МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет агрономії
Кафедра рослинництва

Допущено до захисту

«____» _____ 2023 р.

Зав. кафедри, к. с.–г. наук, доцент

_____ Віталій КРАВЧЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ступеня вищої освіти магістр

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОЩУВАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Виконав: студент ІІ курсу, групи 25 м-а
спеціальності 201 Агрономія
КРАВЕЦЬ Андрій Олександрович

Керівник: ВИШНЕВСЬКА Леся, к. с.-г. н., доцент

Умань – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП 4

РОЗДІЛ 1. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ФІТОЕНЕРГЕТИКИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ) …… 6

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ (фітоенергетичні культури: міскантус гігантський - *Miscanthus gigantheus,* просо прутоподібне або світчграс - *Panicum virgatum,* Верба прутовидна - *Salix viminalis*) 15

РОЗДІЛ 3. УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ..... 16

3.1. Характеристика ґрунту під дослідом 16

3.2. Кліматичні та погодні умови 17

3.3. Схема досліду та розміщення варіантів..... 21

2 3.4. Програма досліджень і методика їх проведення 22

РОЗДІЛ 4. ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ …… 25

4.1. Обліки та спостереження за умовами вирощування та аналіз енергетичних рослин ……... 25

4.2. Вивчення елементів технологій з підвищення зимостійкості міскантусу і залежність від агротехнічних прийомів …..

4.3. Продуктивність світчграсу залежно від способу догляду за посівами

4.4. Вплив строків садіння, густоти насаджень та площі живлення на ріст і розвиток рослин енергетичної верби в другий рік вегетації 34

РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ …… 42

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 50

6.1. Моделювання виробничих небезпек під час вирощування енергетичних ультур…… 50
6.2. Охорона навколишнього природного середовища при вирощуванні енергетичних культур..... 52
ВИСНОВКИ..... 54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 57
ДОДАТКИ..... 64

ВСТУП

Актуальність теми. Значні перспективи для біоенергетики в Україні мають деякі нетрадиційні культури, здатні накопичувати велику біомасу, а також швидкорослі деревні породи й нові сорти тополі, верби та інших деревних культур [1].

Створення власного джерела біоенергетичної сировини для виробництва твердого біопалива сприятиме укріпленню енергетичної безпеки України та зменшить її залежність від імпорту енергетичних ресурсів. В даний час на Україні сировиною для виробництва твердого біопалива гранул та брекетів служать відходи деревообробної промисловості. На особливу увагу заслуговує напрям, пов'язаний із забезпеченням сировиною для виробництва твердого біопалива за рахунок вирощування нових видів високопродуктивних багаторічних рослин, що дає змогу гарантовано отримати задану кількість біомаси необхідної якості. За рахунок невибагливості до умов вирощування, значної продуктивності та високої якості отриманої біомаси найбільш перспективними багаторічними рослинами для виробництва твердого біопалива в Україні є види міскантусу (Miscanthus), світчграсу (Panicum), енергетичної верби (Sales) та інші.

Згідно закону України «Про альтернативні види палива» [2] біомаса визначається як біологічно відновлювальна речовина органічного походження, що зазнає біологічного розкладу.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Кваліфікаційна робота є складовою частиною наукових досліджень Уманського НУС та кафедри рослинництва «Розробка технологій вирощування польових і кормових культур у системі органо-біологічного рослинництва».

Наукова новизна одержаних даних. Створення вітчизняної колекції біоенергетичних рослин забезпечить збереження зразків цінних ознак та доступ

наукових установ, селекційних організацій та фізичних осіб до біоенергетичних видів рослин. Інтродукція біоенергетичних рослин в умовах України дасть можливість значно підвищити потенціал вітчизняного сільського господарства, який при вирощуванні енергетичних рослин суттєвим додатковим енергії та прибутку.

При виконані кваліфікаційної роботи ми проаналізували наукову літературу з питань вирощування біомаси, матеріали досліджень Ялтушківської дослідно-селекційної станції ІБКіЦБ НААН та умови для вирощування енергетичних культур на ПП «Рідний край». Провели порівняльний аналіз вирощування традиційних енергетичних культур з новим їх поколінням – енергетична верба, міскантус, світчграс.

Практичне значення отриманих результатів. На основі проведених досліджень і узагальнення статистичних і літературних даних вперше одержано деталізовану оцінку вирощування фітоенергетичних культур енергетичної верби, світчграсу та міскантусу. Отримані результати порівняльної характеристики вирощування енергетичних культур в умовах Східного Поділля свідчать про доцільність створення плантацій з вирощування енергетичних культур.

Апробація результатів досліджень. Основні результати наукових досліджень доповідалися та обговорювалися на Всеукраїнській студентській науковій конференції.

РОЗДІЛ 1
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ФІТОЕНЕРГЕТИКИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Скорочення споживання природного газу, розвиток енергозбереження та вирішення нагальних екологічних проблем - найбільш актуальні задачі, що стоять сьогодні перед Україною. Енергетична безпека країни суттєво залежить від ступеню диверсифікованості енергоносіїв, що використовуються для задоволення її енергетичних потреб. Проблема з газопостачанням, що виникла в Україні, ще раз продемонструвала нагальну необхідність пошуку і впровадження альтернативних та відновлюваних джерел енергії і енергозберігаючих технологій. Серед всіх відновлюваних джерел енергії, біомаса є найбільш перспективною для заміщення природного газу та інших викопних палив в Україні [3].

Поряд з цим, Україна має потужну сировинну базу та сприятливі природні умови для розвитку та виробництва альтернативних видів палива та відновлюваної енергії [4]. Цей потенціал України повинен стимулювати розвиток у державі технологій і технічних рішень як для виробництва альтернативних джерел енергії з метою забезпечення паливно-енергетичного комплексу ресурсами, так і розвитку ринку альтернативних видів палива. Окрім того, розвиток біоенергетики в нашій країні, поряд із сталістю та економічними превагами, не повинен завдавати шкоди навколишньому природному середовищу (Н.В. Мельник). За статистикою, енергоефективність в Україні в 11 разів нижче, ніж у середньому по іншим розвинутим країнам [5].

Удосконалення технологічних процесів, застосування адаптивних технологій вирощування енергетичних культур на непродуктивних деградованих землях, здійснення загального науково-методичного та технологічного забезпечення

процесу вирощування біомаси дадуть змогу успішно впроваджувати у виробництво різні види біопалива на основі сировини рослинного походження. Даним питанням присвячена наша дослідницька робота.

У березні 2012 Вінниччина стала столицею аграрної науки України по питанню розвитку альтернативних джерел енергії. Саме тут на базі Вінницького національного аграрного університету пройшла міжнародна науково-технічна конференція «Земля України – потенціал енергетичної та екологічної безпеки держави».

Конференція зібрала усіх небайдужих до питання виробництва і використання нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії в Україні. Питання енергетичної безпеки сьогодні надзвичайно актуальне для нашої держави [6].

Біомаса – це вуглецевомісткі органічні речовини рослинного та тваринного походження (деревина, солома, рослинні залишки сільськогосподарського виробництва, гній, органічна частина твердих побутових відходів та іноді торф). Для виробництва енергії переважно застосовують тверду біомасу, атакож отримані з неї рідкі та газоподібні палива – біогаз, біодизель, біоетанол [7].

Окрім енергетичних проблем, застосування біомаси та біопалив може допомогти також у вирішенні ряду важливих екологічних проблем. Поперше, це стан повітря, забрудненого шкідливими речовинами вихлопних та димових газів. По-друге, це великі обсяги викидів в атмосферу парникових газів – диоксиду вуглецю, метану та інших [8].

Біомаса є відновлюваним, екологічно чистим паливом за умови екологічно раціонального виробництва та використання. Оскільки біомаса є CO^2 нейтральнимпаливом, то її використання не призводить до підсилення глобального парникового ефекту.

Впровадження біоенергетичних проектів в рамках механізмів Кіотського протоколу є ефективним шляхом зниження викидів парникових газів. З огляду на існуючу енергетичну та екологічну ситуацію, Україна має негайно приступитидо широко впровадження біоенергетичних технологій і застосування всіх видів біопалив – твердого, рідкого, газового. Але це має робитися з урахуванням питання сталого розвитку та необхідності збереження біорозмаїття країни [9].

Сьогодні біомаса за значенням посідає четверте місце серед палив і забезпечує близько 2 млрд. т у.п.на рік, або 14% загального споживання первинних енергоносіїв у світі (у країнах, що розвиваються — понад 30%, іноді до 50-80%). Виробництво енергії з відновлюваних джерел, включаючи біомасу, динамічно розвивається в більшості Європейських країн. На сьогодні відновлювані джерела енергії (ВДЕ) покривають 7% енергоспоживання країн Європейського Союзу, в тому числі біомаса - 4%, тобто більше половини. В окремих країнах частка біомаси в загальному споживанні первинних енергоносіїв значно перевищує середньоєвропейську і складає в Фінляндії 23% (світовий лідер серед розвинених країн), в Швеції – 19%, в Данії – 12%, в Австрії – 12%. Відповідно до Нового енергетичного плану ЄС, внесок ВДЕ в загальне енергоспоживання повинен скласти 20% до 2020 р. При цьому частка ВДЕ у виробництві теплової енергії має збільшитися до 20% (внесок біомаси – 76% усіх ВДЕ), у виробництві електроенергії - до 34% (внесок біомаси - 24% всіх ВДЕ) [10].

Подальший розвиток використання біомаси має відбуватися з обов’язковим урахуванням його впливу на оточуюче середовище та дотримуванням критеріїв стійкого розвитку.

