

УДК 633.282

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.17>

## МОРФОМЕТРИЧНА ОЦІНКА СТАНУ БАГАТОРІЧНОЇ ПЛАНТАЦІЇ *MISCANTHUS* × *GIGANTEUS* У ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

**Мельник Т. І.** – к. с.-г. н., професор,  
професор кафедри садово-паркового та лісового господарства,  
Сумський національний аграрний університет  
[orcid.org/0000-0002-9312-7144](https://orcid.org/0000-0002-9312-7144)

**Ігнатченко М. В.** – аспірант кафедри садово-паркового  
та лісового господарства,  
Сумський національний аграрний університет  
[orcid.org/0009-0005-5169-5257](https://orcid.org/0009-0005-5169-5257)

У статті наведено результати морфометричної оцінки стану багаторічної плантації *Miscanthus* × *giganteus* в умовах північно-східного Лісостепу України з метою визначення її придатності для подальшого використання як маточної для заготівлі вегетативного садивного матеріалу. Дослідження проводили на 7-й рік вегетації рослин, що дозволило оцінити сформованість агрофітоценозу в умовах тривалого використання. Оцінювали основні морфометричні показники рослин і параметри асиміляційного апарату, зокрема висоту рослин, діаметр куща, густоту пагонів, кількість листків на пагоні, їх довжину, ширину та площу листкової поверхні.

Встановлено, що рослини *M. × giganteus* характеризуються високим рівнем розвитку та сформованою морфоструктурою: висота рослин становить 220,5–255,0 см, діаметр куща – до 113,3 см, густина пагонів – 25,3–27,5 шт./м<sup>2</sup>. Показники асиміляційного апарату свідчать про достатній рівень фотосинтетичного потенціалу: площа листкової поверхні варіює в межах 128,8–154,7 см<sup>2</sup> за відносної стабільності кількості листків на пагоні. Виявлено, що варіація морфометричних показників має компенсаційний характер і проявляється у перерозподілі ростових процесів між окремими структурними елементами рослин залежно від умов формування плантації.

Узагальнення отриманих результатів свідчить, що багаторічна плантація *M. × giganteus* зберігає високий рівень життєздатності, стабільність структури та достатній розвиток як надземної, так і асиміляційної маси. Сукупність досліджених показників підтверджує її придатність до подальшого використання як маточної для заготівлі вегетативного садивного матеріалу без суттєвого зниження ефективності. Отримані результати мають практичне значення для обґрунтування тривалості експлуатації плантацій міскантусу та оптимізації їх використання.

Перспективи подальших досліджень доцільно спрямувати на визначення кількісних і якісних показників виходу ризом, встановлення взаємозв'язків між морфометричними характеристиками рослин і продуктивністю підземної біомаси, а також на оцінку довговічності плантацій у різних ґрунтово-кліматичних умовах. Окремим напрямом досліджень може бути вивчення потенціалу використання *M. × giganteus* для фітореMediaції деградованих і техногенно забруднених ґрунтів, що є особливо актуальним для територій, постраждалих внаслідок воєнних дій.

**Ключові слова:** *Miscanthus* × *giganteus*, багаторічна плантація, морфометричні показники, асиміляційний апарат, донорська плантація, стеблостій.



© Мельник Т. І., Ігнатченко М. В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

**Melnyk T. Iv., Ignatchenko M. V. Morphometric Assessment of the State of a Perennial Plantation of *Miscanthus × giganteus* in the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine**

The article presents the results of a morphometric assessment of the state of a perennial plantation of *Miscanthus × giganteus* in the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine with the aim of determining its suitability for further use as a mother plantation for harvesting vegetative planting material. The study was conducted in the seventh year of vegetation, which made it possible to evaluate the formation of the agrophytocenosis under conditions of long-term use. The main morphometric parameters of the plants and the characteristics of the assimilation apparatus were evaluated, including plant height, clump diameter, shoot density, number of leaves per shoot, as well as leaf length, width, and leaf area.

