

УДК 631.84:631.52

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.10>

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ СІДИ БАГАТОРІЧНОЇ НА МАЛОПРОДУКТИВНИХ ГРУНТАХ (ОГЛЯДОВА)

Дмитраш Т.І. – аспірант кафедри лісового і аграрного менеджменту,
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Григорів Я.Я. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри лісового і аграрного менеджменту,

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Виснаження традиційних джерел енергії та зростання вартості енергетичних ресурсів негативно впливають на визначення собівартості виробництва сільськогосподарської та промислової продукції, що знижує її конкурентоспроможність на міжнародному рівні. Таким чином, основним завданням держави є забезпечення ефективного використання власних паливно-енергетичних ресурсів та диверсифікація джерел і шляхів постачання енергетичних ресурсів.

Україна має всі необхідні передумови для широкого впровадження і застосування передових технологій вирощування та переробки біомаси енергетичних культур. Розвиток біоенергетичних технологій допоможе вирішити проблему енергозабезпечення країни, покращить екологічну ситуацію в регіонах і сприятиме збільшенню зайнятості місцевого населення.

У статті представлено огляд останніх літературних джерел, присвячених дослідженням формування продуктивності багаторічної сіди та інших енергетичних трав'янистих рослин залежно від елементів технології вирощування. Проведено аналіз сучасного стану посівних площ енергетичних культур, висвітлено особливості та перспективи вирощування цієї культури на малопродуктивних ґрунтах.

Розглянуті основи вирощування мени поширених енергетичних культур, які були проаналізовані в роботах вітчизняних та зарубіжних науковців, включають вибір оптимальних місць і ґрунтів, а також встановлення перспективних видів малопоширених енергетичних культур як потенційної сировини для енергетичної галузі країни. Особлива увага приділяється необхідності вдосконалення технологій з метою досягнення більшого приросту біомаси.

Зроблено аналіз наукових досліджень науковців за якими визначено перспективні енергетичні культури для вирощування як біосировини для енергетичного ринку країни. Встановлено, що найбільш перспективними культурами для вирощування на малопродуктивних ґрунтах є сіда багаторічна і міскантус.

Ключові слова: біоенергетичні рослини, сіда багаторічна, сорго багаторічне, міскантус, продуктивність.

Dmytrash T.I., Hryhoriv Ya.Ya. Prospects of perennial Sida cultivation on low-productivity lands (review)

Depletion of traditional energy sources and the increasing cost of energy resources negatively affect determining the cost of agricultural and industrial production, thereby reducing its competitiveness at the international level. Thus, the main task for the state is to ensure efficient utilization of its own fuel and energy resources and diversify sources and supply routes of energy resources.

Ukraine has all the necessary prerequisites for wide implementation and application of advanced technologies for cultivation and processing of biomass from energy crops. The development of bioenergy technologies will help address the country's energy security issues, improve the environmental situation in regions, and contribute to increasing local employment.

The article provides a review of recent literature sources dedicated to research on the productivity formation of perennial miscanthus and other energy grasses depending on cultivation technology elements. An analysis of the current state of energy crop cultivation areas is conducted, highlighting the features and prospects of growing these crops on low-productive soils.

The discussed foundations of cultivating less common energy crops, analyzed in studies by domestic and international scientists, include the selection of optimal locations and soils, as well as the identification of promising types of less common energy crops as potential feedstock for the country's energy sector. Special attention is given to the necessity of improving technologies aimed at achieving greater biomass growth.

Scientific studies have been analyzed by researchers to identify promising energy crops for cultivation as biomass for the country's energy market. It has been determined that the most promising crops for cultivation on low-productivity soils are perennial grass miscanthus and perennial sorghum.