Україна має великий потенціал біомаси, доступної для енергетичного використання. Економічно доцільний потенціал біомаси оцінюється у 27 млн. т у.п./рік [11].

За результатами досліджень Кравчука В., Новохацького М., Кожушка [12] сучасна структура паливно-енергетичного комплексу може стати загрозою для енергетичної й національної безпеки країни. Тому питання розвитку біоенергетики є досить актуальним для нашої держави. За матеріалами експертів, частка відновлюваних джерел енергії у світовому паливноенергетичному балансі в 2050 році може досягти 50%, а за прогнозом Світової енергетичної ради, – до 80-90% на кінець поточного сторіччя. Німеччина і Швеція до кінця цього сторіччя планують отримувати всю енергію за рахунок відновлюваних джерел.

Основними складовими потенціалу є відходи сільськогосподарського виробництва та енергетичні культури. Шляхом залучення цього потенціалу до виробництва енергії може задовольнити близько 13% потреби України в первинній енергії. Розвиток біоенергетичного сектору в Україні має проходити послідовно та обґрунтовано, з урахуванням можливого впливу на національну економіку та на довкілля [13].

Адже наближається ера вичерпання глобальних запасів нафти – і це не може не лякати світ, а тим паче Україну, що є енергодефіцитною країною. В таких умовах на перше місце має вийти, звичайно, біоенергетика, яка здатна розвиватись швидкими темпами, забезпечувати основні галузі, перш за все сільське господарство та транспорт, біопаливом власного виробництва і таким чином зменшити залежність національної економіки від імпорту нафти та нафтопродуктів [14].

Зростання цін на енергоресурси викликає нову хвилю потужного процесу їх ощадливого використання, що спостерігається в переважній більшості країн світу, передусім, у промислово розвинутих країнах. Існуючі технології дають змогу значно знизити рівень використання традиційних паливних ресурсів за рахунок

енергії відновлювальних джерел. Динаміка росту цін на «чорне золото» беззаперечно свідчить про необхідність розвитку альтернативних джерел енергії.

Забезпечення економіки і соціальної сфери країни основними видами енергоносіїв (електричною та тепловою енергією, моторними і котельнопічними видами палива) покладається на паливно-енергетичний комплекс України (ПЕК), стан якого можна охарактеризувати як критичний: 92,1% енергоблоків теплових електростанцій відпрацювали свій розрахунковий ресурс (100 тис. год.), а 63,8% енергоблоків перетнули визнану у світовій енергетичній практиці межу граничного ресурсу й фізичного зносу (відповідно 170 тис. і 200 тис. год.) та потребують модернізації чи заміни [15]. Експлуатація такого обладнання призводить до збільшення питомих витрат умовного палива на виробництво електричної й теплової енергії.

Проблема залежності життєдіяльності людини від традиційних енергоносіїв набуває глобальних масштабів. У результаті економічного розвитку зростає споживання енергії, а це, в свою чергу, веде до збільшення імпорту енергоносіїв. Водночас запаси традиційних енергоресурсів стрімко зменшуються, а ціни на них зростають. Україна споживала в 2012 році близько 70 млрд. $м^3$ газу, з яких лише 21,5 млрд. $м^3$ - власного видобутку.

Продовольча безпека, як пріоритетне стратегічне завдання будь-якої країни, зокрема й України, зумовлена необхідністю всебічного вивчення, аналізу, узагальнення та вирішення актуальних проблем збільшення ефективності використання, відновлення та зберігання природних ресурсів в аграрному секторі - земельного, водного, лісового, а також повітряного басейну. При цьому особливу увагу слід звернути на досягнення оптимального рівня екологоекономічної

ефективності використання, відновлення та зберігання земельних ресурсів - найважливіших складових ресурсного потенціалу продовольчого комплексу [16].

Незважаючи на переваги, які дає сільському господарству, а також усьому людству, розвиток ринку біопалив, якщо брати до уваги надійність енергопостачання та зниження викидів парникових газів (особливо діоксану вуглецю), формування світового ринку біопалив поки що не співвідноситься із його значенням для людства. При цьому слід зазначити, що світова спільнота ще знаходиться на стадії визначення щодо доцільності виробництва біологічних видів палива. Фактично біопаливо розкололо світ на два протиборчі табори: одні виступають за використання біопалива, інші наполягають на пошуку альтернативних джерел енергії.

Згідно із Законом України від 27.11.2003 № 4444 «Про альтернативні джерела енергії» під біологічними видами палива розуміють палива, повністю виготовлені з відновлюваної біологічної сировини - продукції й відходів сільського господарства і промисловості, які можуть використовуватися безпосередньо як паливо у чистому вигляді та як компонент для виробництва інших палив чи для змішування з традиційними видами палив у пропорціях, встановлених відповідно до державних стандартів [17].

В Україні наявні всі природно-економічні умови для вирощування та реалізації біопалива: земельні ресурси, науковий, технічний і кадровий потенціал, діють законодавчо-правові акти розвитку ринку біопалив. Україна не тільки забезпечує себе в достатній кількості продуктами харчування, а й експортує значну частину продукції сільського господарства, використовуючи при цьому здебільшого екстенсивні методи виробництва сільськогосподарської продукції та щороку в повному обсязі не вводячи у сільськогосподарське використання земельні

ресурси. Для заміни 30% обсягу бензину й дизпалива, який споживає народне господарство України, на біоетанол і біодизель необхідно задіяти малопродуктивні землі при досягненні підприємствами максимальної врожайності енергетичних культур за умов дотримання технологічних параметрів їх вирощування [18]. Це практично та площа землі, яка сьогодні, у зв'язку з відсутністю достатньої кількості нафтопродуктів та інвестицій, не використовується у сільськогосподарському виробництві, заростає бур'янами.

В Україні існує багато джерел енергії з біомаси. Це переважно сільськогосподарські відходи та відходи деревини лісової промисловості.

Основними складовими потенціалу є сільськогосподарські відходи та енергетичні культури. Серед сільськогосподарських відходів найбільший економічний потенціал мають відходи виробництва соняшника (стебла, кошики, лушпиння), потім йдуть відходи виробництва кукурудзи на зерно (стебла, листя, стрижні початків). Солома зернових культур та солома ріпаку посідають третє та четверте місця, відповідно. Економічний потенціал енергетичних культур навіть більше, ніж сільськогосподарських відходів. Він включає не тільки біомасу культур як таких, але у випадку ріпаку і кукурудзи перерахований також на обсяг біодизелю (плюс солома) та біогазу. Виходячи з теперішнього рівня загального споживання первинних енергоносіїв (ЗСПЕ) в Україні (210,7 млн. т у.п. у 2019 році [19]), економічний потенціал біомаси може задовольнити близько 5-13% потреби України в енергії.

Україна має всі об'єктивні можливості для розвитку власного ринку біопалива. Плацдармом для цього може слугувати Вінниччина. Вінницька область володіє необхідним науковим і виробничим для цього потенціалом [20].

Розвиток енергії з поновлювальних джерел повинно бути головною метою енергетичної політики України, а прискорений розвиток нетрадиційних відновлювальних джерел енергії, зокрема біопалив, найважливішим пріоритетом в економіці України на найближчі 10 років при законодавчому закріпленні низки пропозицій щодо розвитку таких виробництв. Це шлях України до енергетичної та екологічної безпеки [21].

Плантаційне лісорозведення набуває стрімкого розвитку у світі. Плантації верби енергетичної, або біоенергетичні плантації, вже тривалий час створюються в країнах Європи, таких як: Норвегія, Данія, Німеччина, Австрія, Польща та Швеція. І з кожним роком перелік країн, в яких створюються біоенергетичні плантації розширюється.

В Україні є суттєвий потенціал для значного поліпшення енергозабезпечення за рахунок біоенергетичних культур. Вітчизняна біоенергетика стає важливим чинником стримування дефіциту на вуглеводневу сировину та в перспективі може стати основою енергетичної безпеки держави.

За дослідженнями науковців (В.А. Мазура, О.М.Ганженко, Д.С. Шляхтурова) цього можливо досягти лише за тісної співпраці виробничників і науковців, проведення широкомасштабних досліджень щодо встановлення оптимальних умов вирощування біоенергетичних культур та найефективніших технологічних процесів отримання високоякісного біопалива з урахуванням організаційно-правових, технічних, технологічних, економічних та соціальних аспектів функціонування біоенергетичної галузі [22].

Особлива увага у розвитку фітоенергетики це – збалансоване природокористування, де особлива роль відводиться політиці охорони довкілля,

созологічним аспектам сільськогосподарської діяльності у Вінницькій області та методам оцінки рівня екологічної безпеки в агросфері України [23-26].

Біоенергетичні плантації створюються переважно з фітоенергетичних сільськогосподарських культур та швидкоростучих деревних порід, задля отримання біомаси.

Перші плантації на Вінниччині закладено у Літинському райагролісі на території Микулинецької сільської ради - створено енергетичну маточну плантацію швидкорослої тополі площею 5 га італійської та румунської селекції та енергетичної верби біля 20 років тому [27].

Розвиток не традиційної енергетики потребує наукової основи. ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум», який створили на базі Вінницького національного аграрного університету (ВНАУ) та Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України вносить свій вклад у розвиток фітоенергетики.

На сьогоднішній день Ялтушківська та Лядівська дослідно - селекційні станції ІБКіЦБ НААН України, що входять до складу ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум», створили високоенергетичні культури селекції: міскантус гігантський сорт «Осінній зорецвіт», міскантус цукровоквітковий «Снігова королева», міскантус китайський «Місячний промінь», просо прутоподібне (світчграс) соту «Морозко» та «Лядовське», а також верба прутовидна сорт «Збруч».

