



# Генетика, селекція, біотехнологія

УДК 633.282/577.3/631.527

© 2018

## ДИНАМІКА АНАТОМО- МОРФОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОСЛИН МІСКАНТУСУ З КУЛЬТУРИ IN VITRO ЗА ВИРОЩУВАННЯ У ВІДКРИТОМУ ҐРУНТІ

*М.В. Роїк<sup>1</sup>, М.О. Коцар<sup>2</sup>*

*доктор сільськогосподарських наук, академік НААН  
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН  
вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна  
e-mail: <sup>1</sup>sugarbeet@ukr.net, <sup>2</sup>marichka.899@gmail.com*

Надійшла 15.08.2018

**Мета.** Встановити динаміку анатомо-морфологічних показників розсади міскантусу з культури *in vitro* за вирощування у відкритому ґрунті. **Методи.** Застосовано методику клонального мікророзмноження міскантусу (2013 р.), біометричний, статистичний. **Результати.** Встановлено коефіцієнт приживлюваності міскантусу різних генотипів з культури *in vitro* в умови відкритого ґрунту, динаміку анатомо-морфологічних показників міскантусу різних генотипів з культури *in vitro* за умов вирощування *in vivo* впродовж 3-х років вегетації без унесення мінеральних добрив на ясно-сірому лісовому слабкокислому ґрунті (рН = 5,4), за умов регулярного зрошення. Перші анатомо-морфологічні показники у рослин міскантусу визначали через три місяці вегетації після висаджування, оцінювали основні параметри росту і розвитку рослин міскантусу в системі господарсько-цінних ознак — компонентів продуктивності. За 3 роки вирощування міскантусу спостерігали збільшення кількості пагонів у середньому з 16-ти до 41-ї шт., висоти рослин — 92,8 – 181,8 см, площі листової поверхні — від 31,8 до 93,5 см<sup>2</sup>. Виділено генотипи міскантусу з інтенсивним наростанням структурних елементів біомаси. Оцінено ефективність методів біотехнології для отримання якісного посадкового матеріалу міскантусу. **Висновки.** Коефіцієнт приживлюваності розсади міскантусу різних генотипів з культури *in vitro* за умов польового дослідження варіює у межах 79 – 98%. За 3 роки вирощування рослини міскантусу шести генотипів із колекції ІБКіЦБ різного походження з культури *in vitro* утворюють у середньому по 30 – 49 пагонів заввишки 100,2 – 241,8 см. Найбільшим інтенсивним наростанням кількості пагонів, висоти рослин, кількості листків і площі листової поверхні на дослідному полі ІБКіЦБ «Батієва гора» характеризувалися генотипи видів *M. giganteus*, *M. sinensis*, *M. sinensis Early*. Використання методів біотехнології дає

**можливість отримати якісний посадковий матеріал міскантусу для закладання біоенергетичних плантацій в умовах Лісостепу України.**

**Ключові слова:** міскантус, *in vitro*, розсада, анатомо-морфологічні показники, коефіцієнт приживлюваності.

<https://doi.org/10.31073/agrovishnyk201809-06>

Для України біоенергетика є одним із стратегічних напрямів розвитку сектору відновлюваних джерел енергії з огляду на високу залежність країни від імпортованих джерел енергоносіїв і великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії [1]. Біоенергетичні сільськогосподарські культури використовують для виробництва теплової енергії, целюлози та лігноцелюлози [2, 3]. Однією з таких культур є міскантус, який на більшості територій України може дати значний ефект як за кількістю біомаси, так і за найменшими витратами на вирощування [4]. Міскантус (*Miscanthus*) — багаторічна злакова культура, яку впродовж багатьох років вирощують в Америці та Західній Європі як джерело біоенергії. За рахунок високої врожайності сухої біомаси (до 25 т/га), високої теплотворної здатності (5 кВт/год/кг або 18 МДж/кг), низької природної вологості стебел на час збирання (до 25%) міскантус є найефективнішою, порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами, рослиною для виробництва твердого біопалива [5]. Збільшений попит на вирощування міскантусу в різних регіонах і країнах потребує раціонального отримання посадкового матеріалу за допомогою методів біотехнології [6]. Генетична стабільність ізольованих клонів спостерігається навіть після багатьох пасажів, що відкриває великі можливості для відтворення та збереження генофонду виду [7]. Ці методи дають змогу отримати оздоровлений посадковий матеріал та його велику кількість за короткий проміжок часу [8]. Рослини міскантусу з культури *in vitro* мають досить високі показники витривалості до зимового періоду в умовах північної частини України [9]. Важливим і досить складним етапом є адаптація клонованої розсади з умов *in vitro* у відкритий ґрунт. Недостатньою мірою вивчено динаміку розвитку рослин міскантусу, отриманих з культури *in vitro*, в умовах

польового досліджу.