Key words: *bioenergy crops, perennial sorghum, perennial miscanthus, productivity.*

Постановка проблеми. Розвиток та використання біопалива з відновлюваних джерел енергії, зокрема рослинної біомаси, відіграють ключову роль у зменшенні енергетичної залежності України. Через зростання вартості енергетичних ресурсів біомаса, як частина відновлюваної енергії, стає все більш важливою на світовому рівні. Нині майже 80% світових поставок енергоресурсів складає невідновлюване викопне паливо [1, 2]. Біомаса, що використовується як паливо, займає четверте місце у світовому виробництві, становлячи 10% від загального обсягу первинної енергії. У країнах Європейського Союзу частка біомаси в загальному споживанні енергії становить 7% [3]. В провідних країнах ЄС, таких як Латвія, Фінляндія, Швеція, Данія, Австрія, частка біомаси у валовому енергоспоживанні досягає 15–27%, тоді як в Україні ця частка трохи більше 1%. Серед усіх видів біомаси тверда біомаса становить найбільший відсоток – 80%, з розподілом від 0% до 95% залежно від країни. Найвищий відсоток використання твердої біомаси спостерігається у Фінляндії. Україна має значний потенціал для використання біомаси в енергетичних цілях і всі необхідні передумови для широкого впровадження цього відновлюваного джерела енергії [4, 5].

Постановка завдання. Завдання полягало в аналізі стану світового та вітчизняного виробництва біоенергетичних культур, включаючи сіду багаторічну, на основі статистичних даних. Також необхідно було дослідити особливості формування сортових ресурсів і посівних площ, а також розглянути перспективи вирощування цієї культури на малопродуктивних землях.

Матеріали та методи досліджень. При аналізі та узагальненні результатів використовувалися матеріали власних досліджень, дані державної статистики та довідкова інформація з наукових публікацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні під час воєнного стану ситуація з енергоносіями негативно впливає не лише на економіку, екологію та добробут громадян України, але й на залежність країни від імпортованих енергоносіїв. Це стимулює Україну активно розглядати альтернативні джерела енергії [6–8].

Енергетична незалежність України є одним із найважливіших і термінових питань, вирішення якого тісно пов'язане з екологічним станом довкілля, соціальними аспектами, економічною та політичною безпекою. Один із шляхів покращення ситуації полягає у створенні альтернативної енергетики, зокрема розвитку відновлюваного біопалива. Порівняно з іншими джерелами відновлюваної енергії, біоенергія з біомаси має численні переваги, зокрема: низькі витрати на виробництво, широку сферу використання, децентралізоване виробництво, а також постійне постачання екологічно безпечної сировини.

Слід також зазначити, що для аграрного сектору біоенергія є новим альтернативним джерелом доходу, що сприяє створенню нових робочих місць та підвищує значущість сільської місцевості.

Енергетичні культури – це рослини, які спеціально вирощуються для використання як паливо або для виробництва біопалива. Тому особливу актуальність набуває вирощування нових видів високопродуктивних багаторічних енергетичних рослин, що дозволить щорічно отримувати необхідну кількість біомаси. Енергетичні рослини мають високий урожай і невеликі вимоги до вирощування [9].

Згідно з проведеними розрахунками, Україна має значний потенціал для виробництва енергетичних рослинних біоресурсів. Теоретичний потенціал біомаси складає майже 50 млн тонн умовного палива, при цьому економічно доцільний обсяг варіюється від 2 до 27 млн тонн. Щодо нетрадиційних трав'янистих багаторічних енергетичних культур, таких як сільфій, топінамбур, міскантус та сіда багаторічна, їх виробництво оцінюється в 0,61 та 0,35 млн тонн відповідно [10, 11].

Використання нових високопродуктивних трав'янистих енергетичних культур, які ще не широко застосовуються в аграрному секторі України, мають очевидні переваги. Вихід теплової енергії за один гектар вирощування таких культур різний [12]. Зокрема, сіда багаторічна та міскантус виробляють найбільший обсяг енергії для виробництва твердих видів палива [13].

