



**КОЛЕКТИВНА
МОНОГРАФІЯ**

Екологоорієнтовані підходи
відновлення техногенно
забруднених територій і
створення сталих екосистем

**Полтавське відділення академії наук
технологічної кібернетики України**

**ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНІ ПІДХОДИ
ВІДНОВЛЕННЯ ТЕХНОГЕННО
ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ І СТВОРЕННЯ
СТАЛИХ ЕКОСИСТЕМ**

Колективна монографія

Полтава – 2022

Рецензенти:

В. І. Троценко, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри рослинництва Сумського національного аграрного університету
М. Я. Шевніков, доктор сільськогосподарських наук, професор, директор Відокремленого структурного підрозділу «Аграрно-економічний фаховий коледж Полтавського державного аграрного університету»

Г. В. Черевко, доктор економічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри економіки Львівського національного університету природокористування

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Полтавським відділенням академії наук технологічної кібернетики України (протокол № 3 від 07.04.2022 р.)

Е 45 Екологоорієнтовані підходи відновлення техногенно забруднених територій і створення сталих екосистем : колективна монографія ; за заг. ред. Т. О. Чайки. Полтава : Видавництво ПП «Астрія», 2022. 452 с.

У колективній монографії викладено результати досліджень щодо відновлення техногенно забруднених територій і створення сталих екосистем. Розглянуто проблеми та перспективи екологізації сільськогосподарського виробництва для відтворення сталих екосистем. Розкрито питання ефективного використання природно-ресурсного потенціалу сільських територій у контексті екологізації та енергозбереження. Наведено напрями та підходи щодо збереження та відновлення природно-ресурсного потенціалу сільських територій. Досліджено інноваційні екологоорієнтовані підходи у відновленні техногенно забруднених територій і розвитку сільських територій. Визначено напрями екологізації методів переробки сільськогосподарської продукції у забезпеченні продовольчої безпеки України.

Розраховано на науковців, викладачів, керівників і спеціалістів органів державного управління, фахівців агроформувань, аспірантів, студентів і всіх, хто цікавиться питаннями щодо відновлення техногенно забруднених територій і створення сталих екосистем.

ISBN 978-617-7915-59-0

Автори вміщених матеріалів висловлюють власну думку, яка не завжди збігається з позицією редакції. За зміст матеріалів відповідальність несуть автори.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	7
РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ СТАЛИХ ЕКОСИСТЕМ	10
1.1. Стратегічні напрями формування екологічно орієнтованого господарювання аграрних підприємств (<i>Багорка М. О., Юрченко Н. І.</i>)	10
1.2. Генетичні ресурси картоплі України та їх раціональне використання (<i>Бондус Р. О., Харченко Ю. В., Фурдига М. М., Міщенко Л. Т., Подгаєцький А. А., Гордієнко В. В., Гордієнко О. В., Коваль В. С.</i>)	18
1.3. Екологічне обґрунтування використання бішофіту на посівах ячменю ярого в умовах Лісостепу України (<i>Горобець М. В.</i>)	28
1.4. Системи захисту фітоценозів пшениці озимої від септоріозу в Поліссі та Лісостепу України (<i>Ключевич М. М., Столяр С. Г., Білоцерківська Л. В.</i>)	36
1.5. Екологоорієнтоване оброблення льоносоломи і температура в розстелених стрічках соломи за її росяного мочіння (<i>Лімонт А. С., Лімонт З. А.</i>)	48
1.6. Сидерати культур проміжного вирощування у відновленні родючості ґрунту та біосеквестрації вуглецю (<i>Міщенко Ю. Г., Шувар І. А., Коваленко І. М.</i>)	56
1.7. Органічне землеробство як основа екологізації сільськогосподарського виробництва (<i>Писаренко В. М., Писаренко П. В., Піщаленко М. А.</i>)	65
1.8. Гречка як важливий складник екологоорієнтованих підходів до збереження і розвитку агроєкосистем (<i>Тригуб О. В., Ляшенко В. В., Чайка Т. О.</i>)	73
1.9. Екологізація вирощування помідорів у приватному секторі методами органічного землеробства (<i>Чайка Т. О., Бараболя О. В., Крикунова В. Ю., Лотиш І. І.</i>)	85
1.10. Органічне аграрне виробництво у забезпеченні сталого розвитку України (<i>Чиж В. І., Харченко В. А.</i>)	95
РОЗДІЛ 2. ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ У КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ	102
2.1. Programme for the ecological and economic development of an innovation-active enterprise in conditions of realization of sustainable development policy risks insurance and change	

