

УДК 633.9:820.952:504:620.9

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.5>

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ МІСКАНТУСУ ПЕРШОГО РОКУ ВЕГЕТАЦІЇ ЯК ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

Паламарчук В.Д. – д.с.-г.н.,

доцент кафедри рослинництва та садівництва,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-4906-3761

Логоша Р.В. – д.е.н., професор,

завідувач кафедри аграрного менеджменту та маркетингу,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-6462-5083

Кричковський В.Ю. – д. філос. з агрономії,

старший викладач кафедри рослинництва та садівництва,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0003-4415-0708

Міскантус гігантський набуває все більшої популяризації в Україні, як одна із біоенергетичних культур не продовольчого напрямку використання, особливо в умовах низькородючих ґрунтів. У статті наводяться результати вивчення інноваційної технології вирощування міскантусу гігантського. Вирощування міскантусу дозволить істотно підвищити енергонеалежність України та зменшить використання твердих видів палив. Дослідження проведені в умовах ТОВ «Міскантус технологі» селище Кам'яний брід Звягельського району Житомирської області протягом 2023 року. В досліді використовався гібрид міскантусу гігантського Тера веста Атена плюс (Terra vesta AthenaTM).

Ґрунт дослідної ділянки – дерново-слабоопідзолений глинисто-підзолий за механічним складом. Ґумусово-елювіальний горизонт має ясно-сіре забарвлення товщиною 18-22 см. Вміст ґумусу (за Тюрнімом) у верхньому шарі ґрунту становив 2,55-2,64 % з глибиною кількість його різко зменшується, а на глибині 50-60 см він був практично відсутній.

Встановлено, що якісного для формування плантацій міскантусу гігантського, важливу увагу необхідно приділяти підготовці ґрунту до висаджування, оскільки вони мають властивість дуже швидко пересихати та втрачати схожість і суттєво знижувати програмовану густоту рослин на одиниці площі. Виходячи із цього розроблені рекомендації щодо проведення передпосівного зберігання ґрунту в холодильному сховищі з контрольованою температурою +1 °C та вологістю 85-90 %. Нами встановлена важливість системи удобрення у технології вирощування міскантусу гігантського, зокрема проведення заходів хімічної меліорації та внесення добрив позитивно вплинуло на зниження кислотності ґрунту та забезпеченість основними елементами живлення. Внесення мінеральних добрив у нормі $N_{46}P_{22}K_{84}$ та 600 кг/га вапнякового матеріалу на дерново-слабоопідзолені ґрунтах, садіння ґрунту із використанням ГТС-технологій в гребні на глибину 10 см, дозволяє отримати високу схожість (більше 94 %), ефективно використовувати запаси ґрунтової вологи на початку вегетації, контролювати бур'янисту рослинність та сформувати у перший рік вегетації урожайність вегетативної маси на рівні 14,53 т/га.

Ключові слова: вегетація, міскантус, технологія вирощування, ґрунти, гібриди, структура врожаю, елементи живлення, продуктивність.

Palamarchuk V.D., Logosha R.V., Krychivskiy V.Yu. Cultivation characteristics and productivity of first-year growth miscanthus as a high-energy crop

Giant Miscanthus is gaining increasing popularity in Ukraine as one of the promising bioenergy crops intended for non-food use, particularly under conditions of low-fertility and degraded soils. This article presents the results of a study on an innovative cultivation technology for Giant Miscanthus.

The cultivation of this crop offers significant potential to enhance Ukraine's energy independence and reduce the use of traditional solid fuels. Field trials were conducted in 2023 at Miscanthus Technology LLC, located in the village of Kamiany Brid, Zviahel district, Zhytomyr region. The hybrid Terra Vesta Athena™ of Giant Miscanthus was used in the study.

The soil of the experimental plot is soddy, slightly podzolic, and clay-sandy in texture. The humus-eluviated horizon has a light gray color and a thickness of 18-22 cm. The humus content (according to Tyurin) in the topsoil layer ranged from 2.55 % to 2.64 %. With increasing depth, the humus content decreased sharply, and at a depth of 50-60 cm, it was practically absent.

