочки), в основі яких – довгі шовковисті волоски. Нижня лодікула вирізняється колінчасто-вигнутою вістю до 1,5 см завдовжки.

Довжина пір'ячок залежить від їх розташування в маточці: на кінці – 160–200 мкм, в середині та в основі – 270–300 мкм. Їхня ширина становить 20–30 мкм.

Пилок *M. sinensis* і *M. sacchariflorus* характеризується округлою формою, вирівняністю та майже однорідністю (43–48 мкм у діаметрі), а в *M. giganteus* він є більш гетерогенним

Морфо-біометричні особливості таких генеративних органів міскантусу, як пилок і приймочки, є важливими біологічними ознаками виду, сорту та селекційного матеріалу. Від якості та кількості пилку залежать результативність запилення квітки й утворення якісного насіння.

### Висновки

У результаті досліджень морфологічних і цитологічних особливостей встановлено, що генеративні органи (маточка, пиляки, пилок) *M. sinensis*, *M. sacchariflorus*, *M. giganteus* різняться за якісними та кількісними ознаками, зокрема кольором, розміром і формою.

Волоті рослин родини *Miscanthus* також неоднакові за формою та морфометричними

за розміром (діаметр 23–45 мкм). Втім кількість мікроспор невелика – 5–10% від загальної в полі зору. Пилкове зерно має одну округлу орнаментовану пору з внутрішнім діаметром 2,7–4,0 мкм.

Отримані дані слід враховувати в подальшій селекції міскантусу.

### Використана література

- Hastings A., Clifton-Brown J., Wattenbach M. et al. Future energy potential of *Miscanthus* in Europe. *GCB Bioenergy*. 2009. Vol. 1, No. 2. P. 180–196. doi: 10.1111/j.1757-1707.2009.01012x
- Кудря С. О. Стан та перспективи розвитку відновлюваної енергії в Україні. *Вісник НАН України*. 2015. № 12. С. 19–26. doi: 10.15407/visn2015.12.100
- Clifton-Brown J., Schwarz K. U., Hastings A. History of the development of *Miscanthus* as a bioenergy crop: from small beginnings to potential realisation. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*. 2015. Vol. 115B, No. 1. P. 45–57. doi: 10.3318/bioe.2015.05