При вилученні з активного обробітку земель, розташованих у зонах агроландшафтів, які піддаються ерозії (де їх використовують як природні кормові угіддя чи заліснюють), частину цих площ можна відвести для вирощування багаторічних трав'янистих культур, включаючи менш поширені. Ці культури не лише ефективно захищатимуть ґрунт від ерозії, але й слугуватимуть джерелом біосировини для виробництва твердих видів палива, таких як паливні брикети чи гранули, у сільській місцевості [14, 15]. За аналізом літературних джерел [16–18] можна визначити, що досліджень стосовно енергетичного потенціалу багаторічних трав'янистих фітоценозів України та заходів для підвищення їх енергетичної продуктивності проведено досить обмежено. Актуальність подальших досліджень з цього питання зростає через підвищення вартості невідновлюваних первинних джерел енергії та зменшення потреби у трав'яних кормах, оскільки поголів'я худоби скорочується [19].

Важливою проблемою для науковців і аграрних виробників є розробка та оптимізація агротехнологій вирощування, а також економічне та енергетичне пояснення технологічних процесів, з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов [8].

Використання малопоширених енергетичних рослин у вирощуванні в Україні наразі перебуває на етапі експериментальних досліджень. Для успішного впровадження вирощування енергетичних рослин в Україні необхідна ціленаправлена робота [20].

Аналіз останніх наукових досліджень та літературних джерел свідчить про зростаючу перевагу рослинних відновлюваних видів біопалив. За останні роки велика кількість науковців зосередилася на вдосконаленні технологій вирощування менш поширених та незаслужено забутих енергетичних культур. У країнах з високим рівнем економічного розвитку вже давно широко впроваджено технології вирощування та використання енергетичних рослин. Однак, дослідження, спрямовані на вивчення динаміки приросту біомаси енергетичних рослин, раніше не проводилися. Відтак, метою нашого дослідження стало дослідження перспективи вирощування енергетичних рослин на малопродуктивних землях України.

Як відомо, в Україні з 32 млн га орних земель приблизно 4 млн га є малородючими, що робить їх придатними для вирощування енергетичних культур. Для дослідників та сільськогосподарських виробників важливим завданням є розробка та вдосконалення технологій вирощування, а також економічне та енергетичне обґрунтування технологічних процесів з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов. У країнах Європейського Союзу близько 13,1 млн гектарів земель доступні для вирощування біоенергетичних культур. За оцінками Європейської комісії, для вирощування енергетичних культур варто використовувати приблизно 10% загальної площі сільськогосподарських угідь.

В Україні все активніше ведуться науково-дослідні роботи щодо енергетичних культур. Наразі науковці досліджують понад 20 видів швидкорослих енергетичних культур, які доцільно вирощувати для отримання високорентабельної рослинної біомаси. Енергетичні культури включають як олійні рослини, що використовуються для виробництва біопалива, так і багаторічні трав'янисті рослини, які слугують сировиною для виробництва паливних гранул та брикетів.

Відомо, що на сьогодні в Україні є близько 4 млн га земель виведених з сільськогосподарського використання через їх низьку родючість і схильність до ерозії, а у зв'язку із воєнними діями ця цифра значно збільшиться. Тому вирощування високоврожайних, швидкорослих біоенергетичних культур на таких землях сприятимуть їх очищенню, збережуть ґрунти від ерозії, збільшать потужність родючого гумусового шару та загалом покращать енергетичний і екологічний стан країни.

Варто враховувати, що протягом останніх 20 років у нашій країні спостерігається змішаний тип погоди, коли протягом одного вегетаційного періоду відбуваються тривалі похолодання навесні, аномальні погодні явища з екстремально високими температурами влітку та зливи з надмірною кількістю опадів. Зміна клімату в Україні відбувається приблизно за тим самим сценарієм, що й на планеті: середньорічна приземна температура підвищилася приблизно на $0,6^{\circ}\text{C}$, а в північних і північно-східних регіонах – на 1°C ; одночасно амплітуда сезонного ходу температури знизилася на $0,4^{\circ}\text{C}$. Річна сума опадів у північно-західних районах зменшилася на 10–15%.