management (<i>Antypenko N. V., Marova S. F., Skrypnyk V. V., Zaiats O. V., Paraskieieva A. M.</i>)	102
2.2. Використання сільського зеленого, музейного, подієвого та інших видів туризму як інструментів збереження сільськогосподарських територій (<i>Белікова М. В., Безхлібна А. П., Бут Т. В.</i>)	111
2.3. Формування врожайності біомаси міскантусу гігантського залежно від особливостей вирощування культури (<i>Дековець В. О., Кулик М. І.</i>)	118
2.4. Особливості формування фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи як енергетичної культури в умовах зміни клімату (RCP 6.0) на території Житомирського Полісся України (<i>Костюкевич Т. К.</i>)	127
2.5. Проблеми і оптимізація агроландшафтів півдня України при відтворенні сталих агроєкосистем (<i>Ладичук Д. О., Шапоринська Н. М.</i>)	135
2.6. Екологізація туризму як екологічно збалансований розвиток економіки (<i>Марусей Т. В.</i>)	143
2.7. Розмноження фундука вегетативним методом (<i>Сімченко О. О.</i>)	152
2.8. Вплив природно-кліматичних умов на урожайність і адаптивність гречки (<i>Тригуб О. В., Куценко О. М., Ляшенко В. В., Чайка Т. О.</i>)	159
2.9. Енергетичний студентський кооператив як драйвер розвитку шерінгової економіки (<i>Чала Н. Д., Китаєв А. С., Андросов Є. В.</i>)	166
РОЗДІЛ 3. НАПРЯМИ ТА ПІДХОДИ ЩОДО ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ	176
3.1. Особливості біології та аспекти вирощування малопоширених енергетичних культур в Україні та світі (<i>Дьомін Д. Г., Кулик М. І., Рожко І. І.</i>)	176
3.2. Організація державного управління водними ресурсами відповідно до басейнового принципу (<i>Жукова О. Г., Гончаренко А. В.</i>)	186
3.3. Агроєкологічні особливості вирощування гороху в умовах змін клімату в Вінницькій області (<i>Колосовська В. В.</i>)	193
3.4. Економіко-математичне моделювання портфеля агроєкологічних інвестицій з урахуванням ЦСР (<i>Мареха І. С.</i>)	202
3.5. Сталий розвиток природно-ресурсного потенціалу сільських територій (<i>Сиротюк Г. В.</i>)	210
3.6. Методологія розробки та створення репрезентативних заповідних об'єктів в агроландшафтах (<i>Совгіра С. В., Миколайко В. П.</i>)	218

РОЗДІЛ 3

НАПРЯМИ ТА ПІДХОДИ ЩОДО ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

3.1. Особливості біології та аспекти вирощування малопоширених енергетичних культур в Україні та світі

Дьомін Д. Г., Кулик М. І., Рожко І. І.
Полтавський державний аграрний університет

Сьогоднішні тенденції свідчать про виснаження непоновлюваних джерел енергії та неспинного удорожчання традиційних видів палива. У зв'язку з чим виникає потреба у диверсифікації паливно-енергетичного комплексу й пошуку резервів для виробництва власної екологічно чистої енергії. При цьому важливим чинником зменшення енергозалежності України є використання поновлюваного ресурсу енергетичних культур для виробництва біопалив [297].

Створення власного джерела біоенергетичної сировини для виробництва твердого біопалива сприятиме укріпленню енергетичної безпеки України й зменшить її залежність від імпорту енергетичних ресурсів. Що передбачає досягнення значного екологічного ефекту [298], а саме – вплив на довкілля: родючість ґрунтів, їх водний та повітряні режими, біорізноманіття. Окрім цього, замкнений цикл – від виробника до споживача біопалив дозволить збільшити ефективність виробництва біомаси та знизити вплив на навколишнє середовище [299]. При цьому необхідно звертати увагу на очищення забруднених ґрунтів. В цьому випадку енергокультури можуть успішно виконувати фіторе mediaційну функцію. Адже площі забруднених земель в Україні щороку зростають. Це пов'язано із пестицидним навантаженням, внесенням необґрунтованих доз мінеральних добрив, міграцією поллютантів, радіоактивним забрудненням тощо [300].

Відповідно до твердження Пришляк Н. В., очікується, «що з усіх відновлюваних джерел енергії, найбільший внесок, особливо у коротко- та середньостроковій перспективі, буде отримано від біомаси». При цьому біоенергетичні культури «потенційно можуть стати ваговою альтернативою традиційному паливу в ХХІ столітті» [301].

²⁹⁷ Kaletnik G., Pryshliak N., Tokarchuk D. Potential of production of energy crops in Ukraine and their processing on solid biofuels. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2021. Vol. 22, Issue 3. P. 59–70. doi: 10.12912/27197050/135447

²⁹⁸ Міскантус в Україні. Київ : ТОВ «ЦП «Компрінт», 2019. С. 7.

²⁹⁹ Kulyk M. I., Kurylo V. L., Kalinichenko O. V., Galytska M. A. Plant energy resources: agroecological, economic and energy aspects : monograf. 2019. 160 p.

³⁰⁰ Kulyk M., Galytska M., Samoylik M., Zhornyk I. Phytoremediation aspects of energy crops use in Ukraine. *Agrology*. 2019. Vol. 2, Issue 1. P. 65–73. doi: 10.32819/2617-6106.2018.14020

³⁰¹ Пришляк Н. В. Потенційні можливості вирощування біоенергетичної сировини на виробництво твердого біопалива. *Агроевіт*. 2021. Вип. 1–2. С. 33-45.

Енергетичні культури – трав'янисті рослини, чагарники, швидкоростучі дерева, або інші види рослин, біомаса яких може використовуватися як сировина для виробництва біопалив (твердих, рідких та газоподібних) [302, 303].

З-поміж енергетичних культур, найбільш поширеними на території України, достатньо вивченими за ботаніко-біологічними особливостями та аспектами технології вирощування є представники родини тонконогих: просо прутоподібне, міскантус гігантський та вербових – верба прутувидна [304, 305].

На сьогодні всебічно досліджується значна кількість й малопоширених енергетичних культур [306, 307]. Вивчається їх інтродукційні властивості, елементи технології вирощування й особливості використання їхньої фітомаси. Також обґрунтовуються шляхи, види та способи використання біомаси енергетичних культур для виробництва біопалив [308, 309, 310]. Що спонукає вчених до детального вивчення та обґрунтування агротехнології вирощування малопоширених енергетичних культур.