Вінниччина має всі підстави для того щоб стати країною "зеленої" енергетики — всебічного й повного використання біомаси. Розвиток біоенергетичних технологій зменшить залежність нашої країни від імпортованих енергоносіїв, підвищить її енергетичну безпеку завдяки організації енергопостачання на базі місцевих відновлюваних ресурсів, створить значну кількість нових робочих місць

(переважно в сільських районах), зробить великий внесок у поліпшення екологічної ситуації.

Одним із перспективних напрямків у цьому сенсі є вирощування енергетичної сировини на плантаціях швидкорослих деревних порід, зокрема – верб, здатних до легкого відновлення надземної частини після її зрізання.

Верби – один з найбільших родів деревних порід помірного клімату. Вважається, що їх у світі існує близько 350–370 видів. Із них в Україні природно зростають 23–25 видів. Верби зустрічаються від умов альпійських височин до напівпустель, пустель та лісотундри і, завдяки своїй біологічній стійкості, потужному фотосинтезуючому апарату та кореневій системі, швидкорослості, стійкості до несприятливих факторів, здатності легко розмножуватись вегетативно, формувати низку генерацій порослевого походження, відносній довговічності, невибагливості до родючості ґрунту і здатності рости на землях не придатних для ведення сільського господарства, безперечно посідають перше місце серед інших енергетичних рослин, придатних для вирощування в умовах України [28].

Вирощування верби має ряд преваг, порівняно з традиційним веденням лісового господарства. Завдяки високій інтенсивності вирощування, можливості застосування при експлуатації плантацій мінімально можливого обороту рубання (1-3 роки) вирощування енергетичної вербової сировини більш наближене до сільського господарського виробництва.

Продуктивність вербових насаджень за оцінками експертів становить 8-12 т сухої деревини в рік, що перевищує продуктивність традиційних лісових насаджень у 14 разів. При цьому, використання сучасних котлів, які працюють на біопаливі з вербових плантацій дозволяє у 4 рази зменшити витрати на опалення приміщень у порівнянні з використанням газових опалювальних систем [29].

Проте, поряд з безсумнівними вигодами плантаційного вирощування енергетичної верби, існує низка не до кінця вирішених питань, які стримують розвиток цього напряму господарювання. Серед них можна виділити наступні:

- підбір та відведення земель, придатних для створення плантацій;
- добір високопродуктивних видів та сортів верби до конкретних умов вирощування;
- розроблення ефективних технологій створення та вирощування плантацій у різних ґрунтових умовах та на різних категоріях земель;
- оцінка впливу такого типу насаджень на навколишнє середовище, зокрема – на ґрунт;
- особливості проведення рекультивації земель після закінчення терміну експлуатації насаджень.

Науковці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків аціональної академії аграрних наук України (М. В. Роїк, М. Я. Гументик, В. В. Мамайсур, О. М. Ганженко, О. О. Ягольник) висвітлили питання: біоенергетичної реформи в окремо взятому інституті [30]; концепцію виробництва і використання твердих видів біопалива в Україні [31]; перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва твердого біопалива [31]; енергетична верба: технологія вирощування та використання [32] тощо.

Починаючи з 2009 року на Ялтушківській дослідно - селекційні станції проводиться комплексне вивчення зразків біоенергетичних культур в тому числі і просо прутоподібне – світчграс.

Світчграс (Panicum virgatum) тут представлений 8 сортами: Канлоу, Дакота, Небраска, Санберст, Аламо, Форестбург, Кейв-ін-Рок, Картадж.

В Європі постійно підвищується інтерес до культур, які вирощуються для отримання біомаси як джерела відновлювальної CO_2. Для цього вивчається багато різних видів рослин, наприклад, верба, евкаліпт, тополя, а також однорічні та

багаторічні зернові. Однією з найбільш перспективних багаторічних рослин для виробництва біопалива є світчграс (Panicum virgatum L.,) - просо лозоподібне.

В Україні світчграс, як фітоенергетична культура для виробництва твердого палива у вигляді брикетів та пелетів, а також рідкого біопалива у вигляді етанолу та бутанолу є новою культурою. А тому потребує наукових досліджень по визначенню особливостей його росту, розвитку та продуктивності, розробки технологічних процесів, удосконалення та обґрунтування механізованої технології вирощування. Науковцями ВНАУ присвячено ряд робіт проблемам вирощування світчграсу: це і впливу технологічних прийомів вирощування на урожайність проса лозовидного першого року вегетації [19];. кількісні показники рослин проса лозовидного за різних технологічних прийомів вирощування [33]; вплив строків сівби на продуктивність біомаси світчграсу [34] тощо.

Так, дослідженнями науковців ВНАУ [19] встановлено, що найвищу урожайність сухої біомаси проса лозовидного було отримано на варіанті досліду, де глибина загортання насіння склала 1 см. Середня урожайність на цьому варіанті упродовж років досліджень склала 3,2 та 2,8 т/га у сортів проса лозовидного Кейв-ін-рок та Картадж. Найвищі показники висоти рослин було отримано на варіанті досліду, де ширина міжрядь склала 15 см, а найвищу урожайність одержано у рослин першого року вегетації на варіанті досліду, де ширина міжрядь склала 30 см – 3,6 і 2,8 т/га у сортів проса Кейв-ін-рок та Картадж.

Найкращий варіант передпосівного обробітку ґрунту, де проводилося дві передпосівні культивації та до і післяпосівне коткування ґрунту і отримано найвищу урожайність сортів проса лозовидного Кейв-ін-рок – 3,5 та Картадж – 2,7 т/га.

Міскантус (Miscanthus) – багаторічна злакова культура, яку впродовж багатьох років вирощують в Америці та Західній Європі як джерело біоенергії. За рахунок

високої врожайності сухої біомаси (до 25 т/га), високої теплотворної здатності (5 кВТ/год/кг або 18 МДж/кг), низької природної вологості стебел на час збирання (до 25%) міскантус є найефективнішою, порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами, рослиною для виробництва для виробництва твердого біопалива. Колекція виду Міскантус (Miscanthus) нараховує 7 видів: Miscanthus gigantheus, Miscanthus sinensis, Miscanthus early, Miscanthus sachariflorus, Miscanthus latte, Miscanthus new, Miscanthus gigantheus new.

Біомаса зі стебел міскантусу, за рахунок високого вмісту целюлози та низького вмісту важких металів, ідеально підходить для виробництва твердого біопалива.

Крім того, за рахунок потужної кореневої системи вирощування багаторічних злакових культур сприяє зменшенню ерозійних процесів, що дозволяє вирощувати ці культури на схилах.

Міскантус гігантський (Miscanthus giganteus) - багаторічна злакова високопродуктивна енергетична трав'яниста рослина. Забезпечує вихід з 1 га 22-26 т сухої маси або 380-400 ГДж теплової енергії. Використовується для виготовлення твердого біопалива (паки, пелети) з сухої біомаси, зібраної в пізньоосінній або зимовий період. Розмножується ризомами (частинами коріння), які висаджують широкорядним способом рано навесні. Є невеликі плантації у виробничих умовах з метою виготовлення твердого біопалива, де застосовують механізовані способи закладання плантацій і збирання урожаю. Особливістю міскантусу є те, що його стебла не накопичують зольних елементів і важких металів, тому його можна вирощувати на одному полі впродовж 20 років [31].

Міскантусу присвячено ряд наукових робіт членів ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум» (М. Я. Гументик, В. М. Квак, Ю. І. Гайда, Я. Д. Фучило, І. В. Гнап) в тому числі і публікації: «Вирощування та використання

органічної сировини для виробництва енергії» [35], «Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу в умовах західного Лісостепу України» [36] та монографія: «Економічна ефективність інвестицій у вирощування біоенергетичних культур в зоні Лісостепу України» [37].

Проведені спостереження за ростом і розвитком рослин показали, що рослини світчграсу розвивались неоднаково залежно від способу сівби. У перший рік вегетації були отримані сходи рослин, які повільно розвивались незалежно від ширини міжрядь, сформували за період вегетації, який тривав 162 дні, рослини висотою 30-40 см, які не мали цінності для збирання. Слід відмітити, що за сівби з шириною міжрядь 15 і 30 см посіви були чистішими від бур'янів і розвивались інтенсивніше, а за сівби з шириною міжрядь 45 см була значна забур'яненість, яка обумовлювала додаткові заходи по знищенню бур'янів [28].

Створені енергетичні гаї та плантації можуть значно покращити естетичний, екологічний стан аграрних та урбанізованих ландшафтів, збільшують різноманіття флори та фауни.

Спільнота сприяє розвитку даного напряму отримання енергетичної сировини, як на юридичному, так і на науковому рівнях, створюючи сприятливі умови для фізичних і юридичних осіб, які займаються вирощуванням енергетичних рослин.

Подальший розвиток використання біомаси має відбуватися з обов'язковим урахуванням його впливу на оточуюче середовище та дотримуванням критеріїв стійкого розвитку.

Україна має великий потенціал біомаси, доступної для енергетичного використання. Економічно доцільний потенціал біомаси оцінюється у 27 млн. т у.п./рік [38].

У більшості європейських країн етап комерціалізації цієї галузі енергетики вже минув і вартість виробленої з біомаси енергії узгоджена з ринковою ціною енергії.