4. Clifton-Brown J. C., McCalmont J. P., Hastings A. Development of *Miscanthus* as a bioenergy crop. *Biofuels and Bioenergy* / J. Love, J. A. Bryant (Eds.). Chichester, UK : John Wiley & Sons Ltd., 2017. Vol. 7. P. 119–131. doi: 10.1002/9781118350553.ch7
5. Achieving Carbon-Negative Bioenergy Systems from Plant Materials / C. Saffron (Ed.). Cambridge, UK : Burleigh Dodds Science Publishing Ltd., 2020. 300 p. doi: 10.1201/9781003047612
6. Peng L. Energy Crop and Biotechnology for Biofuel Production. *Journal of Integrative Plant Biology*. 2011. Vol. 53, Iss. 3. P. 253–256. doi: 10.1111/j.1744-7909.2010.01014.x
7. Adler P. Life cycle inventory of *Miscanthus* production on a commercial farm in the US. *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14. Article 1029141. doi: 10.3389/fpls.2023.1029141
8. Tejera M. D., Heaton E. A. Description and Codification of *Miscanthus* × *giganteus* Growth Stages for Phenological Assessment. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. Article 1726. doi: 10.3389/fpls.2017.01726
9. Clifton-Brown J., Harfouche A., Casler M. D. et al. Breeding progress and preparedness for mass-scale deployment of perennial lignocellulosic biomass crops switchgrass, *Miscanthus*, willow and poplar. *GCB Bioenergy*. 2019. Vol. 11, No. 1. P. 118–151. doi: 10.1111/gcbb.12566
10. Tóth G., Hermann T., Da Silva M. R., Montanarella L. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. *Environment International*. 2016. Vol. 88. P. 299–309. doi: 10.1016/j.envint.2015.12.017
11. 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. Article 1620. doi: 10.3389/fpls.2016.01620
12. Wagner M., Mangold A., Lask J. et al. Economic and environmental performance of *Miscanthus* cultivated on marginal land for biogas production. *GCB Bioenergy*. 2019. Vol. 11, Iss. 1. P. 34–49. doi: 10.1111/gcbb.12567
13. Сиваш О. О. Акумуляція сонячної енергії: фотосинтез чи штучні систем. *Біотехнологія*. 2012. Т. 5, № 6. С. 27–38.
14. Ślusarkiewicz-Jarzina A., Ponitka A., Ceraży-Waliszewska J. et al. Effective and simple *in vitro* regeneration system of *Miscanthus sinensis*, *M. × giganteus* and *M. sacchariflorus* for planting and biotechnology purposes. *Biomass & Bioenergy*. 2017. Vol. 107. P. 219–226. doi: 10.1016/j.biombioe.2017.10.012
15. Ings J., Mur L. A. J., Robson P. R. H., Bosch M. Physiological and growth responses to water deficit in the bioenergy crop *Miscanthus* × *giganteus*. *Frontiers in Plant Science*. 2013. Vol. 4. Article 468. doi: 10.3389/fpls.2013.00468
16. Hastings A., Mos M., Yesufu J. A. et al. Economic and environmental assessment of seed and rhizome propagated *Miscanthus* in the UK. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. Article 1058. doi: 10.3389/fpls.2017.01058
17. Huang L. S., Flavell R., Donnison I. S. et al. Collecting wild *Miscanthus* germplasm in Asia for crop improvement and conservation in Europe whilst adhering to the guidelines of the United Nations' Convention on Biological Diversity. *Annals of Botany*. 2019. Vol. 124, No. 4. P. 591–604. doi: 10.1093/aob/mcy231
18. Hodgkinson T. R., Petrunenko E., Klaas M. et al. New breeding collections of *M. sinensis*, *M. sacchariflorus* and hybrids from Primorsky Krai, Far Eastern Russia. *Perennial Biomass Crops for a Resource-Constrained World* / S. Barth, D. Murphy-Bokern, O. Kalinina et al. (Eds.). Cham : Springer, 2016. P. 105–118. doi: 10.1007/978-3-319-44530-4\_10
19. Malinowska M., Donnison I., Robson P. R. H. Phenomics analysis of drought responses in *Miscanthus* collected from different geographical locations. *GCB Bioenergy*. 2017. Vol. 9, Iss. 1. P. 78–91. doi: 10.1111/gcbb.12350
20. Van der Weijde T., Huxley L., Hawkins S. et al. Impact of drought stress on growth and quality of *Miscanthus* for biofuel production. *GCB Bioenergy*. 2017. Vol. 9, No. 4. P. 770–782. doi: 10.1111/gcbb.12382
21. Vergun O. M., Rakhmetov D. B., Fishchenko V. V. et al. Biochemical composition of the genus *Miscanthus* Anderss. plant raw material in conditions of introduction. *Plant Introduction*. 2017. № 4. С. 3–10. doi: 10.5281/zenodo.2327138
22. Гонтаренко С. М., Лашук С. О. Отримання рослин *Miscanthus sacchariflorus* (Макс.) Ханк та *Miscanthus sinensis* Andersson у культурі *in vitro* шляхом непрямого морфогенезу. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Т. 13, № 1. С. 12–20. doi: 10.21498/2518-1017.13.1.2017.97219
23. Гонтаренко С. М., Лашук С. О. Метод розмноження, стимуляції росту ризом у культурі *in vitro* та адаптації у відкритому ґрунті представників роду *Miscanthus*. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Т. 13, № 3. С. 230–238. doi: 10.21498/2518-1017.13.3.2017.110703
24. Держинський М. Е., Вороніна О. К., Скрипник Н. В. та ін. Загальна цитологія. Практикум. Київ : Київський університет, 2011. 126 с.
25. Лашук С. О. Біоморфологічна характеристика селекційних зразків представників роду *Miscanthus*, отриманих в умовах *in vitro*. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 2. С. 163–170. doi: 10.21498/2518-1017.15.2.2019.173566
26. Рахметов Д. Б., Щербакова Т. О., Рахметова С. О. Перспективні енергетичні рослини роду *Miscanthus* Anderss., інтродуковані в Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НАН України. *Інтродукція рослин*. 2015. № 1. С. 3–18.
27. Žur I., Dubas E., Słomka A. et al. Failure of androgenesis in *Miscanthus* × *giganteus* *in vitro* culture of cytologically unbalanced microspores. *Plant Reproduction*. 2013. Vol. 26, No. 3. P. 297–307. doi: 10.1007/s00497-013-0219-6