З-поміж малопоширених енергетичних культур в Україні, на цей час, що змістовно досліджуються у світі задля використання у вигляді сировини для біопалив, виокремлюють наступні: Сорговник поникаючий (*Indiangrass, IndianGrass, Sorghastrum nutans (L.) Nash*), Трава Колумба (*Columbus Grass, Sorghum almum Parodi*) та Біг Блюестем (*Big Bluestem, Angropogon Gerardi*) [311, 312].

Малопоширені енергетичні культури також мають ряд переваг в вирощуванні й використанні біомаси (рис. 1).

³⁰² Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Трибой А. В. Перспективи вирощування и использования энергетических культур в Украине. *Промышленная теплотехника*. 2015. Ч. 2. Т. 37. № 5. С. 58–67.

³⁰³ Кулик М. І., Калініченко О. В. Відновлювані джерела енергії із рослинної сировини : термінологічний словник. Полтава, 2017. 60 с.

³⁰⁴ Кулик М. І., Курило В. Л. Енергетичні культури для виробництва біопалива : довідник. Полтава : РВВ ПДАА, 2017. 74 с.

³⁰⁵ Роїк М. В., Курило В. Л., Гументик М. Я. та ін. Фітоенергетичні культури. *Агроном*. 2013. Вип. 3. С. 193.

³⁰⁶ Рахметов Д. Б. Біологічні основи інтродукції та вирощування нових сортів одно- і багаторічних видів родини Malvaceae в Лісостепу України : дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.09. Київ, 2001. 568 с.

³⁰⁷ Рожко І. І., Дьомін Д. Г., Кулик М. І. Вплив біометричних показників рослин на врожайність біомаси інтродукованих малопоширених енергетичних культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. Вип. (2). С. 114–123. doi: 10.31210/visnyk2021.02.14

³⁰⁸ 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 : Триторія, 2020. С. 109–118.

³⁰⁹ Rozhko I., Kulyk M. The use energy crops in order to improve marginal lands. *Priority directions of science and technology development : The 5 th International scientific and practical conference (January 24–26, 2021)*. Kyiv, 2021. P. 29–34.

³¹⁰ Писаренко П. В., Курило В. Л., Кулик М. І. Агробіомаса та фітомаса енергетичних культур для виробництва біопалива: Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії : колективна монографія / за ред. О. О. Горба, Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб. Полтава : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. С.258–266.

³¹¹ Дьомін Д. Г., Кулик М. І. Перспективні малопоширені енергетичні культури для отримання біологічної сировини та рекультиватії ґрунтів. *Організація діяльності в агропромисловому комплексі та актуальні питання ветеринарії : матеріали I міжнар. спеціал. наук. конф. (м. Хмельницький, 5 березня, 2021 р.)*. Вінниця : Європейська наукова платформа, 2021. С. 7–9.

³¹² Kulyk M., D'omin D., Rozhko I. Reclamation of marginal lands using rare energy crops. In: *European vector of development of the modern scientific researches : collective monograph*. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2021. doi: 10.30525/978-9934-26-077-3-2717