Щодо впливу на довкілля використання біомаси рослинного походження, то за викидами $C0_2$ баланс підтримується. Під час використання твердого палива промислових та побутових відходів виникає потреба газоочищення та золовилучення, а також утилізації, яка може бути вирішена за допомогою сучасних надійних очисних технологій.

Україна має великий біоенергетичний потенціал і при повноцінному використанні малопродуктивних земель здатна повністю його використати для створення сировинної бази альтернативної енергетики.

Вінниччина має всі підстави для того щоб стати країною "зеленої" енергетики — всебічного й повного використання біомаси. Розвиток біоенергетичних технологій зменшить залежність нашої країни від імпортованих енергоносіїв, підвищить її енергетичну безпеку завдяки організації енергопостачання на базі місцевих відновлюваних ресурсів, створить значну кількість нових робочих місць (переважно в сільських районах), зробить великий внесок у поліпшення екологічної ситуації.

РОЗДІЛ 2
ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ
(фітоенергетичні культури: міскантус гігантський - *Miscanthus gigantheus,* просо прутоподібне або світчграс - *Panicum virgatum,* верба прутовидна - *Salix viminalis*)

Міскантус *(Miscanthus)* – багаторічна злакова культура, яку впродовж багатьох років вирощують в Америці та Західній Європі як джерело біоенергії. За рахунок високої врожайності сухої біомаси (до 25 т/га), високої теплотворної здатності (5 кВТ/год/кг або 18 МДж/кг), низької природної вологості стебел на час збирання (до 25%) міскантус є найефективнішою, порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами, рослиною для виробництва для виробництва твердого біопалива. Колекція виду Міскантус *(Miscanthus)* нараховує 7 видів: *Miscanthus gigantheus, Miscanthus sinensis, Miscanthus early, Miscanthus sachariflorus, Miscanthus latte,Miscanthus new, Miscanthus gigantheus new.*

Біомаса зі стебел міскантусу, за рахунок високого вмісту целюлози та низького вмісту важких металів, ідеально підходить для виробництва твердого біопалива.

Крім того, за рахунок потужної кореневої системи вирощування багаторічних злакових культур сприяє зменшенню ерозійних процесів, що дозволяє вирощувати ці культури на схилах.

Міскантус гігантський *(Miscanthus giganteus)* - багаторічна злакова високопродуктивна енергетична трав'яниста рослина. Забезпечує вихід з 1 га 22-26 т сухої маси або 380-400 ГДж теплової енергії. Використовується для виготовлення твердого біопалива (паки, пелети) з сухої біомаси, зібраної в пізньоосінній або зимовий період. Розмножується ризомами (частинами коріння), які висаджують широкорядним способом рано навесні. Є невеликі плантації у виробничих умовах з метою виготовлення твердого біопалива, де застосовують механізовані способи закладання плантацій і збирання урожаю. Особливістю міскантусу є те, що його стебла не накопичують зольних елементів і важких металів, тому його можна вирощувати на одному полі впродовж 20 років [31].

Світчграс *(Panicum virgatum)* тут представлений 8 сортами: Канлоу, Дакота, Небраска, Санберст, Аламо, Форестбург, Кейв-ін-Рок, Картадж.

В Європі постійно підвищується інтерес до культур, які вирощуються для отримання біомаси як джерела відновлювальної CO_2. Для цього вивчається багато різних видів рослин, наприклад, верба, евкаліпт, тополя, а також однорічні та багаторічні зернові. Однією з найбільш перспективних багаторічних рослин для виробництва біопалива є світчграс (Panicum virgatum L.,) - просо лозоподібне.

В Україні світчграс, як фіто енергетична культура для виробництва твердого палива у вигляді брикетів та пелетів, а також рідкого біопалива у вигляді етанолу та бутанолу є новою культурою. А тому потребує наукових досліджень по визначенню особливостей його росту, розвитку та продуктивності, розробки технологічних процесів, удосконалення та обґрунтування механізованої технології вирощування. Науковцями ВНАУ присвячено ряд робіт проблемам вирощування світчграсу: це і впливу технологічних прийомів вирощування на урожайність проса лозовидного першого року вегетації [19];. кількісні показники рослин проса лозовидного за різних технологічних прийомів вирощування [6]; вплив строків сівби на продуктивність біомаси світчграсу [34] тощо.

Так дослідженнями науковців ВНАУ [19] встановлено, що найвищу урожайність сухої біомаси проса лозовидного було отримано на варіанті досліду, де глибина загортання насіння склала 1 см. Середня урожайність на цьому варіанті упродовж років досліджень склала 3,2 та 2,8 т/га у сортів проса лозовидного Кейв-ін-рок та Картадж. Найвищі показники висоти рослин було отримано на варіанті досліду, де ширина міжрядь склала 15 см, а найвищу урожайність одержано у рослин першого року вегетації на варіанті досліду, де ширина міжрядь склала 30 см – 3,6 і 2,8 т/га у сортів проса Кейв-ін-рок та Картадж.

Серед дерев біомаса яких може використовуватись на тверде біопаливо, найкраще підходять сорти швидкоростучої верби виду Прутовидна (Salix viminalis). Верба невибаглива до наявності поживних речовин у ґрунті, може рости на малородючих та кислих землях, але потребує багато вологи. Середній річний приріст верби прутовидної в умовах України становить 1,5 – 2,0 м. Урожай біомаси збирається кожні 2–3 роки впродовж 7–8 циклів.

РОЗДІЛ 3
УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Характеристика ґрунту під дослідом

Ґрунти прилеглих угідь населеного пункту Деребчин світло-сірі, темносірі опідзолені, сірі, середньо-суглинкові, слабозмиті. Глибина гумусного горизонту коливається від 30 до 35 см. з вмістом гумусу (за Тюріним) 1,82-2,03 %. Вміст азоту 7,1- 7,3; фосфору - 16,8-18,1; калію 13,9-16,8 мг на 100 г грунту. Середньозважений вміст гумусу становить - 2,19 %, азоту - 73, фосфору -129, калію - 121 мг/кг грунту. Реакція гунтового розчину pH 5.1-5.5, гідролітична кислотність дорівнює 2,38-2,67 мг-екв на 100 г грунту. За даними агрохімічного обстеження, що було проведено в 2022 році дані поля характеризуються наступними показниками (табл. 1).

Таблиця 1

Агрохімічні та агрофізичні показники поля № 3 селекційної сівозміни та поля № 2 ґрунтозахисної сівозміни 2022 р.

№ п/п	Показники	Поле № 3	Поле № 2
1.	Агровиробнича група ґрунтів	Сірі опідзолені слабо-змиті	Світло-сірі опідзолені змиті
2.	Механічний склад ґрунтів	Грубопилувато середньо-суглинкові	
3.	Вміст гумусу, %	1,56	1,62
4.	Забезпеченість ґрунту:		
	азотом, мг на 1 кг ґрунту:	59	75
	фосфором, мг на 1 кг ґрунту:	170	124
	калієм, мг на 1 кг ґрунту:	132	116
5.	Гідролітична кислотність, мг.-екв. на 100 г ґрунту	2,70	2,20
6.	pH ґрунту	5,1	5,2
7.	Сума вбірних основ, %	14,6	20,8
8.	Ступінь насиченості основами, %	84	80
9.	Щільність ґрунту, г/см^3	1,25	1,25

Таким чином, проаналізувавши дані агрохімічного стану дослідних полів відмічаємо, що за рівнем родючості поля є малопродуктивними і їх показники відстають від середніх показників як полів селекційної сівозміни, так і в цілому по господарству.

3.2. Кліматичні та погодні умови

Характеристика погодних умов вегетаційного періоду (квітень-жовтень) 2022 року. Характеризуючи в цілому погодні умови вегетаційного періоду 2022 року відмічаємо, що середньодобова температура повітря була на $0,8^0$ С вищою в порівнянні з багаторічними даними. Перевищення середньодобової температури в літній період в порівнянні із нормою спостерігається уже на протязі 10 і більше років, що свідчить про глобальне потепління. Опади на протязі вегетаційного

Таблиця 2.

Погодні умови вегетаційного періоду 2022 року

Показники	Місяці							Сума, середнє	Відхилення від норми
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
Температура повітря, ^{0}С	8,9	14,1	17,8	18,9	18,6	14,4	7,2	14,3	+0,8
Середньобагаторічні дані, ^{0}С	7,3	13,5	16,4	18,5	17,7	13,4	7,9	13,5	-
Відхиленні від норми, ^{0}С	+1,6	+0,6	+1,4	+0,4	+0,9	+1,0	-0,7	+0,8	-
Опади, мм	36,4	29,7	38,0	21,0	0	47,4	59,2	231,4	-168,3
Середньобагаторічні дані, мм	42,0	62,0	74,0	88,0	55,0	49,0	30,0	400	-
Відхилення від норми, мм	-5,6	-32,3	-36,0	-67,0	-55,0	-1,6	+29,2	-168,3	-

періоду склали всього 231,4 мм, при нормі 400 мм, тобто 58% від норми. Необхідно відмітити, що починаючи з квітня по вересень ми не добирали значну кількість опадів, від 5,6 мм у квітні та вересні і до 67 мм у липні місяці.

Погодні умови вегетаційного періоду 2022 року представлено у таблиці 2.

У травні місяці перевищення середньодобової температури повітря склало всього $0,6^0$ С від норми, а опадів випало 50% від норми, тобто в цей період склалися задовільні умови для отримання сходів міскантусу, посадженого в середині квітня місяця, а також для посіву світчграсу.

