



**Енергоефективність
і енергонезалежність
сільських територій:
передумови формування та
функціонування**

Полтава 2020

Полтавська державна аграрна академія

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ І
ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНІСТЬ СІЛЬСЬКИХ
ТЕРИТОРІЙ: ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ
ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ**

Колективна монографія

За редакцією Т. О. Чайки,
І. О. Яснолоб, О. О. Горба

Полтава – 2020

Рецензенти:

П. В. Писаренко, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Інженерної академії України, професор кафедри землеробства і агрохімії імені В. І. Сазанова, професор кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля Полтавської державної аграрної академії

М. Я. Шевніков, доктор сільськогосподарських наук, професор, директор ВСП «Аграрно-економічний фаховий коледж Полтавської державної аграрної академії»

О. В. Климчук, доктор економічних наук, доцент, учений секретар науково-дослідної частини, професор кафедри менеджменту та поведінкової економіки Донецького національного університету імені Василя Стуса

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Полтавської державної аграрної академії (протокол № 2 від 13.10.2020 р.)

Е 61 Енергоефективність і енергонезалежність сільських територій: передумови формування та функціонування : колективна монографія ; за ред.Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб, О. О. Горба. Полтава : Видавництво ПП «Астрая», 2020. 180 с.

ISBN 978-617-7669-99-8

У колективній монографії з позицій міждисциплінарного підходу викладено результати досліджень сучасного стану використання альтернативних джерел енергії в умовах розвитку сільських територій. Наведено економічні, соціальні та правові проблеми використання альтернативних джерел енергії. Розглянуто питання щодо агроекологічних особливостей та перспектив використання альтернативних джерел енергії в сучасних умовах. Визначено проблеми та перспективи технологічних і технічних рішень в галузі альтернативної енергетики. Досліджено напрями вдосконалення використання альтернативних джерел енергії в умовах розвитку сільських територій. Розкрито використання вітчизняного і зарубіжного досвіду у підвищенні енергоефективності та енергонезалежності сільських територій.

Колективна монографія є частиною науково-дослідних тем Полтавської державної аграрної академії «Концепція розвитку енергоефективних і енергонезалежних сільських територій задля зміцнення конкурентоспроможності національної економіки» (номер державної реєстрації 0119U100028 від 10.01.2019 р.).

Розраховано на науковців, викладачів, керівників і спеціалістів органів державного управління, фахівців агроформувань, аспірантів, студентів і всіх, хто цікавиться питаннями використання альтернативних джерел енергії в умовах сільських територій.

УДК 620.9:332.122(1-22)

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

ISBN 978-617-7669-99-8

© Колектив авторів, 2020.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ Й ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ: ВІТЧИЗНЯНІ РЕАЛІЇ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД	8
1.1. Розвиток енергетичної самодостатності об'єднаних територіальних громад (<i>Бойко С. І.</i>)	8
1.2. Організаційно-економічний механізм підвищення енергоефективності й енергонезалежності сільських територій, вітчизняні реалії та європейський досвід: інвестиційний підхід (<i>Кулаков О. О.</i>)	17
1.3. Використання рослинної біомаси як дієвий механізм розвитку територіальних громад (в контексті стратегії сталого розвитку) (<i>Макаова Б. Є., Кобилінська О. М., Кукіш М. А., Кобилінський І. В., Тищенко В. М.</i>)	24
1.4. Оцінка агрокліматичних умов продуктивності сорго в Степовій зоні України в умовах змін клімату (<i>Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А.</i>)	32
1.5. Альтернативна енергетика як чинник енергонезалежності сільських територій (<i>Черевко Г. В.</i>)	40
1.6. Нішеві енергетичні культури як чинник енергонезалежності сільських територій (<i>Черевко І. В.</i>)	49
РОЗДІЛ 2. ЕКОНОМІЧНІ, СОЦІАЛЬНІ ТА ПРАВОВІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ І УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ Й ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНІСТЮ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ	59
2.1. Організаційно-економічний механізм управління енергоефективністю аграрних підприємств (<i>Галич О. А., Фененко О. М., Тереховська К. А.</i>)	59
2.2. Аналіз впливу фермерського бізнесу на розвиток сільських територій в Україні (<i>Рибальченко А. М.</i>)	70
РОЗДІЛ 3. АГРОЕКОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ Й ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ	83
3.1. Сортові особливості якості зерна пшениці озимої (<i>Бараболя О. В., Жемела Г. П., Татарко Ю. В., Антоновський О. В.</i>)	83

3.2. Економічна ефективність вирощування сучасних сортів сої для виробництва біосировини (<i>Білявська Л. Г., Білявський Ю. В.</i>)	87
3.3. Залежність продуктивності ячменю ярого від використання бішофіту (<i>Горобець М. В., Міщенко О. В., Писаренко П. В.</i>)	94
3.4. Екологічні особливості та агрозаходи вирощування біомаси міскантусу гігантського для забезпечення енергоефективності сільських територій (<i>Дековець В. О., Кулик М. І.</i>)	102
3.5. Вплив азотних добрив на урожайність та якість сої (<i>Сідаш А. А.</i>)	115
РОЗДІЛ 4. ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ФОРМУВАННІ ТА ФУНКЦІОНУВАННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ Й ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНИХ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ	123
4.1. «Spicy pack» – пряна упаковка, яка продовжить життя продуктів (<i>Дем'яненко Н. В., Васильєва Ю. А., Козаченко Ю. А., Яснолоб І. О.</i>)	123
4.2. Алгоритм визначення оптимального використання вітрової енергії сільських територій (<i>Калініченко В. М., Тараненко А. О., Чайка Т. О.</i>)	134
РОЗДІЛ 5. НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ Й ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНИХ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ	142
5.1. Зарубіжний досвід використання альтернативних джерел енергії у порівнянні з українськими реаліями (<i>Завалій М. Ф.</i>)	142
5.2. Потенціал енергозабезпечення України в контексті розвитку аграрного сектору економіки (<i>Самойлик Ю. В., Болдирєва Л. М.</i>)	149
5.3. Роль біогазових установок у забезпеченні енергоефективності та енергонезалежності сільських територій (<i>Сиротюк Г. В., Сиротюк С. В., Янковська К. С.</i>)	157
5.4. Морфогенез державного управління розвитком енергетичного забезпечення сільських територій (<i>Юшин С. О.</i>)	166
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	176

Допосівна обробка насіння дозволяє отримати рослини, які вже на 7 добу мають площу листової поверхні на 18,8 % вище, ніж у контрольних рослинах. На 14 добу досліджень даний показник у оброблених бішофітом рослин перевищує контрольні показники на 17,7 %, а у 21-денних – на 17,6 %. Площа листової поверхні однієї рослини зростає за рахунок збільшення довжини і ширини листової пластинки, при цьому кількість листків на рослині не змінюється.