It has been established that for the successful establishment of Giant Miscanthus plantations, special attention must be paid to the preparation of rhizomes before planting. This is due to their tendency to dry out quickly, which significantly reduces germination capacity and leads to a considerable decrease in the target plant density per unit area. Based on this, recommendations have been developed for pre-planting storage of rhizomes in refrigerated facilities with a controlled temperature of +1 °C and relative humidity of 85-90 %.

We have established the crucial role of the fertilization system in the cultivation technology of Giant Miscanthus. In particular, the implementation of chemical amelioration measures and fertilizer application had a positive effect on reducing soil acidity and improving the availability of essential nutrients. The application of mineral fertilizers at a rate of $N_{46}P_{23}K_{84}$, along with 600 kg/ha of liming material on soddy slightly podzolic soils, and the planting of rhizomes using GIS technologies in ridges at a depth of 10 cm, ensured high germination rates (above 94 %), efficient use of soil moisture at the beginning of the growing season, effective weed control, and resulted in a vegetative biomass yield of 14.53 t/ha in the first year of cultivation.

Key words: vegetation, miscanthus, cultivation technology, rhizomes, hybrids, yield structure, nutrients, productivity.

Постановка проблеми. Вирощування біоенергетичних культур для України дозволяє вирішувати цілий ряд проблем, зокрема забезпечення енергетичними ресурсами, відновлення родючості ґрунтів, особливо деградованих де є проблематичне вирощування традиційних культур, забезпечувати ресурсами переробні галузі народного господарства. Серед фітоенергетичних культур важливе значення займає, нова для України біоенергетична культура, така як міскантус гігантський, або «слонова трава».

Тому розробка ефективної технології вирощування багаторічної культури, такої як міскантус гігантський, для умов України, особливо регіонів із значним відсотком низькородючих земель є актуальною та необхідною, що дозволить вирішити цілий ряд питань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аграрний сектор України характеризується високим потенціалом виробництва рослинницької продукції [1-3]. В Україні забезпеченість власними енергетичними ресурсами становить лише 53 %, тому вона є енергодефіцитною країною із щорічним споживанням біля 200 млн т у. п.

З огляду на потребу зменшення залежності від викопних енергоносіїв, в Україні особливої актуальності набуває розвиток альтернативних джерел енергії, основа яких формується за рахунок використання біоенергетичного потенціалу аграрного виробництва, зокрема фітоенергетичних культур, таких як міскантус [4-7].

В Україні у 2021 році було спожито біля 5,7 млн тонн дизельного палива, 2,0 млн тонн бензину та 1,3 млн тонн скрапленого пропану й бутану. У 2020 році частка відновлюваних джерел енергії у загальному кінцевому енергоспоживанні складала 9,2 %, з яких 13,9 % припадало на електроенергетику, 9,3 % – на теплопостачання, і лише 2,5 % – на транспортну галузь [8]. На разі Україна забезпечує лише біля 20 % власних потреб у нафті та газовому конденсаті за рахунок власного видобутку, тоді як решта обсягів бензину отримується з імпоротної нафти або імпортується у готовому вигляді з сусідніх держав [9].

Сьогодні спостерігається стрімке зростання видобутку традиційних видів енергоносіїв – вугілля, газу і нафти. На разі, фактично протягом останнього століття людство спожило значну частину найбільш цінних запасів вуглеводневої сировини, на формування яких у надрах Землі пішли сотні мільйонів років [10-13]. Одним із резервів заміни природних копалин є технології з отримання біопалива за використання відновлювальної біосировини [12, 14]. Науковці прогнозують, що вже протягом найближчих 5-15 років буде вичерпано 60-65 % наявних запасів нафти, що спричинить зменшення її видобутку на 30-40 % за одночасного зростання попиту, тоді як світових запасів природного газу вистачить приблизно на 50-60 років, а вугілля – на 500-600 років [15, 16].

Можливість вирощування на малородючих землях України (яких за даними експертів від 3 до 8 млн. га) такої біоенергетичної культури, як міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus*) дозволить отримати сировину для виробництва твердого палива, паперово-целюлозної продукції та біогазу, що зменшить залежність України від імпортованих енергоресурсів [17].

Найбільш поширеним на території України з усіх видів енергетичних культур є представники родини тонконогових (злакових): міскантуси, сорго цукрове, просо прутоподібне (світчграс) та ін. Різновиди павловнії та коли верби, хоча і мають менше поширення, але характеризуються високою продуктивністю біомаси та значним виходом енергії з одиниці площі, що істотно підвищує перспективу їх вирощування в якості біоенергетичних культур [18-19].