**Мета досліджень.** Установити динаміку анатомо-морфологічних показників розсади міскантусу з культури *in vitro* за вирощування у відкритому ґрунті.

**Методи досліджень.** Дослідження проводили в секторі культури клітин і тканин *in vitro* та на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків «Батієва гора» у 2013–2015 рр.

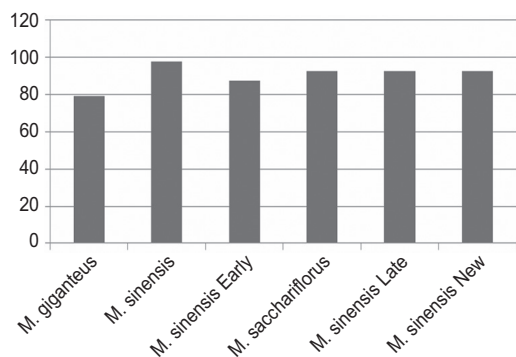
Вихідним матеріалом слугували рослини міскантусу різних видів: *M. giganteus* (3x = 57), *M. sinensis* (2n = 38), *M. sinensis Early* (2n = 38), *M. sacchariflorus* (2n = 38), *M. sinensis Late* (2n = 38), *M. sinensis New* (2n = 38), отриманих методом клонального мікророзмноження.

Застосовано методику клонального мікророзмноження міскантусу для отримання посадкового матеріалу. Проведено 6 пасажів клонування введених у культуру вихідних експлантів (насіння, бруньки з ризом) на середовищі Мурасіге і Скуга. Рослини з розвиненою кореневою системою (2–6 коренів) висотою пагонів 5–6 см висаджували у відкритий ґрунт безпосередньо з культури *in vitro* (без акліматизації) та накривали захисними ковпачками. Вирощування рослин міскантусу проводили без унесення мінеральних добрив на ясно-сірому лісовому слабкокислому ґрунті (pH = 5,4), за умов регулярного зрошення.

Анатомо-морфологічні показники рослин міскантусу визначали наприкінці вегетаційного періоду кожного року.

Отримані результати обробляли згідно із загальноприйнятими методиками [10].

**Результати досліджень.** Дослідження показали, що приживлюваність рослин з культури *in vitro* за безпосереднього перенесення в ґрунт була досить високою. Коефіцієнт приживлюваності розсади міскантусу за такого способу переносу рослин у середньому



**Рис. 1. Коефіцієнт приживлюваності різних генотипів міскантусу, %**

становив 91% з коливаннями за генотипами: *M. giganteus* — 79, *M. sinensis Late* — 93, *M. sinensis Early* — 88, *M. sinensis* — 98, *M. sinensis New* — 93 та *M. sacchariflorus* — 93% адаптованих рослин (рис. 1).

На рис. 2 зображено рослини міскантусу через один тиждень та через чотири тижні вирощування у польових умовах.

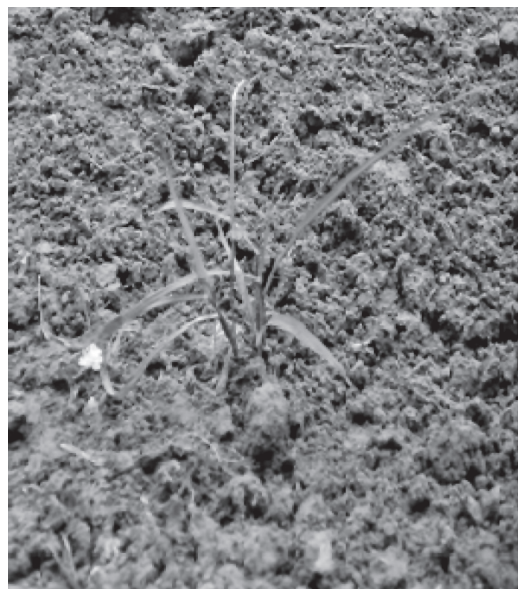
Перші анатомо-морфологічні показники у рослин міскантусу визначали через три місяці вегетації після висаджування, оцінювали основні параметри росту

і розвитку рослин міскантусу в системі господарсько-цінних ознак — компонентів продуктивності.