3.4. Екологічні особливості та агрозаходи вирощування біомаси міскантусу гігантського для забезпечення енергоефективності сільських територій

Дековець В. О., Кулик М. І.

Полтавська державна аграрна академія

Розвиток біоенергетичного сектору нашої країни, впровадження найкращих практик у виробництво дозволить в найближчому майбутньому зменшити енергозалежність України від непоновлюваних джерел енергії на основі використання рослинної сировини енергетичних культур [134, 135]. Що в перспективі зменшить обсяги використання кам'яного вугілля, природного газу та нафти. Цю думку підтримують М. В. Роїк, В. М. Сінченко, В. І. Пиркін та ін. [136], стверджуючи, що створення власного джерела біоенергетичної сировини для виробництва біопалив сприятиме укріпленню енергетичної безпеки України та зменшить її залежність від імпорту енергоресурсів.

Особлива зацікавленість до використання біомаси на енергетичні цілі виникла ще наприкінці 1970-х років внаслідок світової енергетичної кризи. Саме в той час в багатьох країнах (США та країнах Європи) розпочали вивчати нові енергоносії як альтернативи нафті і газу. Були розроблені спеціальні програми з вирощування швидкорослих дерев та багаторічних трав [137].

Згідно з прогнозом Світової енергетичної ради, до 2050 року

¹³⁴ Григорюк І. П., Калініченко В. М., Малинська Л. В. Перспективи підвищення енергетичної безпеки держави за рахунок фітоенергетичних рослин. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 1. С. 7–10.

¹³⁵ Gorb O., Kostenko O., Kulyk M., Yasnolob I., Kalinichenko A. Energy crops: the link between education and science. *Odnawialne Źródła Energii – teoria i praktyka* : Monograph / Edited by Izabela Pietkun-Greber and Dariusz Suszanowicz. Uniwersytet Opolski, Opole. Tom 3, 2018 : 9–36.

¹³⁶ Міскантус в Україні : монографія / Роїк М. В. та ін. Київ : ФОП Ямчинський О. В., 2019. 256 с.

¹³⁷ Купцов Н. С., Попов Е. Г. Энергоплантации. Справочное пособие по использованию энергетических расетний. Минск : Тэхногя, 2015. С. 7.

споживання енергії на планеті Земля зросте більш ніж удвічі, при цьому 40 % енергетичних потреб буде забезпечуватись за рахунок поновлюваних джерел енергії, в т.ч. 31 % з них припадає на біоенергетику [138].

Для розвитку нового сектору біоенергетики в Україні необхідно здійснити пошук шляхів здешевлення різних видів біосировини на основі розробки логістики нових техніко-економічних рішень. При цьому виникає потреба у формуванні оновленої інфраструктури з метою ефективнішого використання рослинних енергетичних ресурсів, створення переробних комплексів для переробки фітомаси в біопалива (біоетанол, біобутанол), газоподібного та твердого біопалива (гранули, брикети тощо). Не менш важливим є залучення енергосервісних компаній для постачання альтернативної енергії до споживачів.

Як відмічає Г. Г. Гелетуха із співавторами, Україна може задовольнити до 18 % загальної потреби в первинних енергоносіях за реалізації економічного потенціалу біомаси, що є вагомим способом підсилення енергетичної безпеки країни [139].

Не менш важливим питанням, що потребує детального вивчення – сталий розвиток сільських територій на основі використання місцевого енергоресурсу для отримання альтернативної енергії. В цьому плані найбільш доступним засобом є рослинна сировина – біомаса.

Виробництво біомаси поновлюваної рослинної сировини залежить від багатьох факторів, що визначають його політичну, економічну та екологічну доцільність та ефективність (рис. 1).

Необхідність використання поновлюваної рослинної сировини для збереження (або відновлення) навколишнього середовища, в порівнянні з використанням викопних енергоносіїв, визначається економічною доцільністю і екологічними наслідками в процесі – від виробництва до споживання.

При вирощуванні енергетичних культур необхідно враховувати поточні витрати на: виробництво добрив і засобів захисту рослин; виробництво посівного і посадкового матеріалу; вирощування, догляд а рослинами та збирання біомаси; зберігання, переробку і транспорт.

¹³⁸ Willer H., Leonar J. The World of organic agriculture. Statistics and emerging trends (2014). Nurborg : FibBL-IFOAM Report. 308 p.

¹³⁹ Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Жовмір М. М. та ін. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Частина 2. Енергетичні культури, рідкі біопалива, біогаз. *Промислова теплотехніка*. 2011. Т. 33. Вип. № 1. С. 57–64.



Рис. 1. Чинники, що мають вплив на виробництво біомаси енергетичних культур

Джерело: авторська розробка.

В Україні на даний час вирощують енергетичні культури на площах більше 4 тис. га, з-поміж яких найбільші площі займають насадження верби (більше 2 тис. га) та міскантусу (більше 750 га). У загальному найбільші площі під енергетичними культурами зосереджені у Вінницькій (53,02 %), Львівській (16,03 %), Київській (10,83 %), Івано-Франківській (7,13 %) та Хмельницькій областях (7,38 %), в інших – менше 100 га (рис. 2).

З-поміж позитивних аспектів використання поновлюваної рослинної сировини, в першу чергу відмічають нейтральний баланс CO₂, або кліматичний баланс, і позитивний енергетичний баланс енергетичних культур [140], здатність до чищення ґрунтів [141], та ін.

¹⁴⁰ Горб О. О., Галицька М. А., Кулик М. І. Збереження балансу парникових газів при вирощуванні енергетичних культур внаслідок непрямої зміни землекористування в умовах Лісостепу. 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 : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. С. 216–226.