## References

1. Hastings, A., Clifton-Brown, J., Wattenbach, M., Mitchell, C. P., Stampfl, P., & Smith, P. (2009). Future energy potential of *Miscanthus* in Europe. *GCB Bioenergy*, 1(2), 180–196. doi: 10.1111/j.1757-1707.2009.01012.x
2. Kudria, S. O. (2015). State and perspectives of renewable energy development in Ukraine. *Herald of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 12, 19–26. doi: 10.15407/visn2015.12.100 [In Ukraine]
3. Clifton-Brown, J., Schwarz, K. U., & Hastings, A. (2015). History of the Development of *Miscanthus* as a Bioenergy Crop: From Small Beginnings to Potential Realisation. *Biology & Environment Proceedings of the Royal Irish Academy*, 115(1), 45–57. doi: 10.3318/BIOE.2015.05
4. Clifton-Brown, J. C., McCalmont, J. P., & Hastings, A. (2017). Development of *Miscanthus* as a bioenergy crop. In J. Love, & J. A. Bryant (Eds.), *Biofuels and Bioenergy* (Ch. 7, pp. 119–131). Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd. doi: 10.1002/9781118350553.ch7
5. Saffron, C. (Ed.) (2020). *Achieving Carbon-Negative Bioenergy Systems from Plant Materials*. Cambridge, UK: Burleigh Dodds Science Publishing Ltd. doi: 10.1201/9781003047612
6. Peng, L. (2011). Energy Crop and Biotechnology for Biofuel Production. *Journal of Integrative Plant Biology*, 53(3), 253–256. doi: 10.1111/j.1744-7909.2010.01014.x
7. Adler, P. (2023). Life cycle inventory of *Miscanthus* production on a commercial farm in the US. *Frontiers in Plant Science*, 14, Article 1029141. doi: 10.3389/fpls.2023.1029141
8. Tejera, M. D., & Heaton, E. A. (2017). Description and Codification of *Miscanthus* × *giganteus* Growth Stages for Phenological Assessment. *Frontiers in Plant Science*, 8, Article 1726. doi: 10.3389/fpls.2017.01726
9. Clifton-Brown, J., Harfouche, A., Casler, M. D., Jones, H. D., Macalpine, W. J., Murphy-Bokern, D., ... Awty-Carroll, D. (2019). Breeding progress and preparedness for mass-scale deployment of perennial lignocellulosic biomass crops switchgrass, *Miscanthus*, willow and poplar. *GCB Bioenergy*, 11(1), 118–151. doi: 10.1111/gcbb.12566
10. Tóth, G., Hermann, T., Da Silva, M. R., & Montanarella, L. (2016). Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. *Environment International*, 88, 299–309. doi: 10.1016/j.envint.2015.12.017