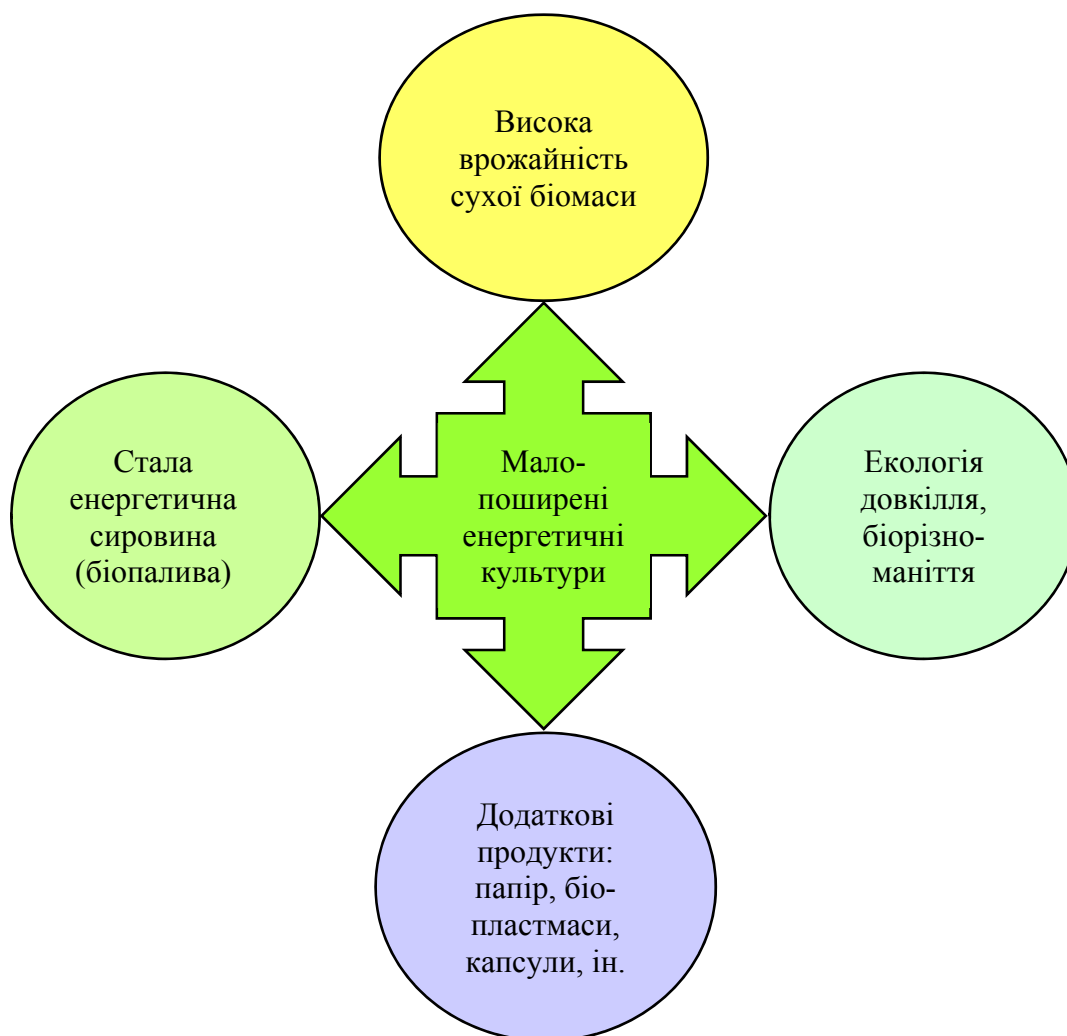


Рис. 1. Переваги вирощування й використання біомаси малопоширених енергетичних культур

Слід відмітити й особливості малопоширених енергетичних культур.

Сорговник поникаючий (*Indiangrass, Indiangrass, Sorghastrum nutans (L.) Nash*) [313 , 314] застосовується для боротьби з ерозією, для озеленення ландшафтів і поліпшення біорізноманіття. Сорговник поникаючий – є злаком теплого сезону в екосистемі високотравних прерій Північної Америки. Природне середовище існування культури – відкриті поля та луки. Рослини пристосовані до ґрунтів з глибоким заляганням вологи, починаючи від важких глинистих ґрунтів і глинистих пісків із діапазоном рН від 4,8 до 8,0. Сорговник має середню толерантність до засолення та посухи. Вегетативна маса відростає з підземних кореневищ (ризом), розмножується також генеративно. Норма висіву насіння в одновидових посівах становить 4–5 кг/га; в сумішках 10–50 % від рекомендованої. Насіння – дуже дрібне, 1 кг має близько 350 000 насінин. Висота рослин сягає 1,8–3,2 м; мінімальна глибина проникнення коріння

³¹³ Henning J. Big bluestem, Indiangrass, and Switchgrass. Bulletin G4673. University of Missouri Cooperative Extension. 1993.

³¹⁴ FAO, 2010. Grassland Index. A searchable catalogue of grass and forage legumes. FAO, Rome, Italy. URL : <https://web.archive.org/web/20170403072111/http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/data/pf000318.htm>.

60–70 см. Врожайність біомаси, відповідно до умов вирощування може бути 10–15 т/га. Сорговник вирощують на одній ділянці до 15 років, а максимальна врожайність біомаси досягається з третього року вегетації.

Андропогон Жерарді або Біг Блюестем (*Big Bluestem, Andropogon gerardii Vitman*) – трав'яниста багаторічна рослина. Використовується для боротьби з ерозією ґрунтів має фіторемедіаційні властивості та може використовуватись в тваринництві, поліпшує біорізноманіття. Походять рослини з Північної Америки, мають толерантність до широкого спектру ґрунтових умов і рівнів вологості. Урожайність біомаси близька до врожайності Сорговника поникаючого, Колумбової трави і Світчграсу – саме тому, все частіше, він розглядається як потенційна сировина для альтернативних видів палива та целюлози, включаючи паливні гранули і целюлозний етанол. При використанні в виробництві гранульованої сировини з біомаси або інших варіантів застосування, що вимагають сухої речовини, Біг Блюестем слід збирати восени, щоб мінімізувати втрату сухої біомаси, так як, найчастіше, він вилягає за зиму. Деякі дослідження показали, що біомаса Біг Блюестем має меншу зольність, ніж у інших спеціалізованих енергетичних культур. Тому Біг Блюестем застосовують як сировину для виробництва біопалив.

Висота рослин Біг Блюестему сягає 1,8–2,5 м; мінімальна глибина проникнення коріння 50 см; має високу посухостійкість і помірну солестійкість. Норма висіву насіння в одновидових посівах становить 4,5–6 кг/га; в сумішках 10–50 %. Насіння – дуже дрібне, 0,5 кг має близько 288 000 насінин. Врожайність біомаси становить 10–12 т/га. Біг Блюестем вирощують на одній ділянці 12–14 років, а максимальна врожайність біомаси досягається з третього року вегетації [315].

Сорго багаторічне (Трава Колумба, *Columbus Grass, Sorghum alatum Parodi*). Наразі ця культура поширена по всьому світу (в межах 25° північної широти та 30° південної довготи і висоти над рівнем моря до 700 м). Це типовий природний багаторічник, злак теплого сезону [316].

Сорго багаторічне відрізняється високою урожайністю біомаси і насіння, має високу морозостійкість. Вирощують цю культуру за певною технологією [317]. Рослини формують значну кількість пагонів й мають товсті короткі кореневища, основна маса кореневої системи розташовується на глибині 1,8–2,5 м. Стебла товсті і тверді, можуть досягати до 4,5 м. Листки довгі, ланцетні, завширшки 2,5–4,0 см, покриті восковим нальотом. Суцвіття являє собою велику пірамідальну волоть з

³¹⁵ Kulyk M., D'omin D., Rozhko I. Reclamation of marginal lands using rare energy crops. European vector of development of the modern scientific researches : collective monograph / edited by authors. 2nd ed. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2021. P. 136–157. doi: 10.30525/978-9934-26-077-3-27

³¹⁶ Chable V., Nuijten E., Costanzo A., Goldringer I., et al. Embedding Cultivated Diversity in Society for Agro-Ecological Transition. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. P. 784. doi:10.3390/su12030784

³¹⁷ D'omin D., Kulyk M., Rozhko I. Agroecological fundamentals of creation of artificial phytocenoses of energy crops for recultivation. *Innovative Approaches to Ensuring the Quality of Education, Scientific Research and Technological Processes : series of monographs* /Ed. M. Gawron-Lapuszek, Y. Suchukova. Katowice : Publishing House of University of Technology, 2021. P. 1035–1041.