¹⁴¹ Кулик М. І. Энергетические культуры для очищения почв от тяжелых металлов и получения биотоплива. Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства : сборник науч. тр. / под ред. Н. В. Бышова. Вып. 12. Рязань : ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. С. 364–367.

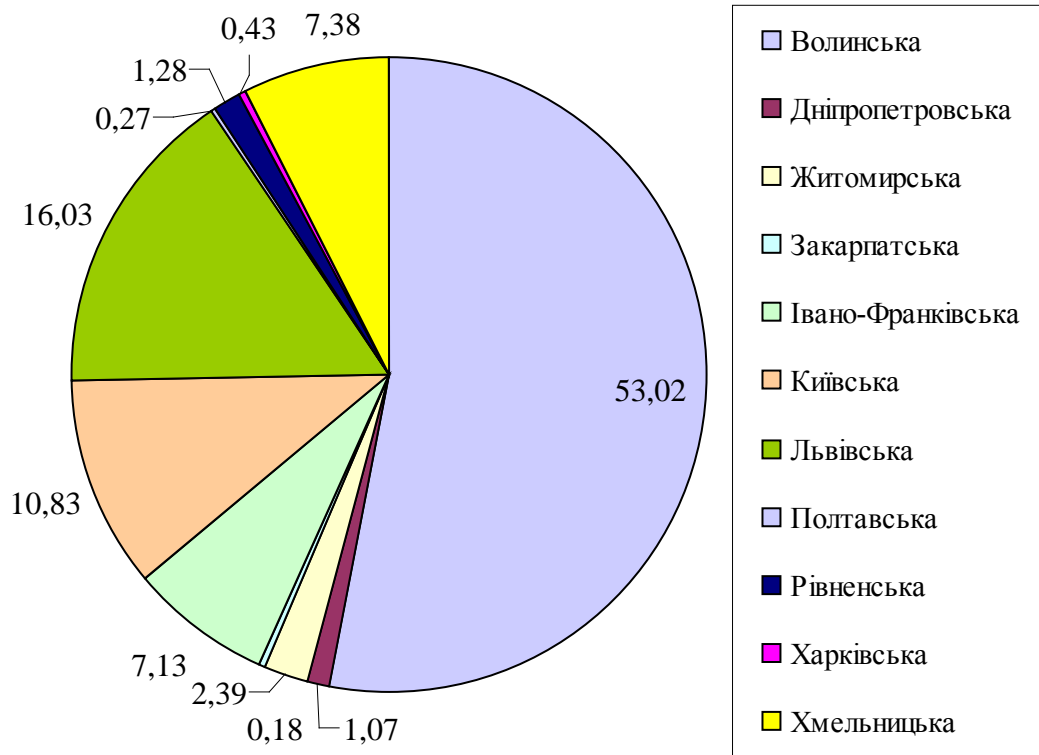


Рис. 2. Структура площ під енергетичними культурами, %
 Джерело: побудовано за даними [142, 143].

Біомаса містить незначну кількість хімічних складових [144, 145], які після спалювання негативно впливають на навколишнє середовище. Тільки азот сірка і хлор, які містяться в невеликих кількостях, є елементами, які можуть перетворюватися, в діоксид азоту (NO_3), діоксид сірки (SO_2), аміак (NH_3), або кислоти (HCl), що сприяють виникненню кислотних дощів [146].

Не менш важливим чинником підвищення ефективності виробництва біомаси (від виробника до споживача), є використання принципу «безвідходного виробництва» на основі екологізації вирощування енергокультур (рис. 3).

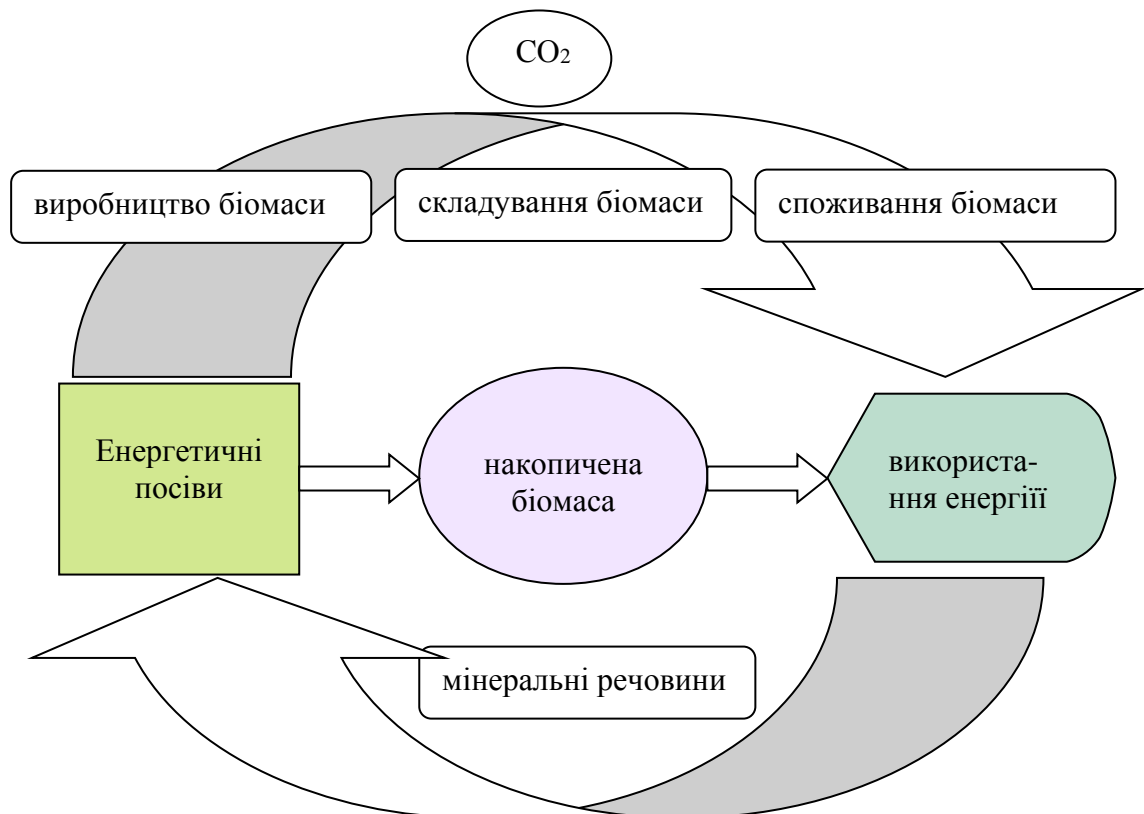
¹⁴² Гелетуа Г. Г., Железна Т. А., Трибой О. В. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні. Київ, 2014. 33 с.

