

УДК 631.67:633.2:662.6(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.29>

АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БАГАТОРІЧНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА МАЛОРОДЮЧИХ ҐРУНТАХ

Чумбей В.В. – к.с.-г.н.,

завідувач кафедри агрономії,

Івано-Франківський фаховий коледж Львівського національного університету

природокористування

orcid.org/0009-0001-0398-1276

Зайка В.К. – д.б.н., професор,

професор кафедри лісового і аграрного менеджменту,

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

orcid.org/0000-0002-2206-772X

Шеленко Д.І. – д.е.н., професор,

професор кафедри підприємництва, торгівлі та прикладної економіки,

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

orcid.org/0000-0002-9214-7258

Дмитрик П.М. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри лісового і аграрного менеджменту,

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

orcid.org/0000-0003-1973-391X

Гусак В.В. – д.філос., доцент,

доцент кафедри біохімії та біотехнології

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

orcid.org/0000-0001-9415-9837

Турак О.Ю. – к.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри лісового і аграрного менеджменту,

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

orcid.org/0009-0006-2429-3356

Вичерпання традиційних енергетичних ресурсів та зростання їхньої вартості негативно впливають на собівартість виробництва сільськогосподарської та промислової продукції, що, у свою чергу, знижує її конкурентоспроможність на світовому ринку. У зв'язку з цим одним із ключових завдань державної політики є підвищення ефективності використання наявних паливно-енергетичних ресурсів і впровадження стратегії диверсифікації джерел та маршрутів постачання енергії.

Україна має сприятливі природно-кліматичні, економічні та агротехнологічні умови для масштабного впровадження сучасних технологій вирощування та переробки біомаси енергетичних культур. Інтенсифікація біоенергетичного сектору сприятиме підвищенню енергетичної безпеки держави, покращенню екологічного стану окремих регіонів та створенню додаткових робочих місць для місцевого населення.

У дослідженні розглянуто агротехнологічні засади вирощування малопоширених енергетичних культур, проаналізовано наукові підходи вітчизняних і зарубіжних дослідників щодо вибору оптимальних ґрунтово-кліматичних умов та перспективних видів культур для використання їхньої біомаси як сировини в енергетичному секторі. Акцентовано увагу на необхідності вдосконалення технологічних елементів вирощування з метою підвищення продуктивності та збільшення виходу біомаси.

У результаті проведених досліджень встановлено, що найбільше накопичення вегетативної маси спостерігалось у рослин міскантуса гігантського та сільфії пронизанолистої.

Урожайність міскантуса гігантеусу становила 39,0 т/га за умов вирощування без добрив і підвищувалася до 52,5 т/га за внесення мінерального живлення. У сільфії пронизанолістої відповідні показники сягали 36,5 т/га та 52,4 т/га.

Встановлено, що міскантус гігантеус та сіда багаторічна характеризуються високою продуктивністю надземної біомаси, що робить їх перспективними культурами для виробництва біогазу як виду біопалива.

Ключові слова: енергетичні культури, біомаса, малопродуктивні землі, міскантус гігантеус, сіда багаторічна, сільфія пронизаноліста, сорго багаторічне, урожайність, удобрення, мінеральне живлення, біогазовий потенціал, агротехнологія.

Zaika V.K., Shelenko D.I., Dmytryk P.M., Husak V.V., Klid V.V., Turak O.Yu., Agrobiological and Energy Potential of Perennial Energy Crops on Low-Productivity Soils

The depletion of traditional energy resources and the rising cost of their extraction negatively affect the production cost of agricultural and industrial goods, which in turn reduces their competitiveness on the global market. In this context, one of the key objectives of state policy is to improve the efficiency of existing fuel and energy resource use and to implement a strategy for diversifying energy sources and supply routes.

Ukraine possesses favorable natural-climatic, economic, and agrotechnological conditions for the large-scale implementation of modern technologies for cultivating and processing biomass from energy crops. The intensification of the bioenergy sector will contribute to enhancing the country's energy security, improving the environmental situation in certain regions, and creating additional employment opportunities for the local population.