11. Lewandowski, I., Clifton-Brown, J., Trindade, L. M., van der Linden, G. C., Schwarz, K. U., Müller-Samann, K., ... 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, Article 1620. doi: 10.3389/fpls.2016.01620
12. Wagner, M., Mangold, A., Lask, J., Petig, E., Kiesel, A., & Lewandowski, I. (2019). Economic and environmental performance of *Miscanthus* cultivated on marginal land for biogas production. *GCB Bioenergy*, 11(1), 34–49. doi: 10.1111/gcbb.12567
13. Syvash, O. O. (2012). Accumulation of the sun energy: photosynthesis or artificial systems. *Biotechnology*, 6, 27–38. [In Ukrainian]
14. Ślusarkiewicz-Jarzina, A., Ponitka, A., Ceraży-Waliszewska, J., Wojciechowicz, M. K., Sobanska, K., Jezowski, S., & Pniwski, T. (2017). Effective and simple in vitro regeneration system of *Miscanthus sinensis*, *M. × giganteus* and *M. sacchariflorus* for planting and biotechnology purposes. *Biomass & Bioenergy*, 107, 219–226. doi: 10.1016/j.biombioe.2017.10.012
15. Ings, J., Mur, L. A. J., Robson, P. R. H., & Bosch, M. (2013). Physiological and growth responses to water deficit in the bioenergy crop *Miscanthus × giganteus*. *Frontiers in Plant Science*, 4, Article 468. doi: 10.3389/fpls.2013.00468
16. Hastings, A., Mos, M., Yesufu, J. A., McCalmont, J., Ashman, C., Nunn, C., ... Clifton-Brown, J. (2017). Economic and environmental assessment of seed and rhizome propagated *Miscanthus* in the UK. *Frontiers in Plant Science*, 8, Article 1058. doi: 10.3389/fpls.2017.01058
17. Huang, L. S., Flavell, R., Donnison, I. S., Chiang, Y.-C., Hastings, A., Hayes, C., ... Clifton-Brown, J. (2019). Collecting wild *Miscanthus* germplasm in Asia for crop improvement and conservation in Europe whilst adhering to the guidelines of the United Nations' Convention on Biological Diversity. *Annals of Botany*, 124(4), 591–604. doi: 10.1093/aob/mcy231
18. Hodkinson, T. R., Petrunenko, E., Klaas, M., Münnich, C., Barth, S., Shekhovtsov, S. V., & Peltek S. E. (2016). New Breeding Collections of *M. sinensis*, *M. sacchariflorus* and Hybrids from Primorsky Krai, Far Eastern Russia. In S. Barth, D. Murphy-Bokern, O. Kalinina, G. Taylor, & M. Jones (Eds.), *Perennial Biomass Crops for a Resource-Constrained World* (pp. 105–118). Cham: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-44530-4\_10
19. Malinowska, M., Donnison, I., & Robson, P. R. H. (2017). Phenomics analysis of drought responses in *Miscanthus* collected from different geographical locations. *GCB Bioenergy*, 9(1), 78–91. doi: 10.1111/gcbb.12350
20. Weijde, T. van der, Huxley, L., Hawkins, S., Sembiring, E. H., Farrar, K., Dolstra, O., ... Trindade, L. M. (2017). Impact of drought stress on growth and quality of *Miscanthus* for biofuel production. *GCB Bioenergy*, 9(4), 770–782. doi: 10.1111/gcbb.12382
21. Vergun, O. M., Rakhmetov, D. B., Fishchenko, V. V., Rakhmetova, S. O., Shymanska, O. V., & Druz, N. G. (2017). Biochemical composition of the genus *Miscanthus* Anderss. plant raw material in conditions of introduction. *Plant Introduction*, 4, 3–9. doi: 10.5281/zenodo.2327138 [In Ukrainian]
22. Hontarenko, S. M., & Lashuk, S. O. (2017). Obtaining plant *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack and *Miscanthus sinensis* Andersson in vitro culture by indirect morphogenesis. *Plant Varieties Studying and Protection*, 13(1), 12–19. doi: 10.21498/2518-1017.13.1.2017.97219 [In Ukrainian]
23. Hontarenko, S. M., & Lashuk, S. O. (2017). Method of propagation, stimulation of rhizomes growth in vitro culture and adaptation in the open ground for the genus *Miscanthus* representatives. *Plant Varieties Studying and Protection*, 13(3), 230–238. doi: 10.21498/2518-1017.13.3.2017.110703 [In Ukrainian]
24. Dzerzhynskyi, M. E., Voronina, O. K., Skrypyuk, N. V., Harmatina, S. M., & Paziuk, L. M. (20011). *General cytology. Practicum*. Kyiv: Kyiv University. [In Ukrainian]
25. Lashuk, S. O. (2019). Biomorphological characteristic of breeding samples of representatives of the genus *Miscanthus*, obtained in vitro. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(2), 163–170. doi: 10.21498/2518-1017.15.2.2019.173566 [In Ukrainian]
26. Rakhmetov, D. B., Shcherbakova, T. O., & Rakhmetova, S. O. (2015). High-potential energy plants of *Miscanthus* Anderss. genus introduced in M. M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine. *Plant Introduction*, 1, 3–18. [In Ukrainian]
27. Žur, I., Dubas, E., Stomka, A., Dubert, F., Kuta, E., & Piażek, A. (2013). Failure of androgenesis in *Miscanthus × giganteus* in vitro culture of cytologically unbalanced microspores. *Plant Reproduction*, 26(3), 297–307. doi: 10.1007/s00497-013-0219-6