It was established that plants of *M. × giganteus* are characterized by a high level of development and a well-formed morphostructure: plant height ranges from 220.5 to 255.0 centimeters, clump diameter reaches up to 113.3 centimeters, and shoot density varies from 25.3 to 27.5 shoots per square meter. The parameters of the assimilation apparatus indicate a sufficient level of photosynthetic potential, with leaf area ranging from 128.8 to 154.7 square centimeters and relative stability in the number of leaves per shoot. It was found that the variation of morphometric parameters has a compensatory nature and is expressed in the redistribution of growth processes among individual structural elements of the plants depending on the conditions of plantation formation.

The generalization of the obtained results indicates that the perennial plantation of *M. × giganteus* maintains a high level of viability, structural stability, and sufficient development of both aboveground biomass and the assimilation apparatus. The combination of the studied parameters confirms its suitability for further use as a mother plantation for harvesting vegetative planting material without a significant decrease in efficiency. The obtained results have practical significance for substantiating the duration of exploitation of miscanthus plantations and optimizing their use.

Prospects for further research should be focused on determining quantitative and qualitative indicators of rhizome yield, establishing relationships between plant morphometric parameters and the productivity of underground biomass, as well as assessing the longevity of plantations under different soil and climatic conditions. A separate research direction may involve studying the potential of *M. × giganteus* for phytoremediation of degraded and technogenically contaminated soils, which is particularly relevant for territories affected by military actions.

**Key words:** *Miscanthus × giganteus*, perennial plantation, morphometric parameters, assimilation apparatus, mother plantation, shoot stand.

**Актуальність теми дослідження.** У сучасних умовах глобальних кліматичних змін та необхідності екологізації сільськогосподарського виробництва зростає інтерес до використання багаторічних енергетичних культур як стабільного джерела біомаси та інструменту відновлення агроландшафтів. Перехід від однорічних до багаторічних агроєкосистем розглядається як один із ефективних шляхів підвищення стійкості аграрного виробництва, зокрема завдяки зниженню антропогенного навантаження на ґрунт, скороченню інтенсивності обробітку та підвищенню ресурсної ефективності [3, 4, 13].

Однією з ключових переваг багаторічних культур є їх здатність до накопичення органічного вуглецю в ґрунті та формування довготривалих вуглецевих пулів. За результатами метааналізів встановлено, що перехід до багаторічних агрофітоценозів забезпечує зростання запасів органічного вуглецю в ґрунті на 16–23%, а при тривалому використанні (понад 10 років) – до 30% і більше порівняно з однорічними системами [19]. Аналогічно, для енергетичних культур типу міскантусу та світчграсу зафіксовано підвищення вмісту органічного вуглецю в ґрунті в середньому на 7–16%, що обумовлено значною біомасою кореневої системи та поверненням рослинних решток у ґрунт [8, 9]. При цьому міскантус характеризується особливо високою здатністю до депонування вуглецю завдяки значній підземній біомасі та повільному розкладанню органічних залишків [10].

Важливим аспектом використання багаторічних енергетичних культур є їх позитивний вплив на ґрунтові властивості та протидію деградаційним процесам.

Розвинена коренева система сприяє покращенню структури ґрунту, підвищенню його водоутримувальної здатності та зменшенню ризиків водної і вітрової ерозії [12]. Доведено, що вирощування міскантусу може виступати як довготривалий фіто-меліоративний захід, сприяючи накопиченню органічної речовини, підвищенню біологічної активності ґрунту та відновленню деградованих земель [16]. Крім того, багаторічні трави здатні зменшувати втрати поживних речовин із поверхневим стоком і виконувати функції біологічної рекультивації ґрунтів [15, 17].

У контексті кліматичних змін багаторічні енергетичні культури демонструють підвищену адаптивність до стресових факторів середовища, зокрема до посухи та температурних коливань. Це пов'язано з глибоким проникненням кореневої системи, ефективнішим використанням вологи та зменшенням залежності від щорічних агротехнічних операцій. Додатковою перевагою є їх здатність до скорочення викидів парникових газів як за рахунок заміщення викопного палива, так і через акумуляцію вуглецю в ґрунті [18, 20].

Серед багаторічних енергетичних культур особливе місце займає міскантус гігантський (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deu), який характеризується високою продуктивністю біомаси, низькими потребами у добривах та здатністю ефективно використовувати малопродуктивні й деградовані землі [21]. Встановлено, що тривале вирощування міскантусу (9–16 років) сприяє суттєвому зростанню частки вуглецю рослинного походження у ґрунті та формуванню стабільних органічних фракцій [10]. Водночас накопичення вуглецю та продуктивність плантацій мають виражену вікову динаміку, що підкреслює необхідність дослідження довготривалих насаджень для оцінки їх ефективності та стійкості функціонування [1, 14].