Погодні умови червня, липня та серпня місяців не сприяли інтенсивному росту всіх біоенергетичних культур. Опадів при нормі за 3 місяці 217 мм, випало всього 59 мм, тобто 27% від середньо багаторічних даних, при перевищенні середньодобової температури від 0.4^0 С до 1.4^0 С. Дощова погода в ІІІ декаді вересня місяця і подвійна норма опадів в жовтні суттєво не вплинули на продуктивність всіх сільськогосподарських культур, в тому числі і біоенергетичних. Таким чином, характеризуючи погодні умови вегетаційного періоду 2022 р. відмічаємо, що вони були не зовсім сприятливими для всіх сільськогосподарських культур.

3.3. Схема досліду та розміщення варіантів

Міскантус *(Miscanthus)* – багаторічна злакова культура, яку впродовж багатьох років вирощують в Америці та Західній Європі як джерело біоенергії. За рахунок високої врожайності сухої біомаси (до 25 т/га), високої теплотворної здатності (5 кВТ/год/кг або 18 МДж/кг), низької природної вологості стебел на час збирання (до 25%) міскантус є найефективнішою, порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами, рослиною для виробництва твердого біопалива.

Тому нашим завданням в першу чергу було вивчення елементів технологій з підвищення зимостійкості міскантусу і залежність від агротехнічних прийомів.

Схема досліду

Варіанти досліду:

1. Звичайне садіння на 12 см.
2. Звичайне садіння на 8 см (контроль).
3. Звичайне садіння на 8 см + підгортання на 8 см.
4. Садіння на 8 см у борозну глибиною 8 см.
5. Садіння на 8 см у борозну глибиною 8 см + підгортання на 8 см.

Площа посадкової ділянки – 50 м^2, облікової – 17,2 м^2. Загальна площа досліду – 0,11 га.

Дослід закладено за методом систематичних повторювань: в кожному повторенні варіанти досліду розміщуються по ділянках послідовно. Повторюваність досліду – 3-разова. Дослід закладено на фоні $N_{40}P_{40}K_{40}$. Ширина міжрядь – 70 см, густота садіння – 15 тис. шт./га.

Схема досліду щодо продуктивності світчграсу залежно від способу догляду за посівами включали такі варіанти досліду:

1. Посів світчграсу без маячної культури, рихлення міжрядь, внесення гербіцидів, ручна прополка від бур’янів (контроль).
2. Посів світчграсу з маячною культурою, рихлення міжрядь при отриманні сходів маячної культури і в подальшому міжрядні рихлення. Внесення гербіцидів проти дводольних бур’янів, міжрядні рихлення. В І декаді серпня місяця підкошування отриманої маси (суміш однодольних однорічних бур’янів і світчграсу).
3. Посів світчграсу без маячної культури, внесення Раундапу до отримання сходів світчграсу, рихлення міжрядь, внесення гербіцидів проти дводольних бур'янів, міжрядне рихлення. В І декаді серпня місяця підкошування отриманої маси (суміш однодольних однорічних бур’янів і світчграсу).

Таким чином, варіанти 2 і 3 виключають застосування ручної прополки посівів світчграсу, що є занадто затратною роботою. Якраз в цьому і раціональність та необхідність проведення даних досліджень.

Площі посівної ділянки – 12,5 м^2, облікової – 10 м^2. Загальна площі досліду – 0,03 га.

Дослід закладено за методом систематичних повторювань: в кожному повторенні варіанти досліду розміщуються по ділянках послідовно. Повторюваність досліду – 3-разова. Дослід за даною схемою на станції закладено вперше.

Значних успіхів у вирощуванні енергетичної верби досягла Швеція, яка декілька десятиліть збільшує посівні площі, які на сьогодні складають приблизно 20 000 га [39].

Фактор А. Строки садіння живців енергетичної верби.

- осінній строк садіння – 2021 р.:

1. III декада вересня;
2. III декада жовтня.

- весняний строк садіння – 2022 р.:

1. II декада квітня;
2. I декада травня.

Фактор Б. Схема садіння живців (черенків)

1. 2х70х210 (15 тис. шт./га)
2. 2х100х210 (13 тис. шт./га)
3. 2х150х210 (12 тис. шт./га)

Варіанти досліду	Пора року садіння	Час садіння	Схема садіння черенків
1	Осінь 2021 р.	III декада вересня	2х70х210 (15 тис. шт./га)
2			2х100х210 (13 тис. шт./га)
3			2х150х210 (12 тис. шт./га)

4		III декада жовтня	2х70х210 (15 тис. шт./га)
5			2х100х210 (13 тис. шт./га)
6			2х150х210 (12 тис. шт./га)
7	Весна 2022 р.	II декада квітня	2х70х210 (15 тис. шт./га)
8			2х100х210 (13 тис. шт./га)
9			2х150х210 (12 тис. шт./га)
10		I декада травня	2х70х210 (15 тис. шт./га)
11			2х100х210 (13 тис. шт./га)
12			2х150х210 (12 тис. шт./га)

Площа посадкової ділянки 225 м^2, облікової – 25 м^2.

Дослід закладено рендомізованоза методом розчеплення ділянок, розміщення повторень – в два яруси. Повторюваність дослідів – трьохразова. Розгорнута схема досліду

3.4. Програма досліджень і методика їх проведення

Методи наших досліджень включали: польовий – для спостереження за ростом і розвитком рослин, формуванням урожайності, умовами зовнішнього середовища під час вирощування біоенергетичних культур; лабораторний – для визначення сухої речовини; вимірювально-ваговий – облік врожайності та параметрів рослин; розрахунково-порівняльний – для встановлення енергетичної оцінки елементів технології вирощування.

При проведенні агроекологічного моніторингу ґрунтів використано критерії, нормативи та показники, що застосовуються при проведенні екологічної паспортизації територій [40], моніторингу довкілля, екологічної експертизи. В тому числі при досліджені звертали увагу на потенційну небезпеку ерозійних процесів ґрунту, вміст гумусу та основних поживних елементів у орному шарі ґрунту, кислотність ґрунтів, забруднення полютантами, показник хімічного забруднення ґрунтів важким металами та радіонуклідами [41, 42].

В процесі виконання роботи використані методи статистичного і порівняльного аналізу, абстрактно–логічний і картографічний методи.

Діючі нормативні акти, які регламентують порядок організації та проведення екологічної експертизи проектів, безпосередньо не виділяють певних стадій їх розгляду, а дають тільки чіткі вказівки щодо реалізації цього процесу.

Для визначення впливу господарської діяльності на екологічний стан ґрунтів та рослинної продукції використані методи оцінки рівня екологічної безпеки в агросфері України [26].

Методологічною основою дипломного дослідження є концепція сталого розвитку нашої країни. Дослідження базуються на нормативних документах України [43], матеріалах, методичних рекомендаціях показниках статистичної та наукової звітності та публікацій [44].

При виконанні кваліфікаційної роботи використовувались щодо технологій та рекомендацій: «Технологія вирощування міскантусу гігантського, як сировини для виробництва твердого біопалива» [45], «Методика узагальненої оцінки технічно-досяжного енергетичного потенціалу біомаси» [46], «Методичні рекомендації з технології вирощування і переробляння міскантусу гігантського» [47], рекомендації щодо вирощування лісових енергетичних культур на радіоактивно забруднених територіях Вінниччини [48], та Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних робіт студентами агрономічного факультету денної і заочної форми навчання [49].

РОЗДІЛ 4
ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

4.1. Обліки та спостереження за умовами вирощування та аналіз енергетичних рослин

Нераціонально використовувати для вирощування біоенергетичних культур цінні, родючі землі. В основному необхідно використовувати малородючі землі з пересіченим рельєфом. Вирощування на них біоенергетичних рослин, особливо багаторічних, сприятиме збереженню ґрунту від водної ерозії, зменшенню втрат поживних речовин з поверхневим змивом і деградації ґрунтів.

Для визначення досліджень ми визначились з видами енергетичних культур, зробивши порівняльний їх аналіз (рис 1).

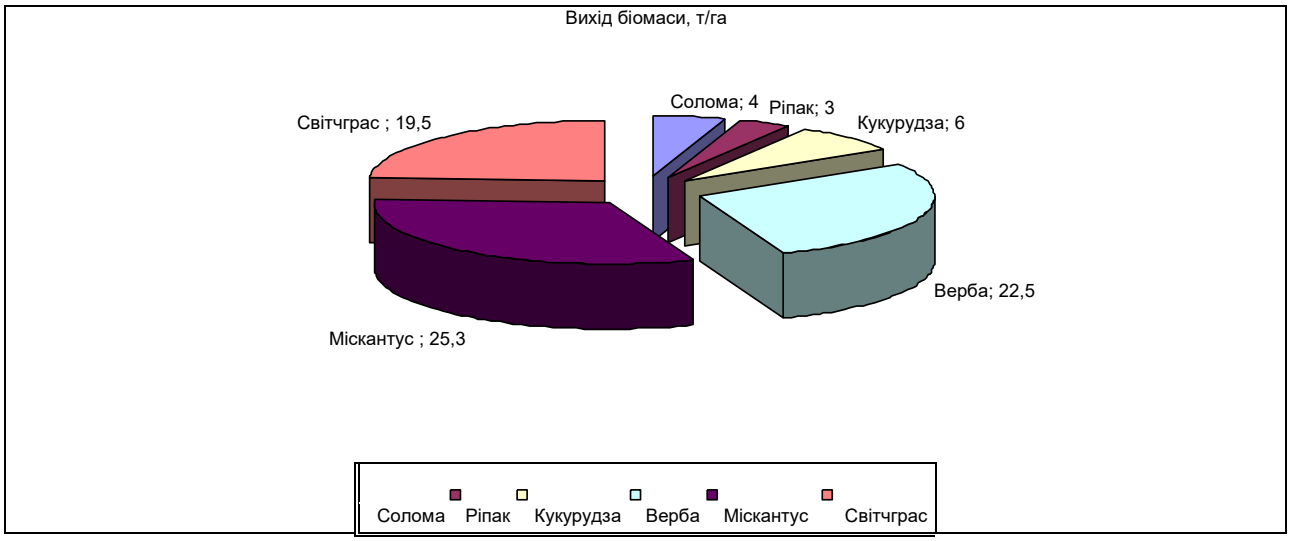


Рис.1. Енергетична характеристика культур

Так, найбільш перспективними енергетичними рослинами, що дають найбільший урожай фітомаси з 1 га є міскантус (25,3), світчграс (19,5) та верба прутовидна (22,5), тому цим культурам і присвячені наші дослідження.