¹⁴³ Державна служба статистики України : офіційний сайт. URL : www.ukrstat.gov.ua

¹⁴⁴ Антоненко В., Зубенко В., Олійник Є., Радченко С. Практичний посібник з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України (для представників державних та комунальних установ). Громадська організація «Агентство з відновлюваної енергетики». С. 8–14.

¹⁴⁵ Марчук О. О., Бойко І. І., Гончарук С. Г. Якісні характеристики біоенергетичних культур. *Цукрові буряки*. 2017. Вип. № 2. С. 11–12.

¹⁴⁶ *Возобновляемое растительное сырье (производство и использование)* ; под общ. ред. Д. Шпаарда. Санкт-Петербург-Пушкин, 2006. Кн. 1. С. 18.



**Рис. 3. Схема виробництва біомаси на основі замкнутого циклу:
від виробника – до споживача**

Джерело: авторська розробка.

Енергетичні культури, що рекомендовані в якості цінної сировини для виробництва біопалив (рис. 4) – це швидкорослі деревні (тополя, верба, павловнія) та трав'янисті рослини (міскантус, просо прутоподібне, соргові та ін. [147, 148, 149, 150, 151]. В свою чергу біопалива поділяють на покоління та види [152].

Порівняно із однорічними рослинами, багаторічні енергокультури мають значно вищу продуктивність надземної вегетативної маси, що має тенденцію до збільшення з кожним роком використання. Не менш важливою особливістю багаторічних енергетичних культур є продукування значного обсягу рослинних решток після закінчення

¹⁴⁷ Фучило Я. Д., Сбитна М. В. Верби України (біологія, екологія, використання). Київ : Логос, 2009. 200 с.

¹⁴⁸ Фучило Я. Д., Літвін В. М., Сбитна М. І. Платаційне вирощування тополі в умовах Київського Полісся. Київ : Логос, 2012. 214 с.

¹⁴⁹ Роїк М. В., Курило В. Л., Гументик М. Я. та ін. Енергетичні культури для виробництва біопалива. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. 2010. Т. 7. С. 12–15.

¹⁵⁰ Гелетука Г. Г., Железна Т. А., Трибой О. В. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні. Київ, 2014. 33 с.

¹⁵¹ Elbersen H. W., Kulyk M., Poppens R., at all. Switchgrass Ukraine : overview of switchgrass research and guidelines Wageningen : Wageningen UR. Food & Biobased Research. 2013. 26 p.

¹⁵² Калетнік Г. М. Біопаливо. Продовольча, енергетична та економічна безпека України : монографія. Київ : Хай-Тек Прес, 2010. 516 с.

вегетатії. Що, в свою чергу при наявності вологи та при взаємодії із ґрунтовою біотою має вплив на динаміку органічної речовини ґрунту.

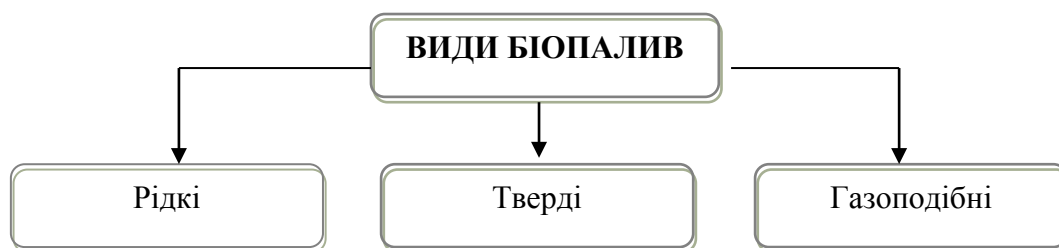


Рис. 4. Біопалива із енергетичних культур

Джерело: побудовано за даними [153].

З усього загалу енергокультур науковці виокремлюють міскантус гігантський, що характеризується адаптивними властивостями та високим потенціалом продуктивності біомаси [154, 155].

Міскантус гігантський (*M. × giganteus*) – це тетраплоїдний гібрид міскантусу китайського (*M. sinensis* Anderss.) і міскантусу цукроквіткового (*M. sacchariflorus* (Maxim.) Benth) [156] (рис. 5).



Рис. 5. Генотип міскантусу гігантського (схема утворення)

Джерело: авторська розробка.

Міскантус гігантський – це багаторічна трав’яниста рослина з C4-схемою фотосинтезу. Родина тонконогових (Poaceae). Рослини міскантусу досягають висоти 220–310 (до 450–500) см. Число пагонів, що формуються в кущі – це зазвичай 10–15 шт. (інколи – до 70 шт.). Від першого і до п’ятого року вегетації, щорічно відмічають збільшення пагонів в рослині, що пов’язують із розростання ризом.

Стебло у міскантусу пряме, округле, діаметр якого становить 12–

¹⁵³ Кулик М. І. Енергетичні культури : навч. посіб. Полтава : Астроя, 2016. 154 с.

¹⁵⁴ Курило В. Л., Гументик М. Я., Квак В. М. Міскантус – перспективна енергетична культура для виробництва біопалива. *Агробіологія*. 2010. Вип. № 4 (80). С. 62–66.