Таким чином, багаторічні плантації енергетичних культур, зокрема міскантусу гігантського, є важливим елементом екологізації аграрного виробництва, поєднуючи високу продуктивність із покращенням ґрунтових характеристик, підвищенням вуглецевого депонування та адаптацією до кліматичних змін. Водночас питання функціонування довготривалих (багаторічних) насаджень, їх продуктивності та екологічної ефективності в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах залишаються недостатньо вивченими, що зумовлює необхідність проведення відповідних досліджень.

**Постановка проблеми.** Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених продуктивності та екологічним перевагам міскантусу гігантського, більшість із них зосереджена на початкових етапах формування плантацій (1–5 років) або на узагальнених оцінках продуктивності без детального аналізу стану довготривалих насаджень. Водночас функціонування багаторічних плантацій у віці понад 8–10 років, включаючи зміни морфоструктури агрофітоценозу, продуктивності та екологічних показників, залишається недостатньо вивченим, особливо в умовах різних ґрунтово-кліматичних зон [16, 21, 22, 23].

Особливо обмеженою є інформація щодо стану та ефективності довготривалих посівів *M. × giganteus* у північно-східному Лісостепу України, де поєднання континентального клімату, періодичних посух і специфічних ґрунтових умов може суттєво впливати на динаміку продуктивності та екологічні функції цієї культури. У доступних наукових джерелах відсутні системні дослідження, присвячені оцінці стану *M. × giganteus* такого віку в зазначеному регіоні.

У зв'язку з цим наукова новизна даного дослідження полягає у проведенні комплексної оцінки стану 10-річної плантації *M. × giganteus*, закладеної на дослідному полі Сумського національного аграрного університету, з урахуванням морфобіологічних показників у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах північно-східного

Лісостепу України. Отримані результати дозволяють розширити наукові уявлення про довготривале функціонування багаторічних енергетичних культур та оцінити їх потенціал у системах сталого землекористування.

Методика досліджень. Дослідження проводили на багаторічній плантації *M. × giganteus* сорту 'Осінній зорецвіт', закладеній у 2016 році на дослідному полі Сумського НАУ в умовах північно-східного Лісостепу України. Плантацію створено в межах науково-дослідної тематики кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії (керівник теми – Ю. М. Петренко), спрямованої на вивчення особливостей формування врожайності культури та її впливу на родючість ґрунту.

Програма досліджень передбачала поетапне виконання робіт: I етап – створення енергетичних плантацій *M. × giganteus* (2016 р.); II етап – вивчення можливостей прискорення введення плантацій у промислове використання (2017 р.); III етап – оцінка впливу вирощування культури на родючість ґрунту в умовах північно-східного Лісостепу (2018–2021 рр.).

Закладання плантації здійснювали відповідно до методичних рекомендацій з передсадильного обробітку ґрунту та садіння ризомів міскантусу [2]. Для створення насаджень використовували садивний матеріал – ризоми, які висаджували за схемою 0,7×0,9 м із розрахунку близько 1600 шт. на площу 0,1 га. Загальна площа досліді становила 0,06 га.

На початковому етапі вивчали вплив різних рівнів мінерального живлення на формування врожайності *M. × giganteus* та показники родючості ґрунту. Схема досліді включала такі варіанти: без добрив (контроль);  $N_{30}$ ;  $N_{60}$ ;  $N_{90}$ ;  $N_{60}P_{20}K_{80}$  (відповідно до виносу елементів живлення за врожайності 20 т/га); Площа однієї ділянки становила 30 м<sup>2</sup>, облікова – 12 м<sup>2</sup>, повторність – триразова.

У 2017 році проведено облік урожайності та первинну оцінку агрохімічних показників ґрунту. У подальшому систематичні дослідження були припинені, проте плантація продовжувала функціонувати без істотного антропогенного втручання, що сприяло формуванню стабільного багаторічного агрофітоценозу.