UDC 633.282:577.3:631.527

**Lashuk, S. O.** (2023). Evaluation of breeding material on the basis of morphological and cytological characteristics of the reproductive organs of plants of the genus *Miscanthus*. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(3), 148–154. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.3.2023.287638>

*Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine, e-mail: lashuk\_s@ukr.net*

**Purpose.** To study *in vitro* the morphological and cytological characteristics of anthers, pollen and pistils of plants of the genus *Miscanthus*. **Methods.** Preparations of pistils, unpollinated seed buds, anthers and pollen, unstained or stained with a solution of carmine (2%) in acetic acid (45%) or methylene blue solution, were examined by light microscopy. Measurements for plants of different *Miscanthus* species, as well as counting the number of pollen of different diameters, were made in ten replicates. **Results.** The morphological and cytological characteristics of the reproductive organs of *M. sinensis*, *M. sacchariflorus* and *M. giganteus* species were studied. It was found that the flower of this plant is monoecious, containing both stamens and a pistil. The color of the anthers is yellow or pinkish-yellow, their tissues consist of elongated cells 70–100 μm long. The pistil has a two-column ovary with long (2.0–2.8 mm) pinnate stigmas which vary in color from white to bright pink. The shape of the pistil feather

is moderately branched; length – 160–300 μm; width – 20–30 μm; alternate position; the number of small branches is 10–15 pcs. The pollen of different *Miscanthus* species differ in qualitative and quantitative characteristics, in particular in *M. sinensis* and *M. sacchariflorus* it is characterized by a rounded shape, evenness and uniformity (43–48 μm in diameter), whereas in *M. giganteus* it is more heterogeneous in size (23–45 μm in diameter). The pollen has a rounded, decorated pore with a diameter of 2.7–4.0 μm. **Conclusions.** According to the results of the conducted research, the morphological and cytological characteristics of the reproductive organs of *M. sinensis*, *M. sacchariflorus* and *M. giganteus*, namely: pistils, anthers and pollen, were provided. The data obtained should be taken into account in future breeding for the production of di- and triploid *Miscanthus* hybrids.

**Keywords:** *Miscanthus*; stamens; pistil; pollen; cytology; reproductive organs.

Надійшла / Received 13.05.2023  
Погоджено до друку / Accepted 16.08.2023