Міскантус це багаторічна трав'яниста рослина, згідно ботанічної класифікації відноситься до родини злакових, роду Віяльник або Міскантус (*Miscanthus Anderss*), триби соргові [17]. Як і всі хліби другої групи є типовим представником рослин C_4 типу фотосинтезу [12, 17].

Перевагою міскантусу є великий вихід теплової енергії 5 кВт/год/кг або 18 МДж/кг, низька вологість листостебельної маси в період збиральних робіт – до 15 %. В процесі спалювання біопалива із міскантусу в атмосферу потрапляє набагато менше оксиду вуглецю, ніж фіксується рослинами під час фотосинтетичної діяльності, виділяється в 20-30 разів менше оксиду сірки і в 3-4 рази менше золи порівняно із вугіллям [19].

За енергетичним потенціалом одна тонна біомаси міскантусу прирівнюється до 419 кг сирової нафти, 1,7 т деревини, 515 м³ природного газу або 900 кг кам'яного вугілля, що підкреслює її високу ефективність як альтернативного джерела енергії серед відновлюваних ресурсів. Стебла міскантусу досягають висоти 4 метри і накопичують до 64-71 % целюлози [17].

Тривалість вирощування міскантусу на одному місці може складати 20 років і більше, із щорічною продуктивністю 20-25 тонн сухої маси з одного гектара. Розмножується міскантус насінням, поділом маточного кореневища (ризомами), живцями (укоріненням міжвузлів) та клональним мікророзмноженням (через культуру *in vitro*) [17, 20-21].

В процесі спалювання біомаси міскантусу виділяється незначна кількість оксиду вуглецю, порівняно із тим що акумулювали рослини в процесі фотосинтезу, що в свою чергу зменшуватиме парниковий ефект [9, 17]. Відмічено, що вирощування міскантусу позитивно впливає на показники родючості ґрунту, зокрема за даними М.В. Роїка та ін. [17], чотириохрічне вирощування його на одному місці накопичує 15-20 т/га кореневищ, що співвідносно 7,2-9,2 т/га вуглецю.

Існуючі технології вирощування міскантусу в Україні та технічні засоби не завжди сприяють отриманню потенційної врожайності та якості біосировини,

що в кінцевому результаті відображається на собівартості отриманої продукції. В зв'язку із цим постає питання оптимізації технології вирощування та обґрунтування ефективності основних її елементів в залежності біокліматичного потенціалу зони вирощування та гідротермічних умов з урахуванням генетичних особливостей конкретного сорту або гібриду [17, 22-23].

В більшості регіонів України, ґрунтово-кліматичні умови є оптимальними для культивування багаторічних енергетичних рослин групи C_4 типу фотосинтезу, які можуть ефективно перетворювати сонячну енергію в енергомістку біомасу, що особливо важливо в контексті глобальних змін клімату. Використання для вирощування міскантусу, як типового представника C_4 типу фотосинтезу в умовах потепління підвищить засвоєння вуглекислого газу за рахунок підвищення інтенсивності фотосинтезу не вимагатиме високої родючості ґрунту, значного використання добрив та пестицидів, сприятиме зменшенню ерозійних процесів, збереженню та покращанню агроєкосистем [3, 20, 24].

Продукція міскантусу широко використовують у різних галузях народного господарства, але найбільше – у біоенергетиці, якості твердого палива та навіть біоетанолу та пластмаси. Органічну речовину можна використовувати в якості добрив, як сировину для виробництва целюлози, паперу (волокна для вистеляння упаковок, технічного паперу) [25-27], будівельних та ізоляційних плит, легкого бетону, звукоізоляції, штукатурок для внутрішніх і зовнішніх робіт, дверних та віконних рам, дахів [17]. За рахунок доброї вологоутримуючої здатності вегетативна маса міскантусу, в порівнянні із соломою зернових культур, ефективно може використовуватись в якості підстилки для тварин і птиці [17, 28, 29]. Також може використовуватись в якості сировини для лиття під тиском виробів з органічних полімерів, таких як горщики для розсади овочів та квітів, нитки та волокна високої міцності для автомобільних кузовних деталей, для декоративних цілей для озеленення декоративних ставків, клумб, садів, що за рахунок мікроорганізмів легко розкладаються в екосистемах [17].