Починаючи з 2023 року, на зазначеній ділянці нами відновлено дослідження, спрямовані на оцінку стану плантації у віці 7 років. Сучасний етап робіт передбачає визначення морфологічних показників рослин, оцінку продуктивності агрофітоценозу в умовах тривалого вирощування культури.

Таким чином, об'єкт дослідження є довготривалою плантацією *M. × giganteus*, що сформувалася в умовах обмеженого антропогенного впливу та дозволяє оцінити особливості функціонування багаторічних енергетичних культур у віковому аспекті.

Методика проведення досліджень плантації *M. × giganteus* СНАУ включала застосування загальноприйнятих польових, лабораторних та статистичних методів аналізу.

**Результати досліджень.** Проведені дослідження дозволили встановити особливості формування морфометричних показників багаторічної плантації *M. × giganteus* у 2023 році залежно від фону мінерального живлення, створеного під час її закладання у 2016 році. Отримані результати свідчать про збереження післядії удобрення, яка проявляється у диференційованому впливі на окремі елементи морфоструктури рослин (рис. 1).

Зокрема, встановлено, що найбільша висота рослин формується за умов підвищеного азотного фону (варіант  $N_{90}$  – 255,0 см), тоді як зі зниженням рівня азотного живлення ( $N_{60}$ ,  $N_{30}$ ) та у контрольному варіанті спостерігається поступове зменшення цього показника. Така закономірність узгоджується з численними

дослідженнями, в яких висота пагонів розглядається як один із ключових компонентів продуктивності міскантусу та тісно пов'язана з рівнем азотного живлення. При цьому навіть у старіших насадженнях висота залишається одним із найбільш чутливих до азоту показників і може виступати надійним предиктором біомаси [5, 6].

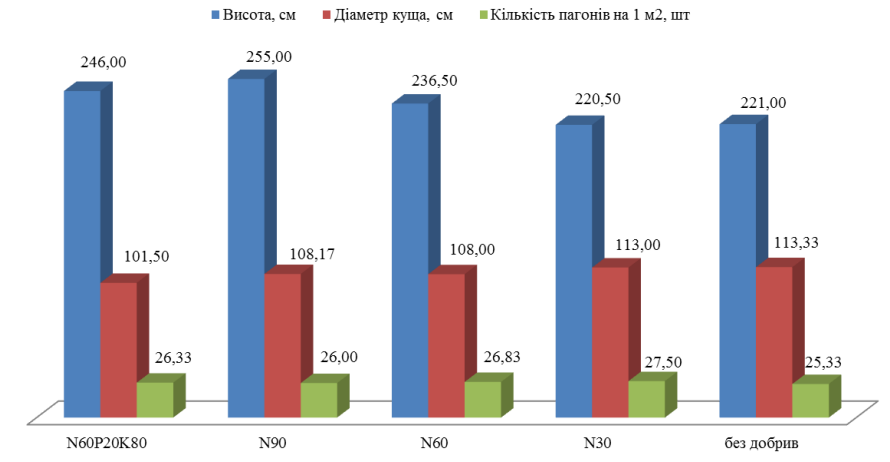


Рис. 1. Морфометричні показники рослин *M. giganteus* залежно від фонового мінерального живлення (7-й рік вегетації)

Водночас аналіз діаметра куща виявив іншу тенденцію: максимальні значення цього показника (113,0–113,33 см) характерні для варіантів із нижчим рівнем або відсутністю удобрення (N<sub>30</sub> та контроль). У варіантах із підвищеним азотним фоном (N<sub>90</sub>, N<sub>60</sub>P<sub>20</sub>K<sub>80</sub>) діаметр куща є дещо меншим (101,5–108,2 см). Подібний перерозподіл ростових процесів можна пояснити тим, що за достатнього азотного живлення рослини переважно спрямовують ресурси на інтенсивний вертикальний ріст, тоді як за обмеженого живлення активізуються процеси куціння та розростання куртини, що має адаптивний характер [24].

Кількість пагонів на 1 м<sup>2</sup> змінюється у відносно вузькому діапазоні (25,33–27,50 шт.), проте простежується тенденція до її підвищення за помірного рівня азотного живлення (N<sub>30</sub>). Водночас у варіантах із вищими дозами азоту (N<sub>90</sub>, N<sub>60</sub>P<sub>20</sub>K<sub>80</sub>) густина пагонів дещо нижча. У літературі відзначається, що вплив азоту на густоту пагонів є неоднозначним і значною мірою залежить від віку плантації: у молодих насадженнях він зазвичай стимулює збільшення кількості пагонів, тоді як у старіших ценозах цей ефект послаблюється або набуває нелінійного характеру [5, 7].