This study examines the agrotechnological principles of cultivating underutilized energy crops and analyzes the scientific approaches of domestic and foreign researchers regarding the selection of optimal soil and climatic conditions and promising crop species for biomass use as raw material in the energy sector. Particular attention is paid to the need to improve cultivation technologies to increase productivity and biomass yield.

The results of the study show that the highest accumulation of vegetative mass was observed in *Miscanthus × giganteus* and *Silphium perfoliatum*. The yield of *Miscanthus × giganteus* was 39.0 t/ha under unfertilized conditions, increasing to 52.5 t/ha with the application of mineral fertilizers. In *Silphium perfoliatum*, the corresponding figures were 36.5 t/ha and 52.4 t/ha, respectively.

It was established that *Miscanthus giganteus* and perennial *Sida hermaphrodita* are characterized by high aboveground biomass productivity, making them promising crops for biogas production as a type of biofuel.

Key words: energy crops, biomass, low-productive lands, *Miscanthus giganteus*, switchgrass (*Panicum virgatum*), cup plant (*Silphium perfoliatum*), perennial sorghum, yield, fertilizer application, mineral nutrition, biogas potential, agrotechnology.

Актуальність теми дослідження. Розвиток і впровадження технологій виробництва біопалива з відновлюваних джерел, зокрема з рослинної біомаси, відіграють ключову роль у зниженні енергетичної залежності України. В умовах зростання вартості традиційних енергоресурсів біомаса як поновлюване джерело енергії набуває дедалі більшого значення у глобальному енергетичному балансі. Станом на сьогодні приблизно 80% світових поставок енергоносіїв становить невідновлюване викопне паливо [1, 2]. У світовій структурі виробництва первинної енергії біомаса посідає четверте місце, забезпечуючи близько 10% загального обсягу. У країнах Європейського Союзу середній рівень споживання енергії з біомаси становить 7%, тоді як у провідних державах ЄС – Латвії, Фінляндії, Швеції, Данії, Австрії – цей показник коливається в межах 16–28%. Натомість в Україні частка біомаси в енергетичному балансі становить трохи більше 1%. Серед усіх типів біомаси домінує тверда біомаса, яка охоплює близько 80% загального обсягу біоенергетичних ресурсів, з варіативністю використання від 0% до 94% залежно від країни; найвищий рівень її застосування зафіксовано у Фінляндії. Україна має значний потенціал для розширення використання біомаси в енергетичних цілях і володіє усіма необхідними передумовами для широкомасштабного впровадження цього виду відновлюваної енергії [3, 4].

В умовах воєнного стану загострилися проблеми, пов'язані з постачанням енергоносіїв, що негативно позначається не лише на економічному розвитку, екологічному стані та рівні добробуту населення, а й посилює енергетичну залежність України від імпорту. Така ситуація актуалізує необхідність активного пошуку та впровадження альтернативних джерел енергії як стратегічного напрямку забезпечення енергетичної безпеки держави [5-7].

Згідно з проведеними оцінками, Україна володіє значним потенціалом для виробництва рослинних біоенергетичних ресурсів. Теоретичний обсяг біомаси оцінюється на рівні близько 50 млн тонн умовного палива, тоді як економічно доцільний потенціал становить від 2 до 28 млн тонн. Зокрема, виробничий потенціал нетрадиційних багаторічних трав'янистих енергетичних культур, таких як силфій, топінамбур, міскантус та сіда багаторічна, оцінюється на рівні 0,60 і 0,35 млн тонн відповідно [8-10].

Постановка проблеми. Застосування нових високопродуктивних трав'янистих енергетичних культур, які поки що не набули широкого поширення в аграрному секторі України, має низку суттєвих переваг. Потенціал теплової енергії, що може бути отриманий з одного гектара посівів таких культур, варіюється залежно від виду [11]. Зокрема, серед багаторічних культур найвищу енергетичну віддачу для виробництва твердого біопалива демонструють сіда багаторічна та міскантус [12].