вторинними і третинними гілочками, які зазвичай поникають у міру дозрівання насіння. Цвітіння відмічають після 8 тижнів після сівби. Перехреснозапильна культура [318].

Оптимальними умовами вирощування для сорго багаторічного є річна кількість опадів від 460 до 760 мм, середня денна температура від 15 до 22°C. Його вирощують на родючих, добре дренованих й суглинкових ґрунтах або важких глинистих, з рН ґрунту від 5,0 до 8,5. Багаторічне сорго може витримувати тривалі періоди посухи, але не витримує перезволоження або затоплення. Ріст й розвиток рослин погіршується при понижених температурах, але вони можуть перенести легкі заморозки, якщо рослини добре укорінилися. Сорго є толерантним до широкого спектру ґрунтових умов і рівнів вологості; наявна висока посухостійкість; помірна солестійкість [319].

Норми висіву насіння для сорго становить 8,5–10 кг/га. Врожайність біомаси 18–20 т/га. Сорго багаторічне вирощують на одній ділянці до семи років, а максимальна врожайність біомаси досягається з другого року вегетації [317].

Отже, за морфо-біологічними особливостями малопоширених енергетичних культур можна зробити узагальнення щодо можливості рослинами продукувати значний обсяг біомаси при тривалому вирощуванні. При цьому за їх вирощуванні на маргінальних землях, окрім ґрунтових умов необхідно приділяти увагу впливу і розподілу основних ресурсів, таких як вода та азот, в екосистемах. Наприклад, з метою вивчення цього впливу в природньому середовищі, автори [320] дослідили вплив довготривалого застосування зрошення та внесення азоту на екофізіологічні характеристики рослин: Біг Блюестему та Сорговника поникаючого. Обидва види реагували на зрошення з підвищеним водним потенціалом і зниженим при внесенні азотних добрив. Однак, лише у Сорговника поникаючого чистий фотосинтез і провідність продихів були збільшеними при додаванні води та азоту. Проте Бородач Жерарді навпаки, відносно не реагував на досліджувані чинники.

Вивчаючи малопоширені енергетичні культури в умовах Степу України [321, 322], дослідники встановили, що з-поміж видового складу кращі біометричні показники рослин та врожайність за сухою біомасою

³¹⁸ Kulyk M., Shokalo N., Dinets O. Morphometric indices of plants, biological peculiarities and productivity of industrial energy crops. Development of modern science: the experience of European countries and prospects for Ukraine : monograph. Riga, Latvia : «Baltija Publishing», 2019. P. 411–431. doi: 10.30525/978-9934-571-78-7

³¹⁹ Cook B. G., Pengelly B. C., Brown S. D., et al. Tropical forages. CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia. 2005. URL : <https://www.feedipedia.org/node/378>.

³²⁰ Silletti A. M., Knapp A. K. Responses of the Codominant Grassland Species *Andropogon gerardii* and *Sorghastrum nutans* to Long-term Manipulations of Nitrogen and Water. *The American Midland Naturalist*. 2001. Vol. 145, Issue 1. P. 159–167. doi: 10.1674/0003-0031(2001)145[0159:ROTCGS]2.0.CO;2

³²¹ Дьомін Д. Г., Щербак Є. Ю., Кулик М. І. Потенціал біомаси малопоширених енергетичних культур. *Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур* : Матеріали наук.-практ. інтер.-конф. / Тищенко В. М. (відп. ред.). ПДАА, 2021. С. 43–47.

³²² Рожко І. І., Дьомін Д. Г., Кулик М. І. Вплив біометричних показників рослин на врожайність біомаси інтродукованих малопоширених енергетичних культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 114–123. doi: 10.31210/visnyk2021.02.142

формувало сорго багаторічне, найнижчу – Біг Блюестем. При цьому визначено, що середнє значення за даними показниками мали посіви Сорговника поникаючого. Коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва біомаси Сорговника поникаючого та сорго багаторічного у середньому перевищив 2,0. Це характерно для середньої ефективності виробництва біомаси. У Біг Блюестема рівень енергетичної ефективності виробництва біомаси був низьким (менше 1,0).

Нашими попередніми дослідженнями встановлено також залежність між кількісними показниками рослин малопоширених енергетичних культур: зі збільшенням висоти рослин буде зростати їх кількість та навпаки. Визначено динаміку щорічного збільшення біометричних показників рослин енергетичних культур від першого по третій вегетаційний рік. Найбільшу висоту та густоту стеблостою формують Сорговник поникаючий та сорго багаторічне. З-поміж енергетичних культур, обраних для дослідження, найбільшу врожайність за сухою біомасою мали сорго багаторічне та Сорговник поникаючий, відповідно 8,0 і 5,0 т/га. Суттєво менший цей показник виявився у Бородача Жерарді. Визначено, що біометричні показники рослин за висотою і густотою стеблостою вносять суттєвий вплив на рівень врожайності біомаси досліджуваних енергетичних культур, що підтверджує прямолінійний кореляційний зв'язок ($r > 0,71$).