Одна з небагатьох позитивних кліматичних змін полягає в тому, що теплий період року стає довшим, а це означає, що тривалість фотосинтезу збільшується завдяки теплій пізній осені, м'якій зимі та ранній весні. Тобто період активного використання сонячної енергії культурними рослинами для фотосинтезу, коли температура повітря становить $18\text{--}27^{\circ}\text{C}$, суттєво подовжується.

З огляду на ці природні зміни, підбір культур та технологій створення енергетичних плантацій для виробництва біопалива потрібно здійснювати з урахуванням ґрунтово-кліматичних ресурсів [21].

Так, зробивши детальний аналіз наукових досліджень робіт проведених як вітчизняними та іноземними науковцями визначено, що поміж енергетичних культур найбільшу вегетативну масу нарощували рослини міскантусу та сільфію пронизанолистого. За їх даними, урожайність міскантусу становила $54,6\text{ т/га}$ із застосуванням добрив, а сільфію пронизанолистого – відповідно $54,3\text{ т/га}$, тоді як сіди багаторічної була на рівні $49,9\text{ т/га}$ (Рис. 1) [8, 22].

Як бачимо з рисунка 1, найнижчу врожайність спостерігали у сорго багаторічного ($40,1\text{ т/га}$) за однакового удобрення дозою $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$. При цьому продуктивність сіди багаторічної складала $49,9\text{ т/га}$ із застосуванням добрив.

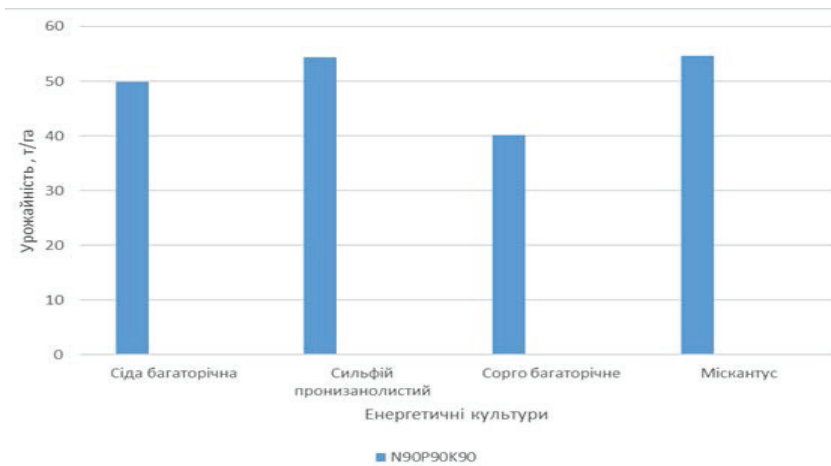


Рис. 1. Урожайність зеленої маси енергетичних рослин, т/га

Водночас, необхідно відмітити, що відносний приріст зеленої маси досліджуваних енергетичних культур був найвищим на другий рік вирощування для всіх культур і складав 20–120%. На третій рік вирощування темпи приросту знизилися і становили відносно другого року 10–70%. Найбільший приріст спостерігався при вирощуванні сильфію пронизанолистого із застосуванням добрив, а найменший – при вирощуванні сорго багаторічного. Так, на думку науковців зменшення відносного приросту могло бути спричинене недостатньою кількістю вологи у ґрунті та браком елементів живлення, таких як мікроелементи, а також зниженням температури.

Не секрет, що енергетичні рослини вирощують з метою отримання високо рентабельної сировини для енергетичного ринку країни. Енергоресурси в умовному вимірі (умовне паливо) – це спосіб вираження кількості палива та енергії в загальних енергетичних одиницях. В Україні в національній практиці як одиницю енергії використовують тонну умовного палива (т у. п.), що еквівалентно тонні умовного палива вугільного еквівалента (ТВЕ).

Умовне паливо – це одиниця обліку органічного палива, яка застосовується для порівняння ефективності різних видів палива та їх загального обліку. За одиницю умовного палива приймається 1 кг палива з питомою теплотою згоряння 7000 ккал/кг. У нафтогазовій геології для розрахунку запасів родовищ умовне паливо визначається як 1 млрд м³ природного газу, що еквівалентно 1 млн т умовного палива [8].