У процесі виведення з інтенсивного сільськогосподарського використання земель, розташованих у зонах агроландшафтів, схильних до ерозійних процесів (зокрема, тих, що призначені під заліснення або природні кормові угіддя), доцільним є залучення частини таких територій для вирощування багаторічних трав'янистих культур, зокрема малопоширених. Ці культури не лише сприяють збереженню ґрунтів завдяки протиерозійним властивостям, але й можуть слугувати ефективним джерелом біосировини для виробництва твердих видів біопалива (паливні брикети, гранули) у сільській місцевості [13, 14]. Аналіз наукових джерел [15-17] свідчить про обмежену кількість досліджень, присвячених оцінці енергетичного потенціалу багаторічних трав'янистих фітоценозів в умовах України та шляхам підвищення їх енергетичної продуктивності. Актуальність подальших наукових розвідок у цьому напрямі зростає в контексті постійного підвищення вартості невідновлюваних джерел енергії та скорочення попиту на трав'яні корми через зменшення поголів'я великої рогатої худоби [18].

Одним із пріоритетних напрямів досліджень та практичної діяльності в аграрній сфері є удосконалення і адаптація технологій вирощування сільськогосподарських культур із одночасним обґрунтуванням їх економічної ефективності та енергетичної доцільності. Особлива увага приділяється врахуванню специфіки ґрунтово-кліматичних умов конкретного регіону, що дозволяє оптимізувати агротехнічні заходи, підвищити продуктивність рослинництва та забезпечити сталий розвиток аграрного сектору [19]. Такий підхід сприяє раціональному використанню природних ресурсів, зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та підвищенню конкурентоспроможності продукції на внутрішніх і зовнішніх ринках.

Використання енергетичних рослин у виробничій практиці України наразі перебуває на стадії експериментальних досліджень, що свідчить про початковий рівень впровадження цих технологій у аграрний сектор. Для успішної інтеграції вирощування енергетичних культур необхідна системна та цілеспрямована науково-практична діяльність, яка передбачає розробку адаптованих агротехнічних заходів, оцінку економічної ефективності та екологічної безпеки, а також

формування сприятливих нормативно-правових умов. Важливо впроваджувати міждисциплінарні дослідження, що охоплюють як біотехнологічні аспекти, так і питання сталого розвитку, що дозволить максимально ефективно використовувати потенціал енергетичних рослин у контексті енергетичної безпеки країни [20].

Аналіз сучасних наукових публікацій та літературних джерел свідчить про зростаючу перевагу рослинних відновлювальних біопалив як перспективного напрямку розвитку енергетики. Упродовж останніх років значна кількість дослідників зосереджує увагу на вдосконаленні технологій вирощування малопоширених енергетичних культур. У країнах з високим рівнем економічного розвитку вже широко впроваджуються ефективні технологічні підходи до культивування та використання таких рослин. Водночас дослідження, присвячені вивченню динаміки приросту біомаси енергетичних культур, залишалися недостатньо розвиненими. Отже, метою даного дослідження стало розроблення технології вирощування енергетичних рослин із подальшим аналізом впливу регуляторів росту на продуктивність їх біомаси.

Методика досліджень. Метою нашої роботи було дослідити особливості вирощування малопоширених енергетичних рослин та оцінити продуктивність цих культур з метою підвищення їхнього енергетичного потенціалу в умовах аграрного виробництва України.

Дослідження проводились впродовж 2023-2024 рр. на дерново-підзолистому поверхнево-оглеєному ґрунті в ФГ «Житні Лани». За механічним складом вони відносяться до важкоглинистих із крупнопилюватою структурою та потужним гумусовим горизонтом завтовшки 45 см. Агрохімічні характеристики ґрунту включають кислотність (рН 4,4), що відповідає кислим ґрунтам, а також вміст гумусу на рівні 2,71 %. Щодо основних макроелементів живлення (NPK), забезпеченість азотом та фосфором була низькою і становила відповідно 78,0 та 45,0 мг/кг, тоді як вміст калію знаходився на середньому рівні – 98,0 мг/кг.