Спеціальні біоенергетичні культури, такі як Світчграс, Міскантус, Індіанграс та Біг Блюестем, водночас можуть бути як целюлозною сировиною, для виробництва біопалив, так і в якості культур, що використовують задля збереження або покращення якості ґрунту та навколишнього середовища [323].

З метою вивчення впливу біоенергетичних культур на ґрунти, автори вивчили зміни властивостей суглинкового ґрунту. Їхні дослідження стосувалися вивчення фону неорганічних добрив, реакції рослин світчграсу і різних сумішей з іншими менш поширеними енергетичними культурами, у тому числі, й такими як Біг Блюестем і Сорговник поникаючий. Дослідження проводилися протягом декількох років в умовах східної частини штату Небраска [324]. У першому експерименті авторами було використано два фактори дослідження: два терміни збору врожаю (серпень і листопад) і норми внесення азоту (N), фосфору (P) і калію (K). Рівні азотних добрив (0, 60 і 120 кг/га) були на основних ділянках, на інші ділянки додавали різні норми внесення азоту (0, 22 і 44 кг/га), а, також, різні норми внесення калію (0, 11 і 22 кг/га).

Другий експеримент даних авторів включав шість ділянок енергетичних культур, що висаджувалися з чотирьох моно-насаджень

³²³ Adler P. R., Sanderson M. A., Weimer P. J., Vogel K. P. Plant species composition and biofuel yields of conservation grasslands. *Ecological Applications*. 2009. Vol. 19, Issue 8. P. 2202–2209. doi: 10.1890/07-2094.1

³²⁴ Waramit N. Native warm-season grasses: Species, nitrogen fertilization, and harvest. A dissertation submitted ... for the degree of PhD, Iowa State University, Ames, Iowa. 2010. URL : https://www.researchgate.net/publication/254610740_Native_warm-season_grasses_Species_nitrogen_fertilization_and_harvest_date_effects_on_biomass_yield_and_composition.

(монокультур): Світчграсс, сорт «Shawnee», Світчграсс, експериментальний гібрид «Kanlow», Сорговник поникаючий, сорт «Chief», Міскантус гігантеус (M×G); і двох травосумішей: перша – Андропогон Жерарді, сорт «Goldmine» + Сорговник поникаючий, сорт «Warrior» + світчграсс, сорт «Shawnee»; друга – Андропогон Жерарді, сорт «Bonanza» + Індіанграсс, сорт «Scout» + Світчграсс, сорт «Shawnee».

Автори у першому досліді встановили, що терміни внесення неорганічних добрив і збору врожаю не вплинули на біомасу коренів Світчграссу, вміст вуглецю в ґрунті, агрегатну стабільність ґрунту та інші його властивості. У другому досліді, кумулятивна біомаса коренів під монокультурою Сорговника поникаючого сорту «Chief» була нижчою, ніж під іншими монокультурами та сумішами трав, за винятком Міскантусу.

Ці результати свідчать про те, що неорганічні добрива та терміни збору врожаю, в короткостроковій перспективі, не впливають на властивості ґрунту, але монокультура Сорговника поникаючого може мати нижчу кореневу біомасу, ніж інші трави. Загалом, внесення добрив не викликало змін у біомасі коренів і властивостях ґрунту, а монокультура Сорговника поникаючого мала нижчу кумулятивну кореневу біомасу порівняно зі сумішами та монопосівами Світчграссу. Це свідчить про те, що вибір культури впливає на накопичення кореневої біомаси.

Автори вважають за необхідне проведення подальшого моніторингу для визначення довгострокових змін у біомасі коренів і властивостей ґрунту в цих біоенергетичних системах культур.

Аналогічно, 6-річні насадження з простих сумішей Біг Блуестему, Сорговника поникаючого та Світчграссу не мали значного впливу на вміст вуглецю в ґрунті, загальне співвідношення азоту та пари вуглець-азот порівняно з монокультурами. Проте, Сорговник поникаючий мав нижчу кореневу біомасу порівняно з усіма іншими травами, крім Міскантуса. Також підтвердженим є той факт, що максимальної врожайності біомаси багаторічні трави «теплого сезону» досягають приблизно за 3–5 років.

Таким чином, результати досліджень авторів свідчать про те, що вплив неорганічних добрив і сумішей трав на утворення коренів і властивості ґрунту, протягом зазначеного вище періоду часу та типу ґрунту, може бути обмеженим або взагалі відсутнім. Дослідники встановили, що відсутність реакції кореневої біомаси та властивості ґрунту і на внесення добрив може бути пов'язано із типом ґрунту. Відсутність відмінностей у біомасі коренів між чотирма травами «теплого сезону» (Біг Блуестему, Сорговника поникаючого, Світчграссу і Міскантусу) свідчить про те, що ці трави мають подібні характеристики коренеутворення, за винятком Сорговника поникаючого. Також, автори вважають за необхідне проведення подальших досліджень, щоб перевірити довгостроковий вплив добрив і сумішей на утворення коренів і властивості ґрунту.

Багаторічні трави «теплого сезону» цікаві науковцям і як біоенергетична сировина через їх високу продуктивність з мінімальною кількістю вхідних матеріалів у широкому діапазоні середовищ. Відповідно до результатів досліджень науковців [325] встановлено, що рівень азоту та терміни збору врожаю є критичними чинниками для управління під час оптимізації врожаю біомаси багаторічних трав теплого сезону. Мета даного дослідження полягала в кількісній оцінці впливу норм і термінів внесення азотних добрив, у поєднанні з термінами та частотою збирання біомаси, на врожайність. Дослідження проводилось у 2014 та 2015 роках на чотирьох польових ділянках у Міссурі. Результати досліджень авторів засвідчують, що перенесення збору врожаю біомаси до листопада збільшило врожайність на всіх ділянках. Врожайність біомаси, зібраної в листопаді, при нормі азоту ≥ 67 кг/га покращили врожайність біомаси багаторічних трав теплого сезону. Хоча внесення азотних добрив підвищило врожайність, часткова факторна продуктивність внесеного азоту не збільшувалася при щорічних нормах азоту >34 кг/га. Відповідно до кожної стратегії збору врожаю, роздільне (кількаразове) внесення азоту, зазвичай, не покращувало врожайність біомаси порівняно зі стратегіями одноразового застосування.