Ці рослини віднесені до новітніх енергетичних культур, характеризуються низькою собівартістю вирощування, не вимогливі до родючості ґрунту, не потребують значного використання добрив та пестицидів. Це дозволить культивувати енергетичні рослини на землях, виведених із сівозміни, еродованих,

низькопродуктивних. Для отримання твердопаливних гранул з соломи пшениці при 4 тонах виходу біомаси з 1га ми можемо отримати 2200 кг умовного палива і отримати 33 ГДж/га енергії. При вирощувані цукрового сорго, міскантусу та світчграсу вихід умовного палива істотно збільшується з 9000 до 15000 кг умовного палива з енергетичним балансом 255-425 ГДж/га енергії [28].

Собівартість тепла, отриманого від згорання гранул з енергетичних рослин більш ніж на 30 % нижча, порівняно із теплом, отриманим від згорання вугілля, та майже в 2,5 рази нижча порівняно з природним газом.

З огляду на це, метою досліджень є забезпечення гарантованого щорічного отримання необхідної кількості та якості біосировини, придатної для виробництва твердого біопалива шляхом створення плантацій з високопродуктивних сортів і гібридів фітоенергетичних рослин, адаптованих для виробництва твердого біопалива та розроблення технологій їх вирощування і переробки на базі ПП «Рідний край».

При проведенні досліджень було проведено наступні обліки та спостереження:

- фенологічні спостереження – за методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур (2000 р.);
- густота рослин – визначалася після відростання весною на всіх варіантах та повтореннях досліду;
- висота стебел – визначалася в кінці вегетації;
- видовий склад, кількість та маса бур'янів на період сходів, середина вегетації та збирання урожаю;
- коефіцієнт розповсюдження хвороб і шкідників;
- фактична врожайність сирої маси світчграсу;
- вміст сухої речовини – ваговим методом;

- енергетична оцінка виходу сухої біомаси по варіантах досліджень;
- визначення показників якості ґрунту під рослинами.

4.2. Вивчення елементів технологій з підвищення зимостійкості міскантусу і залежність від агротехнічних прийомів

Міскантус *(Miscanthus)* – багаторічна злакова культура, яку впродовж багатьох років вирощують в Америці та Західній Європі як джерело біоенергії. За рахунок високої врожайності сухої біомаси (до 25 т/га), високої теплотворної здатності (5 кВТ/год/кг або 18 МДж/кг), низької природної вологості стебел на час збирання (до 25%) міскантус є найефективнішою, порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами, рослиною для виробництва твердого біопалива.

Дослід було закладено 16.04.2021 року і в 2022 році рослини вегетували другий рік. Рано весною почалося інтенсивне відростання сходів міскантусу. Починаючи з травня по липень місяць нами було обліковано кількість сходів з одного куща міскантусу станом на 10.05, 10.06 та 10.07.2022 року, а також на останній строк обліку сходів було визначено середню їх висоту. Отримані дані представлені в таблиці 3.

Аналізуючи ці дані, ми відмічаємо, що в зимовий період 2021-2022 року не помічено вимерзання ризомів міскантусу.

Таблиця 3

Показники відновлення вегетації рослин міскантусу в різні періоди росту

№ з/п	Показники	Облікові рядки	Варіанти досліду				
			1	2	3	4	5
1.	Кількість сходів рослин міскантусу, станом на 10.05.2022 р.	1-3	8	9	6	6	4
2.	Кількість сходів рослин міскантусу, станом на 10.06.2022 р.	1-3	10	11	9	9	8

3.	Кількість сходів рослин міскантусу, станом на 10.07.2022 р.	1-3	10	12	11	11	10
4.	Середня висота пагонів рослини міскантусу на 10.07.2022 р., см	1	82,5	86,5	92,8	85,6	85,4
		2	84,2	86,4	93,5	86,2	86,7
		3	86,1	90,2	94,6	92,5	87,1
		середнє	84,3	87,7	93,6	88,1	86,4

На всіх варіантах досліду міскантус розпочав відростання одночасно, але у перший строк обліку більша кількість сходів була на варіантах 1 і 2 – 8-9 рослин. Тоді як на інших – від 4 до 6 рослин. Тобто при глибині посадки 8 та 12 см рослини міскантусу почали відростання інтенсивніше. Але вже через місяць, і особливо станом на 10.07.2022 року, кількість сходів міскантусу по всіх варіантах вирівнюється і становить від 10 до 12 шт. на кущ.

Середня висота рослин міскантусу з одного куща на всіх варіантах досліду була приблизно однаковою, за виключенням варіанта 3 (садіння на 8 см + підгортання на 8 см), де вона складала станом на 10.07.2022 року 94 см.

Облік хвороб та шкідників в середині вегетації (табл. 4) засвідчив про незначне ураження хворобами рослин міскантусу на середину вегетації і значне збільшення ураження вкінці вегетаційного періоду – від 4 до 6 балів (при 6 балах максимум).

Таблиця 4

Облік хвороб та шкідників на рослинах міскантусу в період вегетації

Варіанти досліду	Зміст варіанту	Ураження хворобами, бал		Пошкодження шкідниками, бал	
		середина вегетації	кінець вегетації	середина вегетації	кінець вегетації
1	Звичайне садіння на 12 см	2	4	0	0
2	Звичайне садіння на 8 см (контроль)	3	5	0	0
3	Звичайне садіння на 8 см + підгортання на 8 см	3	6	0	0

4	Садіння на 8 см у борозну глибиною 8 см	2	5	0	0
5	Садіння на 8 см у борозну глибиною 8 см + підгортання на 8 см	2	4	0	0

Тривалість вирощування рослин на одному полі - до 20 років. Показники росту та розвитку рослин міскантусу визначені по варіантах в середині вегетації свідчать про хороший стан рослин. Дані отримані в період обліку врожайності (табл. 5) свідчать, що в умовах 2022 року садіння різом на глибину 8 см (варіант 2) забезпечує більшу кількість пагонів рослин з одного куща, більшу їх висоту, врожай сирої маси та вихід сухої біомаси.

На даному варіанті урожай сирої маси склав 29,4 т/га, а вихід сухої біомаси 22,2 т/га. Тоді як на інших варіантах урожай сирої маси становив від 26,8 т/га до 29,2 т/га, а вихід сухої біомаси 20,0-22,3 т/га.

Стебло є дуже міцним і відзначається великою витривалістю до механічних ушкоджень, оскільки містить велику кількість лігніну і целюлози. Рослини досить добре перезимовують, стійкі до опадів та сильного вітру в

Таблиця 5

Продуктивні показники розвитку рослин міскантусу в досліді в період обліку врожайності, 2022 рік

№ з/п	Показники	Варіанти досліду				
		1	2	3	4	5
1.	Кількість пагонів міскантусу з одного куща, шт.	13,0	15,0	13,4	13,0	11,8
2.	Середня висота пагонів міскантусу одного куща, см	203	215	207	208	204
3.	Середня вага всіх рослин міскантусу на площі 1,75 м^2, кг	4,7	5,1	4,9	5,1	4,8

4.	Урожай сирої маси, т/га	26,8	29,4	28,0	29,2	27,4
5.	Вміст сухої речовини, %	74,5	75,4	73,4	76,4	77,2
6.	Вихід сухої біомаси, т/га	20,0	22,2	20,6	22,3	21,2

зимовий період. У натуральному середовищі рослини міскантусу ростуть до 2 м заввишки і більше. Висота стебла може сягати 4,5 метрів. Корені сягають до 2,5 метрів вглиб землі. Така коренева система сприяє дуже доброму використанню елементів живлення і води.

За результатами досліджень, проведеними у 2022 році з вивчення зимостійкості міскантусу в зоні нестійкого зволоження встановлено, що продуктивність рослин міскантусу в другий рік вегетації не залежить (в межах $НІР_{05}$) від агротехнічних прийомів (табл. 6).

Таблиця 6

Продуктивність міскантусу першого року вегетації залежно від агротехнічних прийомів садіння ризомів

№	Варіанти досліду	Урожайність біомаси, т/га		Вміст сухої речовини, %	Вихід	
		сирої	сухої		твердого біопалива, т/га	енергії, ГДж/га
1	Звичайне садіння на 12 см	26,8	20,0	74,5	22,0	385,0
2	Звичайне садіння на 8 см (контроль)	29,4	22,2	75,4	24,4	427,4
3	Звичайне садіння на 8 см + підгортання на 8 см	28,0	20,6	73,4	22,7	396,6
4	Садіння на 8 см у борозну глибиною 8 см	29,2	22,3	76,4	24,5	429,3
5	Садіння на 8 см у борозну глибиною 8 см + підгортання на 8 см	27,4	21,2	77,2	23,3	408,1
	$НІР_{05}$	3,5	2,7		2,9	51,2

Вимогливість міскантусу щодо води набагато вища, ніж доступні середньорічні опади в Україні - близько 700 мм опадів на рік. Але попри це, споживання води на продукування 1 кг сухої маси досить невисоке (близько 250-300 кг) [2].