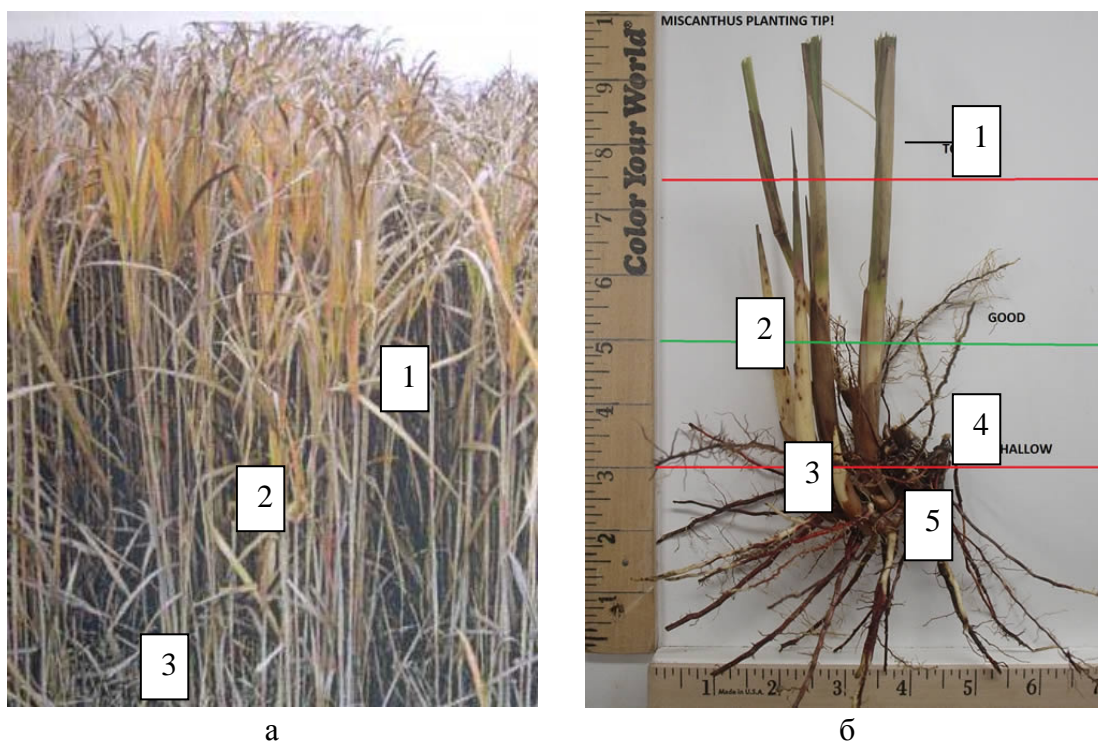
¹⁵⁵ Писаренко П. В., Курило В. Л., Кулик М. І. Агробіомаса та фітомаса енергетичних культур для виробництва біопалива. Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії : колективна монографія / за ред. О. О. Горба, Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб. Полтава : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс». 2017. С. 258–266.

¹⁵⁶ Міскантус (MISCANTHUS) сем. Мятликовіє. Енциклопедія декоративних садових рослин. URL : <http://flower.onego.ru/zlak/miscanth.html>.

25 мм. Листків на стеблі зазвичай налічують 11–15 штук, вони мають ширину 2,2–2,9 см, а довжину 93–102 см.

Волоть формується у окремих форм міскантусу, має веретеноподібну, конусоподібну або еліпсоподібну форму і досягає в довжину 30–33 см [157].

Морфологічна будова надземної та підземної частин рослин міскантусу гігантського наведено на рис. 6.



1 – листки (ланцетні);
2 – стебло (з паренхімою);
3 – нові пагони.

1 – вегетативні надземні пагони;
2 – нові пагони;
3 – пагони поновлення;
4 – сплячі бруньки;
5 – ризома.

Рис. 6. Будова рослини міскантусу гігантського

Джерело: дані [158, 159].

Рослини міскантусу мають рихлокущовий тип куцїння. Число кореневищ (ризом) у одній рослині становить від 18 до 37 шт. За довжиною ризоми їх поділяють на групи (рис. 7).

¹⁵⁷ Рахметов Д. Б., Щербакова Т. О., Рахметов С. Д. Міскантус в Україні: інтродукція, біологія, біоенергетика. Київ : Фітосоціоцентр. 2015. 158 с.

¹⁵⁸ Кулик М. І. Енергетичні культури : альбом. Полтава: Астроя, 2017. 38 с

¹⁵⁹ Щербакова Т. О., Рахметов Д. Б. Морфологічні особливості монокарпічних видів *Miscanthus Anderss.* у зв'язку з інтродукцією в Лісостепу та Поліссі України. *Інтродукція рослин*. 2014. Вип. № 2 (62). С. 3–9.



коротка

середня

довга

Рис. 7. Поділ ризом міскантусу гігантського за розміром

Джерело: дані [160].

Відростання пагонів міскантусу навесні розпочинається з другої половини квітня, кушіння (виокремлення стебла) відмічають у червні місяці, вихід у трубку фіксують у серпні. Вегетація рослин міскантусу завершується у жовтні–листопаді (рис. 8). В наступні роки – фенологічні фази росту і розвитку рослин міскантусу повторюється. Життєвий цикл рослин міскантусу триває 15–20 років [161].

Фенологічна фаза	Місяць								
	4	5	6	7	8	9	10	11	
Відновлення вегетації									
Виокремлення стебла									
Інтенсивний ріст рослин									
Закінчення вегетації									

Рис. 8. Терміни проходження фенологічних фаз міскантусу гігантського

Джерело: авторська розробка.

Стебла міскантусу збирають взимку або на початку весни, а отримана фітомаса може використовуватися для виробництва паливних брикетів, пелетів (паливних гранул). За вирощування міскантусу витрати значно нижче, ніж для інших сільськогосподарських культур. Його тривале культивування збільшує біологічну варіативність дикої природи (різноманітність тваринного світу) і дозволяє щорічно (розпочинаючи з другого-третього року вегетації) отримувати високий врожай для енергетичного використання [162, 163, 164].

¹⁶⁰ Ганженко О. М., Курило В. Л., Гументик М. Я. та ін. Методичні рекомендації з технології вирощування і перероблення міскантусу гігантського. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2016. 40 с.

¹⁶¹ Курило В. Л., Рахметов Д. Б., Кулик М. І. Біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур родини тонконогових в умовах України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 1 (88). С. 11–17.

¹⁶² 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

Урожайність зеленої фітомаси міскантусу гігантського становить від 60 до 150 т/га, сухої біомаси – 10–15 (до 25) т/га. Збір врожаю сухої біомаси рекомендують проводити як пізно восени, так і рано навесні [165]. Енергетична ємність біомаси може становити 17–18 Мдж/кг, а енергетична продуктивність рослин досягає 67–84 (до 130) Гкал/га [166].