Ми здійснили розрахунок необхідної сировини енергетичних культур для утворення 1 кг умовного палива на основі експериментально отриманого виходу енергії (рис. 2). Перерахунок проводився з урахуванням використання для виробництва біопалива сухої маси стебел. Найвищий вихід умовного біопалива було встановлено у сіди багаторічної – 8,28 т/га, тоді як у міскантуса цей показник був трохи меншим і становив 8,08 т/га.

Вихід умовного біопалива з рослин сорго багаторічного був значно нижчим порівняно з сідою багаторічною та міскантусом, що пояснюється незначним виходом стеблової маси цієї рослини, обумовленою її біологічною особливістю. Показник умовного біопалива для сорго багаторічного становив 4,95 т/га.

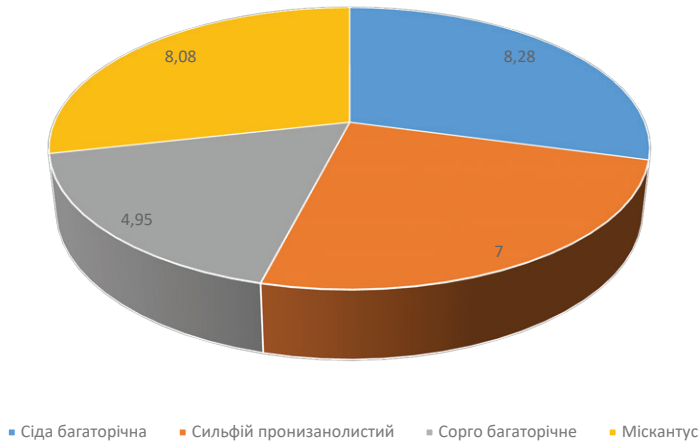


Рис. 2. Вихід умовного палива з фітосировини багаторічних енергетичних культур, га

В Україні на сьогоднішній день створено сорти рослин фітоенергетичного напрямку для різних видів біопалива: рідкого (етанол, біодизель тощо), газового, твердого (брикети, пелети) та інших. Для виробництва біопалива доцільно вирощувати не лише традиційні, але й малопоширені енергетичні культури, особливо багаторічні, які є більш врожайнішими, менш енерговитратними та можуть вирощуватися на землях, непридатних для традиційних сільськогосподарських культур.

Висновки. Енергетичні культури – це рослини, які спеціально вирощуються для використання як паливо або для виробництва біопалива. Тому особливу важливість має вирощування нових видів високопродуктивних багаторічних енергетичних рослин, що дозволяють щорічно отримувати необхідний обсяг біомаси. Ці енергетичні рослини характеризуються високим урожаєм і малими вимогами до вирощування.

Найбільш продуктивними багаторічними рослинами виявилися сіда багаторічна, яка в середньому за період вегетації здатна давати врожай на рівні 49,9 тонн на гектар. Дослідження підтвердило, що використання високоврожайних культур для виробництва твердого біопалива є важливим напрямом у біоенергетиці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Gupta V. K., Tuohy M. G., Kubicek C. P., Saddler J. Bioenergy Research: Advances and Applications: textbook. Oxford. 2014. p. 500.
2. Hryhoriv Ya., Lyshenko M., Butenko A., Nechyporenko V., Makarova V., Mikulina M., Bahorka M., Tymchuk D. S., Samoshkina I., Torianyk I. Competitiveness and Advantages of Camelina sativa on the Market of Oil Crops. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 2023, 24(4), pp. 97–103 <https://doi.org/10.12912/27197050/161956>
3. Титко Р., Калініченко В. Відновлювальні джерела енергії (Досвід Польщі для України). Варшава: QWG, 2010. 15 с.
4. Juodka, R., Nainienė, R., Juškienė, V., Juška, R., Leikus, R., Kadžienė, G., & Stankevičienė, D. Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) as feedstuffs in meat type poultry diet: A source of protein and n-3 fatty acids. *Animals*, 12(3), 2022. P. 295. <https://doi.org/10.3390/ani12030295>