Важливо підкреслити, що в умовах багаторічних насаджень (7-й рік вегетації) морфологічна структура міскантусу визначається не лише поточним забезпеченням елементами живлення, а й довготривалою історією удобрення та віковою динамікою агрофітоценозу. Зокрема, встановлено, що післядія азоту може зберігатися протягом тривалого часу, впливаючи на масу пагонів і загальну продуктивність навіть після припинення внесення добрив. Одночасно у старіших плантаціях (14+ років) відбувається поступове вирівнювання густоти пагонів і зміна співвідношення між окремими структурними елементами врожаю [6, 7, 11].

Таким чином, отримані результати свідчать, що в умовах довготривалого використання плантації *M. × giganteus* спостерігається чіткий розподіл впливу фонового удобрення: підвищені дози азоту забезпечують формування більш високих рослин, тоді як помірний або низький рівень живлення сприяє формуванню більш розгалужених кущів і дещо більшої густоти пагонів. Такий характер змін узгоджується із сучасними уявленнями про вікову трансформацію продуктивного процесу у багаторічних злакових культур і має важливе практичне значення для оптимізації використання плантацій міскантусу як джерела вегетативного садивного матеріалу.

Встановлено, що кількість листків на одному пагоні змінюється незначною мірою і перебуває в межах 9,50–10,17 шт., що вказує на відносну стабільність цього показника незалежно від рівня мінерального живлення, внесеного на етапі формування плантації. Подібна стабільність узгоджується з біологічними особливостями культури, де кількість листків значною мірою детермінується генетично та фазою розвитку рослин (рис. 2).

Натомість розміри листків виявили більш виражену залежність від фону живлення. Зокрема, довжина листка варіювала у межах 82,48–88,87 см, причому максимальні значення спостерігалися у варіантах із помірним або відсутнім удобренням ( $N_{60}$ , контроль), тоді як за підвищеного азотного фону ( $N_{90}$ ,  $N_{60}P_{20}K_{80}$ ) цей показник був дещо нижчим. Аналогічна тенденція характерна і для ширини листка, яка зростала від 2,18 см у варіанті  $N_{60}P_{20}K_{80}$  до 2,67 см у контролі.

Найбільш показовим інтегральним параметром є площа листкової поверхні, яка відображає потенціал фотосинтетичної діяльності рослин. Максимальні значення цього показника зафіксовано у варіантах із підвищеним та помірним рівнем азотного живлення ( $N_{60}P_{20}K_{80}$  – 154,68  $cm^2$ ;  $N_{90}$  – 153,98  $cm^2$ ), тоді як зі зниженням рівня удобрення спостерігається поступове зменшення площі листка (до 128,83  $cm^2$  у контролі).

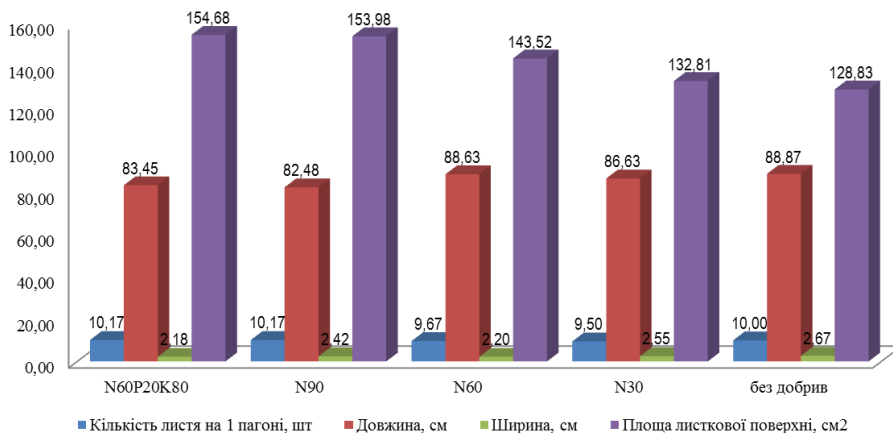


Рис. 2. Показники асиміляційного апарату рослин *M. × giganteus* залежно від фонового мінерального живлення (7-й рік вегетації)