Дослідження адаптивних технологій вирощування міскантусу гігантського із врахуванням біологічних особливостей культури в умовах глобального потепління дефіциту традиційних видів добрив на малородючих землях України є важливим науковим завданням щодо енергонезалежності та має високу актуальність, практичне значення і наукову новизну.

Постановка завдання. Метою досліджень було вивчення особливостей формування продуктивності міскантусу гігантського за рахунок оптимізації технології вирощування.

Матеріал і методика досліджень. Дослідження із вивчення формування продуктивності міскантусу проводили в умовах ТОВ «Міскантус Технологі» селище Кам'яний брід Звягельського району Житомирської області протягом 2023 року.

Ґрунт дослідної ділянки – дерново-слабоопідзолений глинисто-піщаний за механічним складом. Гумусово-елювіальний горизонт має ясно-сіре забарвлення товщиною 18-22 см. Глибина залягання ґрунтових вод більше 1,8 метра. Вміст гумусу (за Тюрнімом) у верхньому шарі ґрунту становив 2,55-2,64 % з глибиною кількості його різко зменшується, а на глибині 50-60 см він був практично відсутній. Ґрунт мав кислу реакцію ґрунтового розчину рН 5,27-5,36, високу гідролітичну кислотність, низьку суму ввібраних основ та насиченість основами. Вміст легкогідролізованого азоту становив 67,2-70 мг/кг, рухомого фосфору – 86-95 мг/кг, обмінного калію 62-66 мг/кг, кальцію 2,44-2,81 ммоль/100гр та магнію 0,38-0,44 ммоль/100 гр.

Технологія загальноприйнята за виключенням чинників, які досліджувалися. Попередником виступала соя. Обробіток ґрунту включав зяблеву оранку на глибину 20-22 см. В процесі проведення основного обробітку ґрунту провели вапнування ділянки відведеної для висадки міскантусу, із розрахунку 600 кг/га вапнякового матеріалу. Після внесення вапна проведено обробіток ґрунту – дискування. Весною проводили культивування з боронуванням для закриття ґрунтової вологи. Перед посадкою ризом міскантусу здійснювали фрезерування, коткування та вирівнювання поля.

Система удобрення включала внесення під основний обробіток ґрунту суперфосфату у нормі 100 кг/га та каліймаг агро – 300 кг/га у фізичній вазі. Весною вносили карбамід у нормі 46 кг/га в діючій речовині.

Висаджування посадкового матеріалу (ризом) у ґрунт проводили із густотою 17 тис. шт./га, 8 рядною розсадо-посадковою машиною Моносем 6 м, із змінною продуктивністю 3,5 га. Ризом висаджувались на глибину 10 см. Відстань у міжряддях була 75 см, відстань між рослинами в рядку 78 см.

На період висаджування міскантусу в 2023 році спостерігалася значна кількість опадів, що вплинуло на запізнення із строками посадки.

В дослідженнях використовувався гібрид Тера веста Атена плюс (Terra vesta AthenaTM) закордонної селекції. Догляд за посівами включав для боротьби із бур'янами внесення ґрунтових гербіцидів та через 50 днів після-сходових (страхових). Також проводили обробку ґрунту фосфор-органічним інсектицидом проти личинки хрущів.

Польові дослідження проводили за загальноприйнятими науковими і спеціальними агрономічними методиками [30-32]. Обліки, спостереження були проведені протягом періоду вегетації міскантусу гігантського гібриду Тера веста Атена плюс (Terra vesta AthenaTM).

Біометричні показники були визначені шляхом замірювання 10 рослин на період завершення вегетації у трьох повтореннях: висоту головного пагона рослин заміряли мірною лінійкою від поверхні ґрунту до верхівки самого довгого (витягнутого угору) листка [31-32]. Урожайність біомаси оцінювали наприкінці вегетаційного періоду шляхом зважування снопових зразків, а обробку експериментальних даних здійснювали методами дисперсійного аналізу з використанням програмного забезпечення Excel та Statistica.