Об'єктом дослідження стали чотири біоенергетичні культури: сіда багаторічна (*Sida hermaphrodita* Rusby) сорту «Фітоенергія», сорго багаторічне (*Sorghum alnum* Parodi) сорту «Колумбо», міскантус гігантеус (*Miscanthus giganteus* G.) сорту «Осінній зорецвіт» та сильфій пронизанолистий (*Silphium perfoliatum* L.) сорту «Сонечко». Вирощування культур здійснювалося на фоні внесення мінеральних добрив у нормі $N_{65}P_{65}K_{65}+N_{25}$.

Дослід організовано за схемою рандомізованих блоків із чотирикратною реплікацією. Загальна площа дослідного поля становила 350 м², при цьому площа облікової ділянки – 15 м². В межах досліді проводився комплекс агротехнічних заходів, що відповідали загальноприйнятим практикам, за винятком окремих технологічних прийомів, які були предметом дослідження.

Основним об'єктом аналізу була продуктивність біоенергетичних культур на малопродуктивних землях. Для оцінки ефективності застосовувалися комплексні показники врожайності біомаси та її енергетичного потенціалу. Результати оброблялися за допомогою статистичних методів для встановлення достовірності отриманих даних.

На всіх варіантах експерименту проводили фенологічні спостереження згідно з методикою, рекомендованою Державною комісією з сортовипробування сільськогосподарських культур. Врожайність визначали за методом суцільної облікової ділянки з подальшим перерахунком на гектар.

Результати досліджень. В Україні з близько 30 млн га сільськогосподарських земель приблизно 4 млн га припадає на малопродуктивні угіддя, які можуть бути

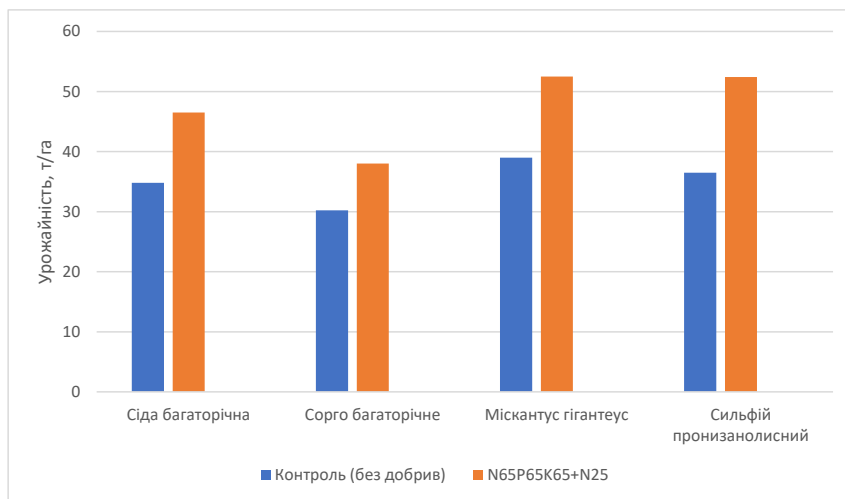
ефективно використані для вирощування енергетичних культур. Одним із ключових завдань для науковців і сільськогосподарських виробників є розробка та оптимізація технологій вирощування цих культур, а також економічне і енергетичне обґрунтування відповідних технологічних процесів із урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей регіону. Наразі в країнах Європейського Союзу близько 13,0 млн га сільськогосподарських земель придатні для вирощування біоенергетичних культур. За оцінками Європейської комісії, приблизно 10 % загальної площі сільськогосподарських угідь має бути використано під енергетичні культури.

В Україні активно ведеться науково-дослідна діяльність у сфері вирощування енергетичних культур. Станом на сьогодні дослідники вивчають понад 20 видів швидкорослих рослин, вирощування яких є доцільним з метою отримання рослинної біомаси. До групи енергетичних культур відносять як олійні культури, з яких виробляють рідке біопаливо, так і багаторічні трав'янисті види, що використовуються як сировина для виготовлення твердого палива у вигляді гранул та брикетів.