Основною метою досліджень було визначення впливу агротехнічних заходів на перезимівлю рослин, проте зима виявилась теплою і відмінностей між варіантами не спостерігали.

4.3. Продуктивність світчграсу залежно від способу догляду за посівами

Дослід було закладено 16.05.2021 року, тобто в 2022 році рослини світчграсу вегетували уже другий рік. В 2021 році дослідні ділянки були поділені навпіл і на одній із них було проведено підкошування маси світчграсу разом з бур'янами (на варіантах 1, 2 та 3), щоб зняти проблему забур'яненості. Але відсутність опадів в серпні, вересні та в І декаді жовтня не дозволило в умовах 2021 року відрости світчграсу.

Тому в кінці вегетаційного періоду 2021 року було прийняте рішення скосити масу світчграсу на всіх варіантах досліджень і в 2022 році, проаналізувати їх відростання.

Весною після відновлення вегетації рослин світчграсу на 14 день було проведено облік його відростання по варіантах досліджень (таблиця 7).

Таблиця 7

Коефіцієнт відновлення вегетації світчграсу на 14-й день, бали

Варіанти досліду	Повторення			Середнє значення
	I	II	III	
1	8	9	8	8,3
2	6	8	7	7,0
3	7	6	7	6,7

На контрольному варіанті коефіцієнт відновлення вегетації становив 8,3 бала (максимум 10 балів), тоді як на варіанті посіву із маячною культурою і застосуванні гербіцидів – 7,0 балів, і на варіанті без маячної культури але при внесенні гербіцидів 6,7 балів. Два останніх варіанти виключали ручні прополки світчграсу в 2021 році. Аналізуючи ці дані, ми відмічаємо, що завдяки проведеному підкошуванню рослин, в кінці вегетації 2021 року нам вдалося зменшити забур'яненість посівів та збільшити кількість вегетуючих рослин світчграсу. Про це свідчать дані по обліку забур'яненості посівів світчграсу у 2-й половині вегетації 2022 року в порівнянні з 2021 роком.

Якщо на варіанті 2 (без ручних прополок) забур'яненість становила 28 шт./м^2, то в 2022 році – 12 шт./м^2, або в 1,5 рази менше, аніж в 2021 році, на 3 варіанті відповідно 54 шт./м^2 в 2021 році і 18 в 2022 році, тобто втричі менше.

Таблиця 8

Забур'яненість посівів світчграсу у другій половині вегетації (I декада серпня), 2022 р., в порівнянні з 2021 роком

Варіанти досліду	Повторення	Забур'яненість посівів перед проведенням підкошування рослин, 2021 р.	Загальна забур'яненість, шт./м^2	в т.ч.		
				злакові однорічні	дво-дольні однорічні	багато-річні
1	I-III	4	6	5	1	-
2	I-III	28	12	10	1	1
3	I-III	54	18	12	4	2

Пізно восени 2022 року були визначені продуктивні показники рослин світчграсу в досліді (табл. 9).

Таблиця 9

Продуктивні показники розвитку рослин світчграсу на період обліку врожайності 2022 року

Варіанти досліду	Висота стебел рослин світчграсу, см	Кількість стебел світчграсу на 1 пог.м, шт.	Урожай сирої маси світчграсу, т/га	Вміст сухої речовини в рослинах світчграсу, %	Вихід сухої речовини, т/га
1	122	148	18,4	75	13,8
2	104	124	16,8	78	13,1
3	101	122	16,2	76	12,3

Біометричні показники росту рослин були більшими на контрольному варіанті, а тому кінцевий вихід як сирої, так і сухої маси також був більшим на варіанті 1. На варіанті 2 висота рослин – 104 см, кількість стебел – 124 шт./пог.м., урожай сирої маси – 16,8 т/га та вихід сухої біомаси – 13,1 т./га. На варіанті 3 – відповідно 101, 122, 16,2, 12,3 т./га. Біометричні показники росту рослин світчграсу на контрольному варіанті в 2022 році були дещо більшими, але вихід сухої біомаси був практично однаковим – від 12,3 до 13,8 т/га.

Якщо в 2021 році по відношенню до контрольного варіанту вихід енергії на варіанті 2 становив 68%, то в 2022 році – 90%; на варіанті 3 – відповідно 50% та 89%. Врожайність сухої біомаси у 2021 році проса прутоподібного була найвищою у варіанті, де сівбу здійснювали без маячної культури, рихлення міжрядь, внесення гербіцидів, ручну прополку від бур’янів (контроль) й становила 4,4 т/га, що на 32 і 50% більше ніж у варіанті сівби з маячною культурою та рихленням міжрядь і сівби без маячної культури та внесенням Раундапу до отримання сходів проса прутоподібного відповідно. У другому році вегетації врожайність проса прутоподібного на усіх трьох варіантах знаходилась: на першому варіанті становила 13,8 т/га, другому і третьому відповідно 12,4 та 12,3 т/га.

Таким чином, отримані дані за 2021-2022 роки свідчать про можливість отримання задовільних сходів світчграсу без затрат ручної праці.

При вирощувані світчграсу необхідно забезпечити внесення гербіциду Раундап до сходів світчграсу та гербіциду Пріма в період вегетації, проведення вкінці вегетаційного періоду підкошування рослин.

Необхідно врахувати, що в агротехніці вирощування світчграсу важливим фактором, що визначає врожайність культури, є ширина міжрядь. Вузькі міжряддя прискорюють закриття ґрунту навесні й збільшують кількість світла, що поглинається рослиною протягом вегетаційного періоду, і це певним чином впливає на врожайність культури та зменшує необхідність боротьби із забур'яненістю.

4.4. Вплив строків садіння, густоти насаджень та площі живлення на ріст і розвиток рослин енергетичної верби в другий рік вегетації

Час посадки та схема живлення рослин суттєво впливають на кількість черенків, що прижилися. Результати подано в таблиці 10.

Таблиця 10

Відсоток черенків енергетичної верби, які прийнялися на 2,5 пог.м

Варіанти досліду	Повторення									Середнє значення		
	I			II			III					
	посаджено	прижилося	%	посаджено	прижилося	%	посаджено	прижилося	%	посаджено	прижилося	%
1	5	5	100	5	4	80	5	5	100	5	4,7	94
2	5	5	100	5	5	100	5	5	100	5	5,0	100
3	5	5	100	5	5	100	5	4	80	5	407	94
4	5	5	100	5	5	100	5	5	100	5	5,0	100

5	5	4	80	5	4	80	5	5	100	5	4,3	86
6	5	5	100	5	5	100	5	5	100	5	5,0	100
7	5	3	60	5	3	60	5	2	40	5	2,7	54
8	5	2	40	5	3	60	5	2	40	5	2,3	46
9	5	3	60	5	2	40	5	2	40	5	2,3	46
10	5	2	40	5	2	40	5	2	40	5	2,0	40
11	5	2	40	5	2	40	5	2	40	5	2,0	40
12	5	2	40	5	2	40	5	2	40	5	2,0	40

Отже, відсоток черенків енергетичної верби, які прийнялися на 2,5 пог.м.:

при осінній посадці – весною через 20 днів після відновлення вегетації (варіант 1-6); при весняній посадці – весною на 20 день після садіння живців (варіанти 7-12).

Так при осінній посадці відсоток черенків, що прижилися в середньому по варіантах становив 96%, при чому при посадці в кінці вересня 98%, а в кінці жовтня – 94%. При посадці рано весною 2022 року в I строк – 49%, в II – 40%, а в середньому по варіантах – 44%. Це дані на початок вегетації. Але станом на II декаду червня місяця (таблиця 12) кількість черенків, що прижилися, вирівнюються: при осінній посадці – 4,3-5,0 шт./2,5 пог.м.; при весняній посадці – 4,7-5,0 шт./2,5 пог.м.

Продуктивні показники розвитку рослин енергетичної верби в досліді в I половині вегетації, 2022 р. висвітлено в таблиці 11.

Таблиця 11

Продуктивні показники розвитку рослин енергетичної верби в досліді в I половині вегетації, 2022 р.

№	Показники	Варіанти досліду	
		Осінь 2021 року	Весна 2022 року

з/п		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Кількість черенків, що прижилися на 2,5 пог.м, шт.	4,7	5,0	4,7	5,0	4,3	5,0	2,7	2,3	2,3	2,0	2,0	2,0
		4,7	5,0	4,7	5,0	4,3	5,0	3,2	3,0	2,7	2,8	2,5	2,6
		4,7	5,0	4,7	5,0	4,3	5,0	4,0	3,8	3,5	3,2	3,0	3,0
		4,7	5,0	4,7	5,0	4,3	5,0	4,7	5,0	4,8	4,7	5,0	4,0
		4,7	5,0	4,7	5,0	4,3	5,0	4,7	5,0	4,8	4,7	5,0	5,0
2	Середня кількість пагонів з одного черенка, шт.	1,5	1,2	1,5	1,3	1,5	1,8	1,0	1,1	1,0	1,2	1,0	1,2
		2,0	1,8	2,0	1,8	2,2	2,0	1,5	1,4	1,5	2,2	1,5	1,6
		2,5	2,5	2,5	2,0	2,8	2,5	1,8	1,8	2,0	2,4	1,8	1,8
		3,2	3,0	3,0	2,5	3,2	2,8	2,0	2,0	2,4	2,8	2,0	2,0
		3,2	3,4	3,0	3,2	4,0	3,0	2,6	2,5	2,8	3,2	2,4	2,2
3	Середня довжина пагонів з одного черенка, см	5	4	4	5	4	4	-	-	-	-	-	-
		28	30	28	26	32	30	4,8	4,0	4,2	4,8	4,0	4,0
		62	65	68	62	68	72	32,5	30,0	32,4	30,4	32,8	32,4
		94	98	88	82	84	88	50,0	52,5	58,0	52,4	54,0	52,6
		120	124	128	120	130	128	90	92	88	90	92	90

Кількість пагонів з 1 черенка при осінній посадці становила 3,35 шт., тоді як при весняній – 2,60 шт., середня довжина пагонів при посадці восени – 125 см, при посадці весною – 90 см. А тому і урожай сирої маси (табл. 12) в перший рік вегетації верби становив при посадці восени в середньому по всіх варіантах 25,1 т./га, а при посадці весною 17,6 т./га.