На даний час в Україні зареєстровані наступні сорти міскантусу гігантського: Верум, Осінній зорецвіт, Гулівер, Біотех, які внесені в Реєстр сортів рослин [167, 168].

Провівши дослідження та вивчаючи інтродукцію видів і сортів міскантусу Т. О. Щербакова в умовах Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка встановила, що з-поміж усіх видів та форм міскантусу, саме міскантус гігантський є високопродуктивною та адаптованою культурою до умов вирощування [169].

З урахуванням ботаніко-біологічних особливостей, обґрунтування агротехнології вирощування міскантусу гігантського для збільшення врожайності його біомаси, має важливе значення.

Наведемо аналіз літературних джерел щодо вивчення чинників, що мають вплив на збільшення врожайності біомаси міскантусу гігантського як сировини для виробництва біопалив.

За проведення комплексних досліджень О. В. Хіврич відмічає, що врожайність міскантусу в Україні значною мірою залежить від ґрунтово-кліматичних умов. Найбільшу врожайність біомаси міскантусу формує на середньощільних ґрунтах із низьким рівнем залягання ґрунтових вод та на полях зі схилом до 7°. Завдяки розгалуженій кореневій системі його можна вирощувати на піщаних і супіщаних ґрунтах. Міскантус гігантський також добре адаптований до несприятливих умов вирощування, зокрема з підвищеним вмістом солей в ґрунті [170].

Встановлено, що на маргінальних та важких за гранулометричним складом ґрунтах, порівняно із більш родючими та структурованими,

альтернативних джерел енергії : колективна монографія / за ред. О. О. Горба, Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб. Полтава : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. С. 258–266.

¹⁶³ Kulyk M., Galytska M., Samoilyk M., & Zhornyk I. Phytoremediation aspects of energy crops use in Ukraine. *Agrology*. 2019. 2 (1), 65–73. <https://doi.org/10.32819/2617-6106.2018.14020>.

¹⁶⁴ Caslin B., Finnan J., Caslin B., Easson L. *Miscanthus best practice guidelines*. Teagasc: Eccles-ville Printing Services, 2011. 52 p.

¹⁶⁵ Курило В. Л., Кулик М. І., Калініченко О. В. Енергетичні культури : підручник. Полтава, 2019. 300 с.

¹⁶⁶ Інтернет ресурс. URL : <http://sort.sops.gov.ua/search/search>.

¹⁶⁷ Роїк М. В., Гонтаренко С. М., Лашук С. О. Сучасний стан розвитку селекції та реєстрації представників роду *Miscanthus* в Україні та світі. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 21. С. 249–254.

¹⁶⁸ Реєстр сортів рослин України. URL : <http://service.ukragroexpert.com.ua/index.php>.

¹⁶⁹ Щербакова Т. О. Інтродукція видів та сортів міскантусу *Miscanthus Anderss.* в Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НААН України. *Вісті біосферного заповідника «Асканія-Нова»*. 2012. Вип. 14. С. 309–313.

¹⁷⁰ Хіврич О. Б., Курило В. Л., Квак В. М. Енергетичні рослини, як сировина для біопалива. *Пропозиція*. 2011. Вип. № 6. С. 68.

врожайність біомаси міскантусу може знижуватися [171]. На противагу цьому, інші науковці обґрунтовують здатність міскантусу гігантського на різних видах маргінальних та рекультивованих земель формувати стабільні врожаї, забезпечувати динаміку їх збільшення при застосуванні добрив та іригації [172].

Поряд з цим, встановлено, що обґрунтований менеджмент енергоплантації, оптимальні дози внесення добрив (на фоні зрошення) підвищують врожайність біомаси міскантусу [173].

При вирощуванні поновлюваної рослинної сировини енергокультур можливо, наприклад, при науково обґрунтованому застосуванні азотних добрив і вирощуванні азотфіксуючих культур (змішані і проміжні культури, підсів) збільшити врожайність біомаси. Що знайшло підтвердження в наших попередніх дослідженнях, в яких визначено ефективність сумісного вирощування бобових культур з просом прутноподібним [174, 175], та міскантусом гігантським [176]. В ґрунтово-кліматичних умовах центрального Лісостепу України встановлено, що конюшина червона сприяє збільшення врожайності біомаси проса прутноподібного. Визначено позитивну динаміку збільшення вмісту органічної речовини в ґрунті та підвищення врожайності біомаси міскантусу гігантського за сумісного вирощування з люпином.

Також обґрунтовано ефективність використання змішаних посівів проса прутноподібного і міскантусу для збільшення виходу сухої біомаси та енергії з плантації. Цей спосіб вирощування, згідно даних автора, забезпечує високу продуктивність біомаси, зменшуючи вилягання рослин в зимовий період, раціональне використання площі енергоплантації, економію виробничих затрат при збиранні біомаси [177].

Дослідник В. В. Дрига, визначив що, приживлюваність ризом залежала від якості та кількості бруньок на вегетативних органах

¹⁷¹ Matyka M., Kus J. Influence of soil Quality for yielding and biometric features of *Miscanthus × giganteus*. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2016. Vol. 25 (1): 213–219.

¹⁷² Харитонов М. М., Бабенко М. Г. Придатність різних едафічних конструкцій моделей техноземів для вирощування *Miscanthus × giganteus*. Рациональне використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій : колективна монографія / за ред. П. В. Писаренка, Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб. Полтава : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2018. С. 106–113.

¹⁷³ Milovanovic J., Drazic G., Ikanovic J., Jurbekova Z., Rajkovic S. Sustainable production of biomass through *Miscanthus giganteus* plantation development. *Annals Faculty Engineering Hunedoara*. 2012. Tome X. Fascicule 1: 79–82.

¹⁷⁴ Taranenko A., Kulyk M., Galytska M., Taranenko S. Effect of cultivation technology on switchgrass (*Panicum virgatum* L.) productivity in marginal lands in Ukraine. *Acta Agrobot*. 2019. 72 (3) : 1786. URL : <https://doi.org/10.5586/aa.1786>.

¹⁷⁵ Kulyk M. I., Kurylo V. L., Kalinichenko O. V., Galytska. M. A. Plant energy resources: agroecological, economic and energy aspects : Monograf / Edited by authors. Poltava: Astraya, 2019. P. 48–58.