5. Riaz, R., Ahmed, I., Sizmaz, O., & Ahsan, U. Use of *Camelina sativa* and by – products in diets for dairy cows: Are view. *Animals*, 12 (9), 2022. P. 1082. <https://doi.org/10.3390/ani12091082>
6. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні / Г. Г. Гелету́ха, Т. А. Желе́зна, П. П. Кучеру́к, Є. М. Олі́йник. *Аналітична записка БАУ*. 2014. № 9. С. 9–10.
7. Рижук С. М., Слюсар І. Т., Вергунов В. А. Агроекологічні особливості високоефективного використання осушуваних торфових ґрунтів Полісся і Лісостепу. Київ: Аграр. наука, 2002. 136 с.
8. Prospectives of Growing Energy Crops for the Production of Different Types of Biofuel. Hryhoriv Ya., Butenko Ye., Kabanets V., Filon V., Kriuchko L., Bondariva L., Mikulina M., Yevtushenko Ye., Polyvanyi A., Kovalenko V. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 25(5), 2024, P. 191–197 <https://doi.org/10.12912/27197050/185710>
9. Корнійчук О. В. Потенціал рослинницької галузі України у формуванні біопаливного виробництва. *Вісник аграрної науки*. № 5. 2022. с. 33–41.
10. Кургак В. Г., Левковський А. М., Єфремова Г. В., Лещенко О. Ю. Біоенергетичний потенціал багаторічних трав'янистих фітоценозів України. Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Вип. 19. 2013. С. 63–67.
11. Kurhak V. H., Tkachenko M. A., Asanishvili N. M. Energy productivity of uncommon herbs for solid fuel manufacturing. *Ukrainian J. of Ecology*. No 1. 2021. P. 299–305. doi: 10.15421/ 2021_45.
12. Кургак В. Г., Ткаченко А. М. Біоенергетичний потенціал багаторічних трав'янистих фітоценозів. *Вісник аграрної науки*. No 2. 2016. С. 15–20.
13. Гелету́ха Г. Г., Желе́зна Т. А., Жовмір М. М. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. *Промислова теплотехніка*. Т. 32. No 6. 2010. С. 58–65.
14. Kurgak V. G. Panasyuk S. S., Asanishvili N. M. Influence of perennia llegume son the productivity of meadow phytocenoses. *Ukrainian J. of Ecology*. No 6. 2020. P. 310–315. doi: 10.15421/ 2020_298
15. Petrychenko V., Kurgak V., Rybak S. Bioenergy potential of meadows of Ukraine. *Grassland Federation*. 2014. P. 143–145.
16. Гелету́ха Г. Г., Желе́зна Т. А., Олі́йник Е. М. Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні. *Промислова теплотехніка*. Т. 35. No 4. 2013. С. 5–15.
17. Думич В. В. Журба Г. І., Курило Г. І. Техніко-технологічні заходи для закладання енергоплантації свічграсу в умовах Полісся України. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*. Вип. 19. 2013. С. 37–42.
18. Роїк М., Курило В., Гументик М. Ефективність вирощування високопродуктивних енергетичних культур. *Вісник Львівського НАУ*. No 15(2). 2011. С. 12–13.
19. Кургак В. Г. Лучні агрофітоценози: підручник. Київ: ДІА, 2010. 374 с.
20. Бенцаровський Д. М., Дацько Л. В. Зміна родючості ґрунтів України під впливом сільськогосподарського використання. *Охорона родючості ґрунтів*. Вип. 1. 2004. 123 с.
21. Семенчук В. Г. Вирощування міскантусу гігантського як сировини для виробництва твердих видів палива на схилових угіддях південно-західного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. № 10. 2021. С. 45–50.
22. Радченко М.В. Особливості вирощування сіди багаторічної залежно від елементів технології. *Аграрні інновації*. № 16. 2022. С. 66–69.