Отримані результати свідчать про певний компроміс у формуванні асиміляційного апарату: за інтенсивного азотного живлення формується більша площа

листяної поверхні за рахунок оптимального співвідношення довжини і ширини листка, тоді як за обмеженого живлення відбувається формування децю довших і ширших, але менш ефективних у сукупності листків. Це може бути пов'язано з перерозподілом ресурсів у рослині та адаптивними механізмами до умов живлення.

Таким чином, встановлено, що післядія мінерального удобрення проявляється у зміні параметрів асиміляційного апарату *M. × giganteus*: підвищені дози азоту сприяють формуванню більшої площі листкової поверхні, тоді як за нижчого рівня живлення відбувається формування більших за розмірами, але менш ефективних у сукупності листків.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведені дослідження були спрямовані на оцінку сучасного стану та рівня продуктивності багаторічної плантації *M. × giganteus* (7-й рік вегетації). Отримані результати свідчать, що насадження зберігає високий рівень розвитку та характеризується достатньо сформованою морфоструктурою.

Встановлено, що рослини міскантусу формують значну висоту (220,5–255,0 см), добре розвинені кущі (діаметр до 113,3 см) та стабільну густоту пагонів (25,3–27,5 шт./м<sup>2</sup>), що в цілому свідчить про задовільний фітосанітарний стан і високу продуктивність плантації. При цьому параметри асиміляційного апарату також перебувають на належному рівні: площа листкової поверхні становить 128,8–154,7 см<sup>2</sup>, що забезпечує достатній фотосинтетичний потенціал рослин.

Виявлені відмінності між варіантами живлення, сформованими на етапі закладання плантації, не мають критичного характеру і проявляються переважно у перерозподілі ростових процесів між окремими морфологічними показниками. Зокрема, за вищого рівня азотного живлення спостерігається формування більш високих рослин і більшої площі листкової поверхні, тоді як за обмеженого живлення відмічено тенденцію до збільшення діаметра куща та густоти пагонів. Однак загальний рівень розвитку рослин у всіх варіантах залишається достатнім для ефективного функціонування плантації.

Узагальнення отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що досліджувана плантація *M. × giganteus* на 7-му році вегетації зберігає високий продукційний потенціал

Перспективи подальших досліджень доцільно зосередити на встановленні зв'язку між морфометричними показниками рослин і продуктивністю підземної маси, а також на визначенні оптимальних термінів та способів експлуатації плантацій різного віку. Важливим напрямом є також дослідження довговічності таких насаджень та обґрунтування критеріїв їх реновації.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гайда Ю., Фучило Я., Брич В., Гайда Т., Борисяк О., Шувар А. Секвестрування діоксиду вуглецю та продукування кисню на плантаціях міскантусу. *Економічний аналіз*. 2024. 34. 3. 144–158. DOI: <https://doi.org/10.35774/econ2024.03.144>.
2. Курило В.Л., Ганженко О.М., Гументик М. Я. Квак В.М., Фучило Я.Д., Хіврич О.Б., Зиков П.Ю., Гончарук Г.С., Смірних В.М., Горобець А.М., Дубовий Ю.П., Замоєський О.І. Методичні рекомендації з технології вирощування і перероблення міскантусу гігантського. Київ: ЦП «Компринт», 2016. 50 с.
3. Пенькова С. В., Присяжнюк О. І. Продуктивність насаджень міскантусу гігантського залежно від застосованих елементів технології вирощування в умовах Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2023. 11(1). DOI: <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.282126>.