На сьогодні в Україні нараховується близько 3,5 млн гектарів земель, які були виведені з інтенсивного сільськогосподарського використання через низьку родючість, деградаційні процеси та ерозійну небезпеку. Використання цих угідь для вирощування високопродуктивних і швидкорослих біоенергетичних культур є доцільним, оскільки такі агроєкосистеми сприяють зменшенню ерозійних процесів, поліпшенню структури ґрунту, збагаченню гумусового горизонту та підвищенню загального енергетичного й екологічного потенціалу країни.

Продуктивність енергетичних культур безпосередньо визначається комплексом ґрунтово-кліматичних чинників, серед яких ключову роль відіграє забезпечення оптимального рівня мінерального живлення шляхом раціонального застосування добрив з метою підтримання балансу основних елементів живлення в агроєкосистемі.

Уніфікована система удобрення та погодні умови по-різному позначилися на врожайності різних енергетичних культур, демонструючи неоднакову реакцію рослин на однакові агротехнічні чинники (рис. 1).



$HR_{05}=1,54$

Рис. 1. Врожайність зеленої маси енергетичних культур, середнє за 2023-2024 рр.

У результаті проведених досліджень встановлено, що найбільше накопичення вегетативної маси спостерігалось у рослин міскантуса гігантеусу та сільфії пронизанолистої. Урожайність міскантуса гігантеусу становила 39,0 т/га за умов вирощування без добрив і підвищувалася до 52,5 т/га за внесення мінерального живлення. У сільфії пронизанолистої відповідні показники сягали 36,5 т/га та 52,4 т/га.

Найнижчі показники урожайності зафіксовано у сорго багаторічного – 30,2 т/га на контрольному варіанті та 38,0 т/га за внесення добрив. Урожайність сіди багаторічної становила 34,8 т/га за умов вирощування без удобрення та зростала до 46,5 т/га при застосуванні мінерального живлення.

Встановлено, що впродовж усього періоду досліджень урожайність біоенергетичних культур на варіантах із внесенням добрив була суттєво вищою порівняно з контрольними ділянками без удобрення. Зокрема, для сіди багаторічної приріст урожайності становив 35,5%, тоді як для сорго багаторічного – 29,6%. Дослідження підтвердили вищу чутливість сіди багаторічної до мінерального живлення, оскільки її приріст урожайності перевищував аналогічний показник у сорго багаторічного на 5,9%.

На основі отриманих даних урожайності біоенергетичних культур було розраховано вихід умовного палива. Енергетичний потенціал біомаси виражали у тоннах умовного палива (т у. п.), що є загальноприйнятою енергетичною одиницею в Україні. Цей показник відображає кількість енергії, яка еквівалентна теплотворній здатності однієї тонни вугілля і використовується для уніфікованої оцінки різних видів енергетичної сировини.

Умовне паливо застосовується як стандартна енергетична одиниця для порівняльної оцінки ефективності та обліку різних видів палива. Воно визначається як теплова енергія, що утворюється при повному згорянні 1 кг палива з теплою згоряння 7000 ккал/кг. У нафтогазовій геології усталеною практикою є конвертація 1 млрд м³ природного газу у 1 млн тонн умовного палива. У рамках нашого дослідження було проведено розрахунки необхідної кількості біомаси з енергетичних культур для отримання 1 кг умовного палива, використовуючи результати польового експерименту.

У результаті проведених досліджень було визначено розрахунковий вихід біогазу з урожаю енергетичних культур. Залежно від біологічних особливостей сортів, обсяг потенційного виходу біогазу коливався у межах від 3016 до 4315 м³ з одного гектара (рис. 2).

За результатами проведених досліджень встановлено, що міскантус гігантеус та сіда багаторічна характеризуються високою продуктивністю надземної біомаси, що робить їх перспективними культурами для виробництва біогазу як виду біопалива.