Виклад основного матеріалу. В процесі досліджень встановлена важлива роль для формування плантацій міскантусу гігантського підготовки до висаджування ризом, які мають властивість дуже швидко пересихати та втрачати схожість і суттєво знижувати програмовану густоту рослин на одиниці площі. Посівний матеріал міскантусу до висаджування зберігався в холодильному сховищі з контрольованою температурою +1 градус за Цельсієм та вологістю 85-90 %. За рахунок даного заходу схожість висаджених ризом міскантусу склала більше 94 %.

Встановлено що проведення вище вказаних елементів технології впливало на показники агрохімічного складу ґрунту на плантаціях де відбувалося вирощування міскантусу (табл. 1).

Із даних таблиці 1 видно, що проведення заходів хімічної меліорації та внесення добрив позитивно вплинуло на зниження кислотності ґрунту та забезпеченість основними елементами живлення. Зростання вмісту легкогідролізованого азоту на момент другого визначення склало 1,4 мг/кг ґрунту, фосфору – 59,0 мг/кг, калію – 27,0 мг/кг, кальцію – 0,31 ммоль/100 г ґрунту та магнію – 0,12 ммоль/100 г ґрунту, що в подальшому забезпечило оптимізацію

рухомих форм елементів живлення необхідних для росту і розвитку рослин міскантусу гігантського.

Таблиця 1

Агрохімічний склад ґрунту дослідної ділянки за даними «Інституту охорони ґрунтів України (ДУ «Держґрунтохорона») Житомирська філія ДУ «Держґрунтохорона», (за 2023 р.)

Дата відбору зразків ґрунту	Обмінна кислотність, рН	Вміст елементів живлення				
		легко-гідролізованого азоту (N), мг/кг	рухомого фосфору, (P), мг/кг	обмінного калію (K), мг/кг	обмінного кальцію (Ca), ммоль/100 г ґрунту	обмінного магнію (Mg), мг/кг ммоль/100 г ґрунту
12.20.2022 р.	5,27	70,0	86,0	62,0	2,44	0,38
06.06.2023 р.	5,36	71,4	145,0	89,0	2,75	0,50



Рис. 1. Стан ділянок на період появи сходів

У процесі виконання основних технологічних прийомів вирощування міскантусу обов'язковим є використання ГС-технологій які передбачають використання машино-тракторних агрегатів обладнаних приладами паралельного водіння та контролю швидкісного режиму. Використання даного елемента дуже ефективне у процесі точного висаджування ризом у гребні.

Дослідженнями підтверджена висока ефективність перед посадкою нарізання гребнів, що дозволяє ефективно та рівномірно заробляти ризоми міскантусу на задану глибину, додатково збільшувати кількість вологовмісного шару, використовувати ґрунтовий гербіцид для тривалого захисного екрану. За такої схеми захисту бур'яни з'являлися на 40 день після висаджування (рис. 1).

Рисунок 1 яскраво демонструє досить добрий розвиток ризом міскантусу у перший період вегетації та показує значний відсоток приживання. Варто також відмітити зміну забарвлення перших ярусів листків міскантусу, на нашу думку стало результатом низького вмісту рухомих форм азоту та тривалої дії внесеного карбаміду. Починаючи із формування третього листка дана проблема зникла, спостерігався інтенсивний розвиток кореневої системи.

Після 40-50 денної вегетації спостерігалось відростання бур'янистої рослинності (рис. 2), яка включала представники хрестоцвітих, злакових та інших бур'янів. На закладеній плантації були виділені три ділянки із різними показниками бур'янистої рослинності та проведення внесення. Внесення страхових гербіцидів в більший мір не проявляла фітотоксичності на культурні рослини, але на одній із ділянок рослини міскантусу пригальмували свій ріст та розвиток.



Рис. 2. Стан посіву перед внесенням страхового гербіциду

Тому внесення страхових гербіцидів на плантаціях міскантусу рекомендується проводити із позакореновими підживленнями мікроелементами та антистресантами.

Характеристику параметрів рослин міскантусу гігантського гібриду Тера веста Атена плус станом на 14 жовтня 2023 року приведено в таблиці 2.

Із даних таблиці 2 видно, що на період визначення загальна густота стеблистою складала 34,67 тис. кущів на гектар, або 2,6 шт./м погонний. Середня кількість пагонів у кущі складала 21,56 шт. Рослини були висотою 89,6 см, із діаметром стебла 0,56 см, кількістю листків 10,2 шт. та середньою масою 1 рослини 24,3 г. Формування такого стану посіву дозволили отримати в перший рік вегетації біологічну урожайність на рівні 14,53 т/га вегетативної маси.