4. Agostini F., Gregory A.S., Richter G.M. Carbon sequestration by perennial energy crops: Is the jury still out? *BioEnergy Research*. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12155-014-9571-0>.
5. Arundale R. A., Dohleman F. G., Heaton E. A., McGrath J. M., Voigt T. B., Long S. P. Yields of *Miscanthus × giganteus* decline with stand age in the Midwestern USA. *GCB Bioenergy*. 2014. 6 (1). 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12077>.
6. Cadoux S., Riche A. B., Yates N. E., Machet J. M. Nutrient requirements of *Miscanthus × giganteus*: conclusions from a review of published studies. *Biomass and Bioenergy*. 2012. 38. 14–22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.02.003>.
7. Christian D. G., Riche A. B., Yates N. E. Growth, yield and mineral content of *Miscanthus × giganteus* grown for 14 successive harvests. *Industrial Crops and Products*. 2008. 28, 3. 320–327. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.05.003>.
8. Clifton-Brown J. C., Lewandowski I. Overwintering problems of newly established *Miscanthus* plantations and their mitigation. *New Phytologist*. 2000. 148. 287–294. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00617.x>.
9. Dohleman F. G., Heaton E. A., Arundale R. A., Long S. P. Seasonal dynamics of above- and below-ground biomass and nitrogen partitioning in *Miscanthus × giganteus*. *GCB Bioenergy*. 2012. 4 (5). 534–544. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2011.01120.x>.
10. Hansen E.M., Christensen B.T., Jensen L.S., Kristensen K. Carbon sequestration in soil beneath long-term *Miscanthus* plantations. *Biomass and Bioenergy*. 2004. 26 (2). 97–105. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2003.11.008>.
11. Heaton E. A., Dohleman F. G., Long S. P. Meeting US biofuel goals with less land: the potential of *Miscanthus*. *Global Change Biology*. 2008. 14, 9. 2000–2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01662.x>.
12. Jarecki M., Kariyapperuma K., Deen B., Graham J., Bazrgar Amir B., Vijayakumar S., Thimmanagari M., Gordon A., Voroney P., Thevathasan N. The potential of switchgrass and miscanthus to enhance soil properties. *Land*. 2020. 9(12). 509. DOI: <https://doi.org/10.3390/land9120509>.
13. Kiesel A., Lewandowski I. *Miscanthus* as biogas substrate – cutting tolerance and potential for anaerobic digestion. *Sustainability*. 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9010005>.
14. Lewandowski I., Clifton-Brown J. C., Scurlock J. M. O., Huisman W. *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop. *Biomass and Bioenergy*. 2000. 19. 209–227. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00032-5](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00032-5).
15. Ma Z., Wood C.W., Bransby D.I. Impacts of soil management on root characteristics of switchgrass. *Bioresource Technology*. 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00181-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00181-8).
16. McCalmont J.P., Hastings A., McNamara N.P., Richter G.M., Robson P., Donnison I.S., Clifton-Brown J. Environmental costs and benefits of growing *Miscanthus*. *GCB Bioenergy*. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12294>.
17. Nakajima, T., Yamada, T., Anzoua, K. G., Kokubo, R., & Noborio, K. (2018). Carbon sequestration and yield performances of *Miscanthus × giganteus* and *Miscanthus sinensis*. *Carbon Management*, 9(4), 415–423. DOI: <https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1518106>.
18. Osei A.K., Thevathasan N.V., Oelbermann M. Soil carbon dynamics in perennial biomass crops on marginally productive cropland in southern Canada. *Geoderma Regional*. 39. (2024). e00866. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2024.e00866>.
19. Poeplau C., Don A. Carbon sequestration in agricultural soils via perennialization: a meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-023-00912-w>.
20. Poeplau C., Don A. Soil carbon changes under perennial crops: a meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.02.014>.

21. Richter G.M., Agostini F., Redmile-Gordon M., White R., Goulding K.W.T. Sequestration of carbon in soils under *Miscanthus*. *Agricultural Systems*. 2015. 169–177. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.09.006>.
22. Tejera M. D., Heaton E. A., Khanna M., Long S. P. Improving water use efficiency of bioenergy crops: a case study of *Miscanthus*. *GCB Bioenergy*. 2012. 4. 495–507. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2011.01160.x>.
23. Wang D., Portis A. R., Moose S. P., Long S. P. Cool C4 photosynthesis in *Miscanthus* × *giganteus*. *Plant Physiology*. 2008. 148. 557–567. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.108.120493>.
24. Zub H. W., Brancourt-Hulmel M. Agronomic and physiological performances of *Miscanthus* species. *Agronomy for Sustainable Development*. 2010. 30. 201–214. DOI: <https://doi.org/10.1051/agro/2009034>.

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026