За останні роки в Україні спостерігається суттєве збільшення площ, відведених під енергетичні культури, що забезпечує потенціал їх використання як сировини для виробництва біогазу до 50 млн га. Економічно доцільним є застосування міскантуса гігантеуса та сіди багаторічної, які можуть ефективно вирощуватися на малопродуктивних та виведених із сівозміни землях.

Ключовим показником при оцінці енергетичних культур є енергетична віддача на одиницю маси (рис. 3.).

Найвищі значення енергетичної віддачі спостерігаються у сіди багаторічної та міскантуса гігантеуса і становлять відповідно 4018 та 4044 ккал/кг. Енергетична продуктивність сільфії пронизанолистої та сорго багаторічного перевищує 3776 та 3112 ккал/кг відповідно.

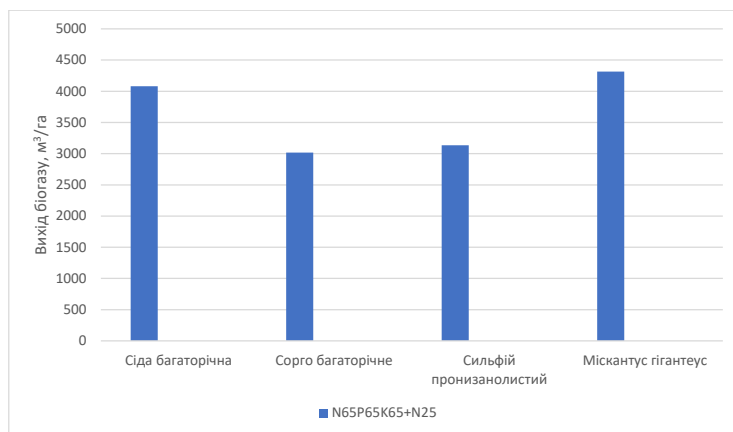


Рис. 2. Продуктивність біогазу з фітосировини багаторічних енергетичних рослин, вирощених на малопродуктивних землях

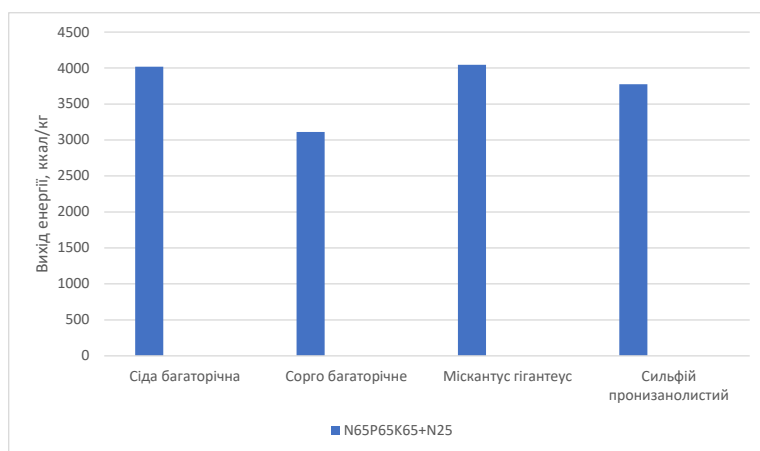


Рис. 3. Енергетична віддача фітосировини багаторічних енергетичних культур

Окрім використання основної фітосировини енергетичних культур для виробництва біопалива, доцільним є також залучення побічної продукції як джерела теплової енергії. Показники енергетичного виходу свідчать про можливість комплексного, безвідходного використання високопродуктивних енергетичних культур як для отримання біогазу, так і для генерації теплової енергії з побічних продуктів.