Кількість пагонів за перший рік вегетації становила 10–23 шт. залежно від генотипу міскантусу (таблиця). За 2-й рік цей показник зріс на 4–20 шт. порівняно з першим роком і варіював від 18 до 40 шт. На 3-й рік вегетації кількість пагонів варіювала від 30 до 49 шт., тобто за 3 роки кожний генотип у середньому збільшив цей показник на 13–38 шт. пагонів. Найбільший приріст пагонів відзначено у *M. giganteus* — з 11 до 49 шт.

Висота рослин міскантусу через 3 міс. 1-го року вегетації варіювала від 65,4 до 126,6 см. Упродовж 2-го року вегетації висота рослин міскантусу в різних генотипів становила 95,6–198,4 см із різницею до 1-го року вегетації 30,2–113,6 см. За 3 роки вегетації максимальну висоту було зафіксовано у *M. giganteus* — 241,8 см, мінімальну — у виду *M. sacchariflorus* — 100,2 см. В інших генотипів міскантусу висота рослин варіювала від 170,3 до 222,4 см із різницею до 1-го року вегетації — 34,8–157 см.

Кількість листків у 1-й рік вегетації в усіх



а



б

**Рис. 2. Рослини *M. giganteus* через 1 тиждень (а) та через 4 тижні (б) вирощування в польових умовах**



**Анатомо-морфологічні показники міскантусу в польових умовах, ІБКіЦБ «Батієва гора», 2013–2015 рр.**

| Генотип<br>міскантусу    | Кількість пагонів, шт. |      |      | Висота рослин, см |       |       | Кількість листків, шт. |      |      | Площа листової<br>поверхні, см <sup>2</sup> |      |       |
|--------------------------|------------------------|------|------|-------------------|-------|-------|------------------------|------|------|---|------|-------|
|                          | 2013                   | 2014 | 2015 | 2013              | 2014  | 2015  | 2013                   | 2014 | 2015 | 2013  | 2014 | 2015  |
| <i>M. giganteus</i>      | 11                     | 18   | 49   | 84,8              | 198,4 | 241,8 | 10                     | 11   | 13   | 28,0  | 82,5 | 113,3 |
| <i>M. sinensis</i>       | 23                     | 29   | 40   | 126,6             | 160,5 | 170,3 | 8                      | 10   | 11   | 40,3  | 78,0 | 94,7  |
| <i>M. sinensis Early</i> | 12                     | 27   | 39   | 94,8              | 179,8 | 182,5 | 8                      | 10   | 11   | 41,7  | 98,0 | 110,9 |
| <i>M. sacchariflorus</i> | 17                     | 21   | 30   | 65,4              | 95,6  | 100,2 | 6                      | 8    | 8    | 26,0  | 58,5 | 78,3  |
| <i>M. sinensis Late</i>  | 10                     | 24   | 41   | 74,8              | 160,2 | 173,8 | 8                      | 8    | 10   | 31,7  | 75,9 | 85,2  |
| <i>M. sinensis New</i>   | 20                     | 40   | 49   | 110,5             | 142,6 | 222,4 | 8                      | 8    | 10   | 23,3  | 26,1 | 78,8  |
| Середнє                  | 16                     | 27   | 41   | 92,8              | 156,2 | 181,8 | 8                      | 9    | 11   | 31,8  | 69,8 | 93,5  |

генотипів становила 6–10 шт. За 2-й рік цей показник збільшився у середньому на 2 листки. За 3-й рік вегетації різниця до 1-го року за кількістю листків варіювала від 2- до 3-х шт., тобто в усіх генотипів цей показник був 8–13 шт. (середній показник дорівнював 11 листків).

Площа листової поверхні також змінювалася залежно від генотипу міскантусу. За 1-й рік вегетації цей показник

варіював у межах 23,3–41,7 см<sup>2</sup>, за 2-й рік — 26,1–98,0 см<sup>2</sup> із різницею до 1-го року 2,8–56,3 см<sup>2</sup>. За 3-й рік найбільша площа листової поверхні була у видів *M. giganteus* — 113,3 см<sup>2</sup> та у *M. sinensis Early* — 110,9 см<sup>2</sup> із різницею до 1-го року відповідно 85,3 та 69,2 см<sup>2</sup>. Такі генотипи як *M. sinensis*, *M. sacchariflorus*, *M. sinensis Late* та *M. sinensis New* у середньому збільшили площу листової поверхні на 50 см<sup>2</sup> із



а



б

**Рис. 3. Рослини *M. sinensis* з культури *in vitro* 1-й рік (а) та 3-й рік вегетації (б)**

коливанням показника 78,3–94,7 см<sup>2</sup>.