¹⁷⁶ Литвиненко О. В., Кулик М. І. Закономірності формування урожайності за сумісного вирощування міскантусу гігантського з бобовими культурами. *Весняні наукові читання – 2019* : 36. тез XXIX Міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції, 15 квітня 2019 року. С. 37–42.

¹⁷⁷ Гументик М. Я. Особливості технології змішаного вирощування біоенергетичних злакових культур для виробництва біопалива. *Біоенергетика*. 2019. Вип. № 1 (13). С. 16–18.

міскантусу, а також значною мірою цей показник змінювався від умов вирощування. Встановлено, що у середньому за три роки досліджень найвища приживлюваність ризом була за висаджування саме тих, що мали найбільшу кількість бруньок. Більш крупний посадковий матеріал характеризувався більшою масою та кількістю новоутворених бруньок. Збільшення маси маточних кореневищ та їх ступеня розгалуження сприяло формуванню більшої кількості бруньок та маси маточних ризом міскантусу, з урахуванням модифікаційної дії ґрунтово-кліматичних умов вирощування [178].

Встановлено, що із збільшенням густоти садіння ризом (від 10 тис. шт./га до 25 тис. шт./га) збільшується і коефіцієнт енергетичної ефективності – від 15,3 до 17,2. Збільшенням маси ризом від 30 г до 120 г у середньому знижує цей показник від 17,2 до 16,1. Визначено, що оптимальною густиною стояння рослин міскантусу гігантського є 15 тис. шт./га за маси ризом 30–60 г [179].

Це підтверджується даними зарубіжних авторів. Так, R. Newman встановив, що збільшення врожайності сухої біомаси міскантусу гігантського відмічається із зменшенням густоти стеблостою рослини, що обґрунтовується збільшенням площі живлення, покращенням умов освітлення і зниженням конкуренції між рослинами [180].

Глибина висаджування ризом міскантусу також має важливе значення. Як відмічають О. М. Ганженко та В. М. Квак висаджування садивного матеріалу міскантусу на глибину 8–10 см має значний вплив на інтенсивність росту і розвитку рослин, формування ними продуктивного потенціалу [181].

Результати досліджень інших авторів свідчать про ефективність вирощування міскантусу при застосуванні регуляторів росту рослин (Агростимуліну та Регоплант), їх впливу на показники приживлюваності ризом, збільшення висоти рослин, кількості стебел у кущі та їх облиствленості [182].

Результати досліджень О. В. Зінченко, проведених в умовах Полісся

¹⁷⁸ Дрига В. В. Формування маточних кореневищ міскантусу гігантського залежно від якості садивного матеріалу та умов вирощування. *Селекція і насінництво. Новітні агротехнології*. 2017. Вип. № 5. URL : <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122117>.

¹⁷⁹ Квак В. М. Вплив маси ризомів міскантусу та густоти їх садіння на енергетичну продуктивність біомаси. *Зб. наук. праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 17, том 1. С. 146–151.

¹⁸⁰ Newman R. *Miscanthus Practical Aspects of Biofuel Development*. United Kingdom : Department of Trade and Industry, 2003. 79 p.

¹⁸¹ Ганженко О. М., Квак В. М. Вплив глибини садіння ризом міскантусу на їх проростання. *Біоенергетика*. 2013. Вип. № 1. С. 36.

¹⁸² Зінченко О. В. Оцінка впливу регуляторів росту на інтенсивність фотосинтезу, приживаність, морфологічні показники міскантусу гігантського. *Наукові праці Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 19. С. 47–50.

України, свідчать про те, що біохімічний склад рослин міскантусу гігантського залежав від формових особливостей, року вегетації та строків садіння ризом. Рослини міскантусу гігантського наприкінці вегетації характеризуються високим вмістом абсолютно сухої речовини, низьким – каротину і цукрів. Визначено, що вміст цукрів та абсолютно сухої речовини з віком рослин знижується. Сухих речовин та цукрів було більше в стеблах, а каротину – у листках міскантусу гігантського [183].

Зарубіжні науковці, вивчаючи впливу азоту на рослини міскантусу гігантського, обґрунтували позитивний ефект від внесення підвищених доз азоту на врожайність міскантусу гігантського [184, 185, 186].

Враховуючи біологічні особливості міскантусу гігантського, обґрунтовано особливості підготовки ґрунту, застосування добрив, способи вирощування і висаджування садивного матеріалу [187], догляду за рослинами під час вегетації та збирання врожаю. Визначено, що дотримання агротехніки вирощування міскантусу гігантського дозволить отримати новий вид сільгосппродукції (біоенергетичної сировини), що дозволить знизити енергетичну залежність України [188].

Удосконалення технології вирощування міскантусу гігантського, на основі оптимізації агрозаходів вирощування культури з урахуванням потреб рослин, та на основі зменшення кількості агрозаходів, дозволяє зменшити затрати на вирощування та збільшити ефективність виробництва біомаси [189].

Отже, проаналізовано літературні джерела та визначено, що міскантус гігантський є типовою багаторічною культурою, що має добрі пристосувальні реакції до умов Лісостепу України. Рослини міскантусу здатні продукувати високу врожайність енергоємної біомаси. Біосировина міскантусу гігантського є якісним компонентом для виготовлення різних біопалив (рідких, твердих та газоподібних).

¹⁸³ Зінченко О. В. Біохімічні особливості рослин *Miscanthus × giganteus* в умовах Полісся України. *Біоенергетика*. 2015. Вип. 8. С. 127–129.

¹⁸⁴ Lewandowski I., Schmidt U. Nitrogen energy and land use efficiencies of miscanthus reed canary grass and triticale as determined by the boundary line approach. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 2006. Vol. 112. P. 335–346.

¹⁸⁵ Ercoli L., Mariotti M., Masoni A., Bonari E. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on biomass yield and efficiency of energy use in crop production of *Miscanthus*. *Field Crops Research*. 1999. Vol. 63. P. 3–11.

¹⁸⁶ Cosentino S. I., Patane C., Sanzone E., Copani V., Foti S. Effects of soil water content and nitrogen supply on the productivity of *Miscanthus × giganteus* Greef et Deu. in a Mediterranean environment. *Industrial Crops Products*. 2007. Vol. 25. P. 75–88.