Таблиця 2

Характеристика продуктивності міскантусу гібрид Тера веста Атена плус у перший рік вегетації, (за 2023 р. станом на 14 жовтня)

Гібрид	Показники						
Тера веста Атена плус	Густота рослин, шт./метр погонний	Кількість пагонів із однієї ризоми, шт.	Висота рослин, см	Діаметр стебла, см	Кількість листків, шт.	Середня маса 1 рослини, г	Біологічна урожайність, т/га
	2,6	21,56	89,06	0,56	10,20	24,3	14,53

Висновки. Застосування розробленої технології вирощування міскантусу гігантського гібриду Тера веста Атена плус, яка передбачає передпосівне зберігання ризом в холодильному сховищі з контрольованою температурою +1 °С та вологістю 85-90 %, внесення мінеральних добрив у нормі $N_{46}P_{22}K_{84}$ та 600 кг/га вапнякового матеріалу на дерново-слабоопідзолених ґрунтах, садіння ризом із використанням ПС-технологій в гребні на глибину 10 см, дозволяє отримати високу схожість (більше 94 %) ризом, ефективно використовувати запаси ґрунтової вологи на початку вегетації, контролювати бур'янисту рослинність та сформувати у перший рік вегетації урожайність вегетативної маси на рівні 14,53 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гадзало Я. М., Гладій М. В., Саблук П. Т., Лузан Ю. Я. Розвиток аграрної сфери економіки в умовах децентралізації управління в Україні: монографія. Київ: Аграрна наука. 2018. 328 с.
2. Gudzenko V. M., Polishchuk V. M., Babiy O. O., Khudolii L. V. Productivity and adaptability of Myronivka spring barley varieties of different breeding periods. *Plant varieties studying and protection*. 2018. № 14(2). P. 190-202. doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134766.
3. Паламарчук В. Д., Кричковський В.Ю., Рудська Н.О., Колісник О. М. Новітні технології вирощування овочевих культур та кукурудзи за використання дигестату біогазових станцій: монографія. Вінниця: Друкарня «Друк», 2023. 296 с.
4. Роїк М.В., Курило В.Л., Гументик М.Я., Ганженко О.М. Фітоенергетичні культури. *Агроном*. 2013. Вип. 3. С. 193.
5. Diachuk O., Chepeliev M., Podolets R., Trypolska G., Venger V., Saprykina T., Yukhymets R. Transition of Ukraine to the renewable energy by 2050 results of modeling of the reference and alternative scenarios for the development of energy sector. Kyiv: Publishing house «Art Book» Ltd, 2017. 88 p.