Висновки. Одним із пріоритетних напрямів розвитку фітоенергетики є залучення високопродуктивних рослин для виробництва твердого біопалива та генерації біогазу. В Україні вже створено спеціалізовані сорти енергетичних культур, які придатні для використання як сировина для різних видів біопалива – рідкого (етанол, біодизель), газоподібного та твердого (у вигляді брикетів і пелет). Ефективним підходом у цьому контексті є вирощування не лише традиційних, але й малопоширених багаторічних енергетичних культур, які характеризуються вищою врожайністю, нижчими енергозатратами та здатністю до продуктивного використання малопродуктивних або деградованих земель, непридатних для традиційного агровиробництва.

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. 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*, 2022. 12(3), 295. <https://doi.org/10.3390/ani12030295>
4. Riaz, R., Ahmed, I., Sizmaz, O., & Ahsan, U.. Use of Camelina sativa and by – products in diets for dairy cows: Are view. *Animals*, 2022. 12 (9), 1082. <https://doi.org/10.3390/ani12091082>
5. Heletukha H. H., Zhelezna T. A., Kucheruk P. P., Oliynyk Y. M.. Current State and Prospects of Bioenergy Development in Ukraine. *Analytical Note BAE*. 2014. No. 9. P. 9–10.
6. Рижук С. М., Слюсар І. Т., Вергунов В. А. Агроекологічні особливості високоефективного використання осушених торфових ґрунтів у Поліссі та Лісостепу. Київ: Аграрна наука, 2002. 136 с.
7. Hryhoriv Ya., Butenko A., Kozak M., Rozhko V., Karpenko O., Tatorynova V., Bondarenko O., Nozdrina N., Stavyskyi A., Bordun R. Structure component and yielding Capacity of Camelina sativa. *Agriculture & Forestry*, Vol. 68 Issue 3: 93-102, 2022, Podgorica DOI: 10.17707/AgricultForest.68.3.07
8. 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*, 19, 2013. С. 63–67.
9. Kurhak V. H., Tkachenko M. A., Asanishvili N. M. Energy productivity of uncommon herbs for solid fuel manufacturing. *Ukrainian J. of Ecology*, 1, 2021. P. 299–305. doi: 10.15421/ 2021_45.
10. Hryhoriv Ya., Butenko Ye., Kabanets V., Filon V., Kriuchko L., Bondaričeva L., Mikulina M., Yevtushenko Ye., Polyvanyi A., Kovalenko V. Prospectives of Growing Energy Crops for the Production of Different Types of Biofuel. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 2024, 25(5), pp. 191–197 <https://doi.org/10.12912/27197050/185710>
11. Кургак В. Г., Ткаченко А. М. Біоенергетичний потенціал багаторічних трав'янистих фітоценозів. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 2. С. 15–20.
12. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Жовмір М. М. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2010. № 6. С. 58–65.
13. Kurgak V. G. Panasyuk S. S., Asanishvili N. M. Influence of perennia llegume son the productivity of meadow phytocenoses. *Ukrainian J. of Ecology*, 2020. 6, 310–315. doi: 10.15421/ 2020_298.
14. Petrychenko V., Kurgak V., Rybak S. Bioenergy potential of meadows of Ukraine. *Grassland Federation*, 2014. 2, 143–145.
15. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Олійник Є. М. Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2013. № 4. С. 5–15.
16. Думич В. В., Журба Г. І., Курило Г. І. Технічні та технологічні заходи зі створення енергетичних плантацій свічграсу в умовах Полісся України. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*. 2013. Вип. 19. С. 37–42.
17. Роїк М., Курило В., Гументик М. Ефективність вирощування високоврожайних енергетичних культур. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2011. Т. 15, № 2. С. 12–13.
18. Кургак В. Г. Лугові агрофітоценози. К.: ДІА, 2010. 124 с.
19. Федорчук М. І., Коковихін С. В., Каленська С. М. та ін. Агротехнологічні аспекти вирощування енергетичних культур в умовах Півдня України: навч. посіб. Херсон, 2017. С. 42–45.
20. Бенцаровський Д. М., Дацько Л. В. Зміни родючості ґрунтів України під впливом сільськогосподарського використання. *Охорона родючості ґрунтів*. Вип. 1. 2004. 123 с.