¹⁸⁷ Гументик М. Я., Квак В. М., Замойський О. І. та ін. Вплив елементів механізованої технології вирощування на продуктивність біомаси міскантусу. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2015. Вип. 4. С. 50–54.

¹⁸⁸ Рахметов Д. Б., Каленська С. М., Федорчук М. І. та ін. Методичні рекомендації з оптимізації технології вирощування міскантусу в різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Херсон : ВЦ «Колос»: ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», 2017. 22 с.

¹⁸⁹ Кулик М. І., Сиплива Н. О., Рожко І. І. Урожайність та ефективність виробництва біомаси енергетичних культур залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 104. С. 11–12.

Обґрунтовано, що вирощування міскантусу гігантського на маргінальних землях, не задіяних під сільськогосподарське виробництво, за визначених елементів технології вирощування дозволяє збільшити врожайність біомаси. Окремі із заходів агротехніки дозволяють здешевити рослинну сировину та підвищити рівень її рентабельності, інші – необхідно вивчити та оптимізувати.

Для раціонального використання біопалива із біомаси міскантусу гігантського та забезпечення альтернативною енергією споживачів сільських територій пропонується наступна схема (рис. 9).

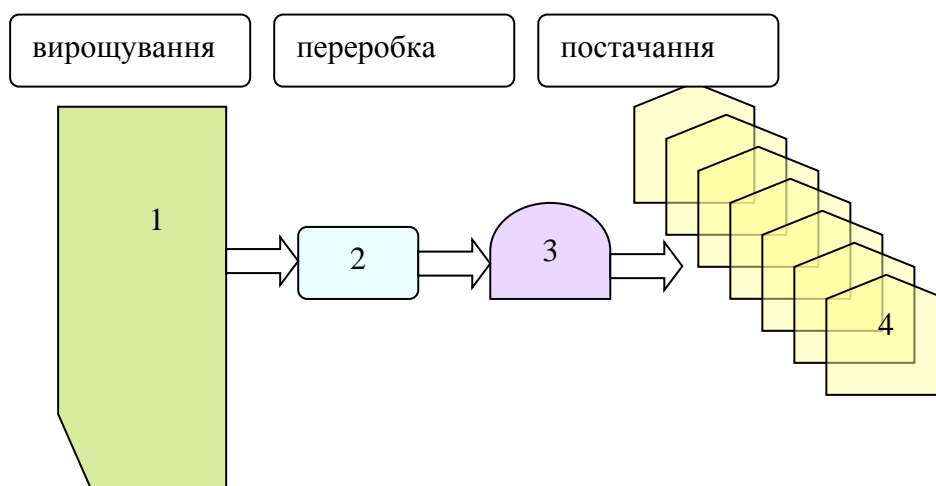


Рис. 9. Логістична схема енергоконверсії біопалива із біомаси міскантусу гігантського

Примітки: 1 – енергетичні насадження (вирощування біомаси), 2 – переробний комплекс біомаси на біопаливо, 3 – котельня для генерування енергії з біопалива, 4 – споживачі енергії (постачання).

Джерело: авторська розробка.

Отже, доведена гіпотеза про можливість отримання значного обсягу енергоємного біопалива із міскантусу гігантського, що дозволяє більш ефективно використати отриману альтернативну енергію для потреб населення об'єднаної територіальної громади. При цьому важливим є створення інфраструктури, що передбачає залучення ресурсу сільського господарства для вирощування енергокультур, збирання біомаси та переробних підприємств за участі енергосервісних компаній для постачання трансформованого енергоресурсу до споживачів.

Енергоконверсія біопалива у різні види енергії на місцевому рівні дозволить знизити обсяги використання непоновлюваних джерел енергії. Що, в свою чергу, дасть змогу господарствам, задіяним в даному секторі, одержати додатково нові робочі місця, дешеві енергоносії, а місцеві соціальні заклади та виробництво забезпечити альтернативною енергією і, що не менш важливо – зменшити екологічне навантаження на довкілля.

Тому, перспективою наших подальших досліджень буде вивчення особливостей формування врожайності біомаси залежно від оптимізації елементів агротехнології на основі екологізації вирощування міскантусу гігантського у тісному зв'язку із погодними умовами періоду вегетації рослин.

3.5. Вплив азотних добрив на урожайність та якість сої

Сідаш А. А.

Полтавська державна аграрна академія

Соя – цінна білково-олійна культура, що має широкий спектр використання в кормо-виробництві, харчовій, переробній промисловості та медицині. За посівними площами соя займає четверте місце у світі серед сільськогосподарських культур. У структурі посівів США соя разом з кукурудзою за площею поділяє перше місце. Вона займає провідні позиції у світовому виробництві сільськогосподарської продукції, а кількість площ, зайнятих під нею, за 10 років збільшилось на 46,2 %, валовий збір – на 74,8 %. Інтерес до сої викликаний високими поживними якостями цієї культури. В її насінні містяться майже всі органічні речовини: 20 % олії та до 40 % білку, 25–30 % вуглеводів, 5–6 % мінеральних речовин, а також ферменти, різноманітні вітаміни і фосфатиди. тобто ця культура в країнах з низьким доходом населення є джерелом дешевого білку для харчування людей, а в країнах із вищим рівнем доходів використовується як цінна білкова сировина в годівлі тварин під час виробництва тваринного білку [190].

Соевий білок біологічно повноцінний, ідеально збалансований за амінокислотним складом. Його перетравність досягає 90 %, що відповідає білку курячого яйця. Порівняно з м'ясом він містить майже в 2 рази більше фосфорної кислоти і в 4 рази більше мінеральних речовин та не містить пуринових основ, що призводять до подагри. Із сої виготовляють досить цінну харчову олію, що відноситься до групи лінолево-олеїнових напіввисихаючих, яку споживає більше 30 % населення планети. Соева олія використовується як сировина для виготовлення маргарину, лецитину, яка використовуються в харчовій промисловості та

¹⁹⁰ Тимченко В. Н. Розвиток виробництва сої в Україні і ефективне свинарство. URL : <http://agroua.net/animals/catalog/ag-4/a-0/info/aig-71/>.