В той же час, при затримці збору врожаю до листопада або перших заморозків, як у випадку одноразового збирання врожаю, так і в випадку дворазового збирання врожаю, за вегетаційний період, спостерігалася більша врожайність біомаси протягом 2 років. Навпаки, стратегії збору врожаю з раннім осіннім (вересневим) врожаєм призвели до зниження врожайності біомаси. Оскільки збирання біомаси є однією з операцій, що забирають значну кількість часу та енергії, рішення щодо частоти збирання необхідно приймати на основі енергетичних балансів та наявності робочої сили та техніки протягом вегетаційного періоду.

Щодо впливу дати збору врожаю біомаси і складу біомаси рослин відповідно до мети її для подальшого використання, в дослідженні [326] наведені фактори, що прямо на це впливають. Польове дослідження проводилося в штаті Айова, протягом 2006 та 2007 років. Експеримент поєднував вивчення наступних культур: Біг Блюестем (*Andropogon gerardii Vitman*), східний гамаграс (*Tripsacum dactyloides L.*), Сорговник поникаючий (*Sorghastrum nutans L. Nash*), Світчграс (*Panicum virgatum L.*). Основні ділянки були розділені на: ділянки з трьома нормами внесення азоту (0, 65 і 140 кг/га), і градаціями з 10-ма датами збору врожаю. Протягом обох років затримка збору врожаю збільшувала концентрації целюлози, лігніну та вуглецю, але зменшувала концентрації

³²⁵ Kszos L. A., Downing M. E., Wright L. L., et al. Bioenergy Feedstock Development Program Status Report. Environmental Sciences Division Publication Number 5049. Oakridge National Laboratory, 2000.

³²⁶ Waramit N., Moore K. J., Heggenstaller A. H. Composition of native warm-season grasses for bioenergy production in response to nitrogen fertilization rate and harvest date. *Agronomy Journal*. 2011. Vol. 103, Issue 3. P. 655–662. doi: 10.2134/agronj2010.0374

азоту і зольність, однак величина цих ефектів різнилася між видами. У середньому, у біомасі Біг Блюестему була найвища концентрація целюлози (430,5 г/кг) і вуглецю (450,5 г/кг), тоді як біомаса Світчграсу мала найвищу концентрацію лігніну (58,5 г/кг) серед чотирьох видів. Найнижча концентрація золи (47,5 г/кг) була у Біг Блюестем, тоді як у Сорговника поникаючого була найнижча концентрація азоту (5,5 г/кг). Зі збільшенням рівня внесення азоту, середня концентрація азоту, вуглецю, целюлози та лігніну збільшувалася на 19–29 %, 0,6–2,2 %, 0,7–5,7 % і 5,6–23,9 % відповідно до видів, тоді як вміст золи зменшувався на 1,8–18,4 % відповідно. Загалом, результати досліджень авторів свідчать про те, що трави «теплого сезону», мають оптимальний склад для використання їх біомаси в виробництві біопалива, за умов внесення азотних добрив в кількості 140 кг/га і підзимових дат збору біомаси.

Також важливим чинником, що впливає на врожайність біомаси енергетичних рослин, беззаперечно, є кількість опадів [327]. Авторами досліджено вплив екстремальних змін опадів на кількість біомаси та обмін CO₂ та H₂O в екосистемі трьох C₄ трав «теплого сезону»: *Andropogon gerardii* Vitman, *Panicum virgatum* і *Sorghastrum nutans* (L.) Nash. протягом трьох років. Культури вирощували за таких умов: екстремальної посухи (26 % від норми), з середнім (норма) та надзвичайно великим рівнем вологи (174 % до норми). Екстремальне зниження кількості опадів спричинило зниження на 55, 40 та 40 % відповідно по рослинах, інтенсивності фотосинтезу на рівні листя, продихової провідності та ефективності використання води. Екстремальне збільшення кількості опадів також зменшило ефективність використання води до 44 % у всіх культур, у порівнянні з нормою. Дослідженням доведено, що, на відміну від помірної зміни клімату, екстремальне збільшення кількості опадів може бути настільки ж шкідливим, як і екстремальне зменшення їх кількості.

З метою найкращої демонстрації потенціалу вирощування біоенергетичної сировини, розроблені рекомендовані протоколи для створення тестових ділянок багаторічних трав [328]. Визначено, що порівняно з травами прохолодного сезону, створення травостою з багаторічних трав «теплого сезону» вимагає більших заходів для боротьби з бур'янами. Боротися з бур'янами на насадженнях Світчграсу рекомендовано за допомогою попереднього внесення суміші 2,3 л атразину з 0,6 л квінклораку на гектар (використовувався препарат Paramount®). На посівах Біг Блюестему та Сорговника поникаючого, перед сходами рекомендовано застосовувати імазапик (препарат Plateau®) з нормою внесення 0,3 літрів на гектар. На всіх ділянках енергокультур

³²⁷ Connor E. W., Hawkes C. V. Effects of extreme changes in precipitation on the physiology of C₄ grasses. *Oecologia*. 2018. Vol. 188, Issue 2. P. 355–365. doi: 10.1007/s00442-018-4212-5

³²⁸ Vogel K. P., Masters R. A. Frequency Grid: A Simple Tool for Measuring Grassland Establishment. *Journal of Range Management*. 2001. Vol. 54, Issue. 6. P. 653–655.