6. Yawson D.O., Adu M.O., Armah F.A. Impacts of climate change and mitigation policies on malt barley supplies and associated virtual water flows in the UK. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10. 376 p. doi:10.1038/s41598-019-57256-3
7. OECD Anti-corruption review of the energy sector in Ukraine. 2021. URL: <https://www.oecd.org/corruption/acn/OECD-review-of-the-energy-sector-in-Ukraine.pdf>. (дата звернення: [14.05.2025]).
8. Гелетуха Г., Желєзна Т. Виробництво біоетанолу в Україні: стан і перспективи розвитку. 2023. URL: <http://milkuia.info/uk/post/virobnictvo-bioetanolu-v-ukraini-stan-i-perspektivi-rozvitku> [Електронне видання] (дата звернення: [14.05.2025]).
9. Голуб Г.А., Кухарець С.М. Марус О.А. та ін. Біоенергетичні системи в аграрному виробництві: монографія / за ред. Г.А. Голуба. Київ: НУБІП України, 2017. 229 с.
10. Mills M. P. The «New Energy Economy»: An exercise in magical thinking. 2019. 24 p.
11. Litvinenko V. The role of hydrocarbons in the global energy agenda: the focus on liquefied natural gas. *Resources*. 2020. Vol. 9. № 59. P. 1-22. doi:10.3390/resources9050059 www.mdpi.com/journal/resources.
12. Kaletnik G., Honcharuk I., Okhota Yu. The Waste-Free Production development for the energy autonomy formation of Ukrainian agricultural enterprises. *Journal of environmental management and tourism*. Vol. XI, № 3(43). 2020. P. 513-522. DOI:10.14505/jemt.v11.3(43).02 [https://doi.org/10.14505/jemt.v11.3\(43\).02](https://doi.org/10.14505/jemt.v11.3(43).02).
13. Dey S., Sreenivasulu A., Veerendra K., Rao V., Babu A. Renewable energy present status and future potentials in India: an overview. *Innovation and Green Development*. 2022. Vol. 1. Art. 100006. URL: www.journals.elsevier.com/innovation-and-green-development.
14. Інтенсифікація використання генофонду кукурудзи в гетерозисній селекції / В. В. Кириченко, І. А. Гур'єва, Н. В. Кузьмишина та ін.; за ред. В. В. Кириченка. Харків: ІР ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2019. 326 с.
15. Соколік С. П. Перспективи використання кукурудзи на зерно в якості біопалива. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2016. Вип. 173. С. 168-176.
16. Білецький В. С., Орловський В. М., Вітрик В. Г. Основи нафтогазової інженерії: підручник. Полтава: ТОВ «АСМІ». 2018. 415 с.
17. Роїк М. В., Сінченко В.М., Іващенко О.О. та ін. Міскантус в Україні. Київ: ЦП «Компрінт». 2019. 256 с.
18. Енергетичні культури: сортимент, біологія, екологія, агротехнологія: колективна монографія / М. І. Кулик та ін. Полтава: Астроя, 2023. 220 с.
19. Lohosha R., Palamarchuk V., Krychkovskiy V., Kolisnyk O., Vasyliiev O. Specifics of cultivation, productivity, and energy efficiency of miscanthus giganteus for solid biofuel production. *Polityka Energetyczna*. 2025. Vol. 28, Issue 1. P. 99-112. DOI: 10.33223/erj/196384.
20. Калетнік Г. М., Паламарчук В. Д., Гончарук І. В., Ємчик Т. В., Телекало Н. В. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологічного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ФОП Кушнір Ю. В., 2021. 260 с.
21. Недільська У. І. Особливості вирощування та потенціал урожайності енергетичної культури. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2021. Вип. 34. С. 45-51. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2021-1-6>
22. Природно-ресурсний та енергетичний потенціали: напрями збереження, відновлення та раціонального використання: колективна монографія / О. О. Горб, Т. О. Чайка, І. О. Яснолоб. Полтава: ПП «Астроя», 2019. 279 с.

23. Дековець В. О., Кулик М. І., Галицька М. А. Біологізація технології вирощування міскантусу гігантського на біопаливо. *Аграрні інновації*. 2021. № 10. С. 23-28. DOI <https://doi.org/10.32848/agraar.innov.2021.10.4>
 24. Кулик М. І., Падалка В. В. Розвиток біоенергетики на основі рослинного енергетичного ресурсу (на прикладі Полтавської області). Управління стратегіями випереджаючого інноваційного розвитку: монографія / за ред. Н.С. Ілляшенко. Суми: Територія, 2020. С. 109-118.
 25. Яснолоб І. О., Чайка Т. О., Горб О. О. Альтернативні джерела енергії у підвищенні енергоефективності та енергонезалежності сільських територій: колективна монографія. Полтава: Видавництво ПП «Астроя», 2019. 276 с.
 26. Комплексна екологічна оцінка створення енергетичних плантацій на рекультивованих землях: монографія / М. М. Харитонов, М. Г. Бабенко, Н. В. Мартинова та ін.; за ред. М. М. Харитонova. Дніпро: ЛІРА, 2020. 192 с.
 27. Енергетичні та сировинні рослинні ресурси / С. М. Каленська, Д. Б. Рахметов та ін. Київ: НУБіП України, 2022. 274 с.
 28. Ястремська Л. С., Пришляк Р. І., Федонюк Ю. В. Міскантус – енергетична культура для отримання біопалива. *Проблеми екологічної біотехнології*. 2017. № 1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/peb_2017_1_3 (дата звернення: [14.05.2025]).
 29. Відновлювані джерела енергії / С. О. Кудря та ін. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.
 30. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Вища школа, 1994. 335 с.
 31. Волкодав В. В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові). Київ, 2001. 64 с.
 32. Ушкаренко О. В., та ін. Наукові дослідження в агрономії: навчальний посібник. Херсон: Грінь Д. С., 2016. 316 с.
-