На рис. 3 зображено зовнішній вигляд рослин *M. sinensis* із культури *in vitro* за 3 міс. 1-го року та на 3-й рік вегетації.

З 2-го року вегетації у рослин міскантусу фіксували цвітіння деяких окремих рослин у різних видів, а на 3-й рік вегетації

спостерігали їх масове цвітіння.

Розкриття біоенергетичного потенціалу міскантусу за анатомо-морфологічними показниками відбувається з третього року вегетації, що дає можливість використувати отриману біосировину для потреб біоенергетики.

## Висновки

Коефіцієнт приживлюваності розсади міскантусу різних генотипів з культури *in vitro* за умов польового досліджу варіює у межах 79–98%. За 3 роки вирощування рослини міскантусу різних генотипів із культури *in vitro* утворюють 30–49 пагонів заввишки 100,2–241,8 см. Найбільш інтенсивним наростанням кількості пагонів, висоти рослин, кількості

листіків та площі листової поверхні на дослідному полі ІБКіЦБ «Батисева гора» характеризувалися генотипи видів *M. giganteus*, *M. sinensis*, *M. sinensis Early*. Використання методів біотехнології дає можливість отримати якісний посадковий матеріал міскантусу для закладання біоенергетичних плантацій в умовах Лісостепу України.

Роик Н.В.<sup>1</sup>, Коцар М.А.<sup>2</sup>

Інститут біоенергетических культур и сахарной свеклы НААН, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03141, Украина; e-mail: <sup>1</sup>sugarbeet@ukr.net, <sup>2</sup>marichka.899@gmail.com

### Динамика анатомо-морфологических показателей растений мискантуса из культуры *in vitro* при выращивании в открытом грунте

**Цель.** Установить динамику анатомо-морфологических показателей рассады мискантуса из культуры *in vitro* при выращивании в открытом грунте. **Методы.** Использована методика клонального микроразмножения мискантуса (2013 г.), биометрический, статистический. **Результаты.** Установлены коэффициент приживаемости мискантуса разных генотипов из культуры *in vitro* в условия открытого грунта, динамика анатомо-морфологических показателей мискантуса разных генотипов с культуры *in vitro* в условиях выращивания *in vivo* в течение 3-х лет вегетации без внесения минеральных удобрений на светло-сером лесном слабокислом грунте (рН = 5,4) в условиях регулярного орошения. Первые анатомо-морфологические показатели у растений мискантуса определяли через 3 месяца вегетации после высадки, оценивали основные параметры роста и развития растений мискантуса в системе хозяйственно-ценных признаков — компонентов продуктивности. За три года выращивания мискантуса наблюдали увеличение количества побегов в среднем с 16 до 41 шт., высоты растений — 92,8–181,8 см, площади листовой поверхности — от 31,8 до 93,5 см<sup>2</sup>. Выделены генотипы

мискантуса с интенсивным нарастанием структурных элементов биомассы. Оценена эффективность методов биотехнологии для получения качественного посадочного материала мискантуса. **Выводы.** Коэффициент приживаемости рассады мискантуса разных генотипов из культуры *in vitro* в условиях полевого опыта варьирует в пределах 79–98%. За 3 года выращивания растения мискантуса шести генотипов из коллекции ИБКіСС различного происхождения из культуры *in vitro* образуют в среднем по 30–49 побегов высотой 100,2–241,8 см. Наибольшим интенсивным нарастанием количества побегов, высоты растений, количества листьев и площади листовой поверхности на опытном поле ИБКіСС «Батисева гора» характеризовались генотипы видов *M. giganteus*, *M. sinensis*, *M. sinensis Early*. Использование методов биотехнологии дает возможность получить качественный посадочный материал мискантуса для закладки биоенергетических плантаций в условиях Лесостепи Украины.