рекомендовано знищувати дводольні бур'яни в рік сівби, шляхом скошування над рослинами енергокультур в літні місяці, або обприскування рекомендованими препаратами.

Дослідження енергетичного потенціалу біомаси природоохоронних пасовищ у штаті Міннесота, США, було виконано по «моделі змішаних факторів» [329]. Метою дослідження було встановлення чинників виходу біоетанолу з біомаси енергетичних культур – трав «теплого сезону». Було використано 60 великих природоохоронних пасовищних ділянок, домінуючими травами на яких були Біг Блуестем і Сорговник поникаючий. У середньому, за всіма місцями та роками, теоретична ефективність перетворення етанолу становила 450 л/т, а концентрація рослинного азоту становила 7,1 г/кг, обидва результати подібні тим, що були отримані при мононасадженнях такої енергетичної культури, як Світчграс. При визначенні факторів, що впливають на біоенергетичний потенціал біомаси авторами встановлено, що зміни кількості отриманого біоетанолу були майже виключно через зміну обсягів врожаю біомаси, і, ніяким чином, не залежали від якості біомаси. В результаті цього дослідження знайшла підтвердження теза про те, що, у разі вирощування енергетичних рослин з метою отримання біоетанолу, розробка системи вирощування, направлена на збільшення врожаю біомаси, є більш економічно обґрунтованою, ніж система направлена на коригування складу біомаси енергетичних рослин.

Отже, на основі змістовного огляду літератури нами зроблені наступні висновки щодо аспектів інтродукції, морфологічних й біологічних особливостей, аспектів агротехнології вирощування та можливості використання на біопаливні цілі малопоширених енергетичних рослин.

Висновки.

1. Вивчення, підбір та вирощування на маргінальних землях малопоширених енергетичних культур необхідно здійснювати з урахуванням біологічних особливостей рослин, на основі агроекологічного моніторингу та агрономічного обґрунтування. Що дозволить створити ефективні штучні фітоценози, які забезпечать отримання значного обсягу сталої рослинної біомаси.

2. Для збалансованого вирощування та використання малопоширених енергетичних культур як рослинної сировини необхідно враховувати екологічні аспекти. Для зменшення навантаження на навколишнє середовище рекомендовано закладати енергоплантації й культивувати енергокультури на маргінальних землях, що мають низьку родючість, ознаки деградації та потребують рекультивації

3. Для рекультивації маргінальних земель, отримання сталої рослинної сировини, рекомендується вирощувати Сорговник поникаючий та сорго багаторічне, а також Бородач Жерарді. Що

³²⁹ Jungers J. M., Fargione J. E., Sheaffer C. C., Wyse D. L., Lehman C. Energy potential of biomass from conservation grasslands in Minnesota. USA, Epub. 2013. doi: 10.1371/journal.pone.0061209

підтверджується біологічними особливостями даних культур та їхніми інтродукційними властивостями й потенціалом біомаси.

4. Агротехнологія вирощування малопоширених енергетичних культур на маргінальних землях повинна здійснюватися на основі еколого-адаптивних елементів із урахуванням біологічних особливостей рослин та певних територіальних умов.

5. Доведена ефективність сумісного вирощування малопоширених енергетичних культур разом із світчграсом або міскантусом гігантським. Що дозволяє збільшити врожайність та отримати значні обсяги біомаси для виробництва біопалива.

3.2. Організація державного управління водними ресурсами відповідно до басейнового принципу

Жукова О. Г., Гончаренко А. В.

Київський національний університет будівництва та архітектури,

Кінець ХХ – початок ХХІ століття характеризується погіршенням екологічної ситуації на планеті. Найважливішою складовою екологічно безпечного розвитку природних і соціально-економічних систем є таке природокористування, яке передбачає організацію використання водних ресурсів, при якому забезпечується сталий розвиток і протягом тривалого часу зберігається для цього достатній водно-ресурсний потенціал. ХІХ століття характеризується значними негативними змінами оточуючого середовища, викликаними безконтрольним використанням природних ресурсів, розвитком промисловості та транспорту, що призводить до збільшення споживання води і водночас зростання її забруднення. Особливо помітним це стало протягом останніх 50 років, коли вплив людини на водний цикл планети досягнув глобального масштабу [330, 331, 332].

Розподіл водних ресурсів, так як і потреби суспільства в них, на Землі нерівномірні. Загальні запаси води Землі складають 1359 млн м³, серед яких всього 2–3 % прісної води. Водозабезпеченість на одного жителя коливається від 0,69 у Північній Африці до 96,2 у Сибірі і на Далекому Сході та 219 тис. м³/рік у Канаді і на Алясці [333].

Запаси легкодоступної прісної води розміщені на планеті дуже нерівномірно. Наприклад, в Африці лише близько 10 % населення забезпечені регулярним водопостачанням, а в Європі цей показник

³³⁰ Концепція розвитку водного господарства України. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1390-14#Text>.

³³¹ Водний кодекс України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, № 24, ст. 189. URL : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80>.

³³² Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. Вид. офіц. Київ : Твій формат, 2006. 240 с.

³³³ Тарасова М. Ю., Александров И. А. Институциональные аспекты управления природопользованием. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. Економічна*. 2008. Вип. 34-2 (138). С. 4–11.