**Ключевые слова:** мискантус, *in vitro*, рассада, анатомо-морфологические показатели, коэффициент приживаемости.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201809-06>

Roik M.<sup>1</sup>, Kotsar M.<sup>2</sup>

Institute of biopower cultures and sugar beet of NAAS, Clinichna Str., 25, Kyiv, 03141, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>sugarbeet@ukr.net, <sup>2</sup>marichka.899@gmail.com

**Dynamics of anatomical-morphological parameters of plants of miscanthus got from culture *in vitro* at cultivation in open ground**

**The purpose.** To determine dynamics of anatomical-morphological parameters of miscanthus sprouts got from culture *in vitro* at cultivation the open ground. **Methods.** Technique of clonal micro-duplication of miscanthus (2013) is used, biometric, statistical. **Results.** Survival factor of plants of miscanthus is established for different genotypes from culture *in vitro* in conditions of open ground, as well as dynamics of anatomical-morphological parameters of miscanthus of different genotypes got from culture *in vitro* in conditions of cultivation in conditions *in vivo* within 3 years of vegetation without entering mineral fertilizers on light grey wood subacidic soil (pH=5,4) at regular irrigation. The first anatomical-morphological parameters at plants of miscanthus were determined in 3 months of vegetation after planting. They estimated key parameters of growth and development of plants of miscanthus in system of economic-valuable attributes — components of efficiency. For three years of cultivation of miscanthus they observed increase in amount of shoots on the average from 16 up to 41 pieces, in height of plants — from 92,8 up to 181,8 cm, in area of sheet surface — from 31,8 up to 93,5 cm<sup>2</sup>.

Genotypes of miscanthus with intensive increase of structural elements of biomass are allocated. Efficiency of methods of biotechnology for getting qualitative planting material of miscanthus is estimated. **Conclusions.** Survival factor for sprouts of miscanthus of different genotypes got from culture *in vitro* in conditions of field experiment varies within the limits of 79–98%. For 3 years of cultivation of plants of miscanthus of six genotypes from collection of the institute of various origin got from culture *in vitro* form on the average 30–49 shoots in height of 100,2–241,8 cm. The greatest intensive increase of amount of shoots, height of plants, amount of leaves and area of sheet surface on test field “Batyieva Hora” of the institute were characterized for genotypes of kinds *M. giganteus*, *M. sinensis*, *M. sinensis* Early. Use of methods of biotechnology enables to receive qualitative planting material of miscanthus for growing biopower plantations in conditions of Forest-steppe of Ukraine.

**Key words:** *miscanthus, in vitro, sprouts, anatomical-morphological parameters, survival factor.*

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201809-06>

## Бібліографія

1. Роїк М.В., Ягольник О.О. Біоенергетика як наука й галузь економіки: історія, концепція, періодизація (етапи) розвитку. *Біоенергетика*, 2014. № 1(3). С. 7–11.
2. McLaughlin S.B., Walsh M.E. Evaluating environmental consequences of producing herbaceous crops for bioenergy. *Biomass Bioenergy*. 1998. V. 14. P. 317–324.
3. Khanna M., Dhungana B., Clifton-Brown J. Costs of producing miscanthus and switchgrass for bioenergy in Illinois. *Biomass and Bioenergy*. 2008. V. 32, Issue 6. P. 482–493.
4. Лось Л.В., Зінченко В.О., Жайвороновський В.Р. Вирощування і газифікація біопалив — ефективний шлях вирішення «енергетичних» і екологічних проблем на прикладі міскантуса гігантеуса. *Вісник ЖНАЕУ*. 2011. № 2. С. 46–57.
5. Гументик М.Я. Перспективи вирощування багаторічних злакових культур для виробництва біопалива. *Цукрові буряки*. 2010. Вип. 4. С. 21–22.
6. Kim H.S., Zhang G., Juvik J.A., Widholm J.M. *Miscanthus* × *giganteus* plant regeneration: effect of callus types, ages and culture methods on regeneration competence. *GCB Bioenergy*. 2010. V. 2. P. 192–200.
7. Роїк М.В., Корнєєва М.О. Напрями, методи та стратегія розвитку селекції. *Цукрові буряки*. 2015. № 6. С. 7–9.
8. Govil S., Gupta S.C. Commercialization of plant tissue culture in India. *Plant cell, tissue and organ culture*, 1997. V. 51. P. 65–73.
9. Бех Н.С., Коцар М.О. Клональне мікророзмноження міскантусу, як спосіб отримання посадкового матеріалу. *Біоенергетика*. 2016. Вип. № 1 (7). С. 26–28.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.