Таблиця 12

Продуктивні показники росту та розвитку рослин енергетичної верби (в досліді на період обліку врожайності, 2022 рік)

№ з/п	Показники	Варіанти досліду											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Кількість черенків енергетичної верби, що вегетували, на 1,75 м^2	4,7	5,0	4,7	5,0	4,3	5,0	4,7	5,0	4,8	4,7	5,0	5,0

2	Середня кількість пагонів з одного черенка, шт.	3,2	3,4	3,0	3,2	4,0	3,0	2,6	2,5	2,8	3,2	2,4	2,2
3	Середня довжина пагонів з одного черенка, см	182	220	172	170	179	184	151	175	176	134	138	143
4	Середня вага пагонів з одного черенка, кг	0,9	1,2	0,8	0,8	0,9	0,9	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6
5	Урожайність сирої маси верби, т/га	24,1	34,3	21,5	22,8	22,1	25,7	16,1	20,0	19,2	16,1	17,1	17,1

На рівень продуктивності фітомаси другого року веґетації визначальним є кількість стебел і листків на рослині. Ці критерії є в основі формування вегетативної фітомаси, що в подальшому вливає на вихід і кількісні критерії отримання сирої сировини.

Продуктивні показники росту та розвитку рослин енергетичної верби в досліді на період обліку врожайності 2022 року наведено в таб.12.

Вміст сухої речовини в рослинах по варіантах досліджень був приблизно однаковим і становив від 65,1 до 70,0 %, а тому вихід сухої біомаси залежав від урожаю енергетичної верби.

Так при посадці в ІІІ декаді вересня вихід сухої маси становив 17,7 т./га.; в ІІІ декаді жовтня – 16,0 т./га.; при посадці весною в ІІІ декаді квітня – 12,6 т./га.; в І декаді травня – 11,6 т./га.

Енергетична верба стійка до морозів, посухи та шкідників, невибаглива до ґрунтів на яких росте, а також місцевості. Вони можуть рости на пагорбах у ярах та непродуктивних землях, що потребують рекультивації, але найбільш

прийнятними є ґрунти з хорошим водопостачанням, або високим рівнем підземних вод. Дані культураи виростають висотою 5 – 6 м та мають велику кількість паростків. Густа і дуже глибока коренева система не тільки створює позитивний баланс гумусу, покращує агроекологічний стан грунтів та має вагомий енергетичний потенціал.

Урожай енергетичної верби та вміст сухої речовини в % наведено в таб. 13

Енергетична верба виростає до шести-семи метрів заввишки й має велику кількість паростків. Насадження залишаються продуктивними протягом 20—25 років. І в цей період урожай можна збирати кожних три роки в кількості 30 т/га сухої речовини. Особливість і перевага цієї верби — вона стійка до морозів, посухи та шкідників, може рости на ґрунтах різного типу — на пагорбах, у ярах та на непродуктивних землях, що потребують рекультивації.

Таблиця 13

Урожай енергетичної верби та вміст сухої речовини в %

Варіанти досліду	Зміст варіантів			Урожай сирої маси, т/га	Вміст сухої речовини, %
	Пора року садін-ня	Час садіння	Схема садіння черенків		
1	Осінь	III декада вересня	2x70x210 (15 тис. шт./га)	24,1	67,2
2			2x100x210 (13 тис. шт./га)	34,3	65,1
3			2x150x210 (12 тис. шт./га)	21,5	68,4
4		III декада жовтня	2x70x210 (15 тис. шт./га)	22,8	68,0
5			2x100x210 (13 тис. шт./га)	22,1	69,2
6			2x150x210 (12 тис. шт./га)	25,7	67,1
7	Весна	II декада квітня	2x70x210 (15 тис. шт./га)	16,1	68,2
8			2x100x210 (13 тис. шт./га)	20,0	69,1
9			2x150x210 (12 тис. шт./га)	19,2	68,0
10		I декада травня	2x70x210 (15 тис. шт./га)	16,1	69,2
11			2x100x210 (13 тис. шт./га)	17,1	70,0
12			2x150x210 (12 тис. шт./га)	17,1	68,0

Теплотворна здатність абсолютно сухої верби не відрізняється від теплотворної здатності інших порід деревини і становить приблизно 17—18 МДж/кг. Проте одна тонна верби з вологістю 40% забезпечує 1 Гкал тепла, тоді як така ж кількість сухої сировини при вологості 15% дає 2 Гкал тепла.

Розрахунковий вихід енергії з отриманої сухої біомаси енергетичної верби подано в таблиці 14.

Таблиця 14

Розрахунковий вихід енергії з отриманої сухої біомаси енергетичної верби

Варіанти досліду	Час садіння	Урожай сирої маси, т/г	Вихід сухої біомаси, т/га	Коефіцієнт	Вихід твердого біопалива т/га	Теплоємність твердого біопалива, МДж/га	Вихід енергії МДж/га
	Осінь						
1	III декада вересня	24,1	16,2	1,1	17,8	16	285,1
2		34,3	22,3	1,1	24,5	16	392,5
3		21,5	14,7	1,1	16,2	16	258,7
4	III декада жовтня	22,8	15,5	1,1	17,0	16	272,8
5		22,1	15,3	1,1	16,8	16	269,3
6		25,7	17,2	1,1	18,9	16	302,7
	Весна						
7	II декада квітня	16,1	11,0	1,1	12,1	16	193,6
8		20,0	13,8	1,1	15,2	16	242,9
9		19,2	13,0	1,1	14,3	16	228,8
10	I декада травня	16,1	11,1	1,1	12,2	16	195,4
11		17,1	12,0	1,1	13,2	16	211,2
12		17,1	11,6	1,1	12,8	16	204,2

Найбільшим цей показник був при густоті насаджень 13 тис./га і посадці восени в III декаді вересня – 392,5 ГДж/га; при посадці весною в II декаді квітня при густоті 13 тис./га – 242,9 ГДж/га.

Отже, одним із найперспективніших альтернативних джерел енергії на сьогодні є тверда біомаса органічного походження, в тому числі і рослинного, яка є екологічно чистим відновлювальним джерелом енергії.

Серед усіх енергетичних рослин у світі саме верба сьогодні використовується у світі в якості основної енергетичної культури для виробництва твердого палива. Найбільш швидкого розвитку в галузі фітоенергетики дана культура набула в Скандинавських країнах, її рекомендують вирощувати на заболочених та малопродуктивних землях. Біомаса енергетичної верби у вигляді паливної тріски є основною сировиною для виробництва зеленої енергії на теплових станціях в Данії, Бельгії, Фінляндії, Англії, Німеччині, Австрії та Польщі.

Перспективними енергетичними рослинами, що дають найбільший урожай фітомаси з 1 га є міскантус -25,3 т, світчграс -19,5т та верба прутовидна -22,5т.

Ці рослини віднесені до новітніх енергетичних культур, характеризуються низькою собівартістю вирощування, не вимогливі до родючості ґрунту, не потребують значного використання добрив та пестицидів.

РОЗДІЛ 5
ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Зростання біоенергетичної галузі потребує не лише екологічних, соціальних, політичних запитів населення країни, але також економічних стимулів для власників інвестиційних ресурсів. Адже недостатня економічна ефективність отримання енергії із біомаси часто стає на заваді створення нових біоенергетичних плантацій, зокрема вища ціна одиниці біоенергії у зіставленні з вартістю енергії з викопного палива стримує інвестиції в біоенергетичну галузь [19].

Можливість збільшення інвестиційних потоків у галузь біоенергетики залежить від економічної обґрунтованості інвестиційних проектів створення плантацій біоенергетичних культур деревних та трав'янистих рослин [29]. Враховуючи сприятливі природно-кліматичні умови, наявність значних потенційних площ земельних ділянок, придатних для створення біоенергетичних плантацій, розроблених і апробованих технологій вирощування біоенергетичних культур, достатній рівень розвитку їх селекції і сортівництва в Україні [49], нашу країну варто вважати інвестиційно привабливою для біоенергетичних проектів. Окрім того, як вважають науковці біопаливо може бути як потенціал економічного зростання Вінницького регіону [20,22, 33].

Серед дерев, біомаса яких може використовуватися на тверде біопаливо, найкраще підходять сорти швидкоростучої енергетичної верби, виду Прутовидна (*Salix Viminalis*). Верба не вибаглива до наявності поживних речовин у грунті, може рости на малородючих та кислих землях, але потребує багато вологи.

Урожай біомаси збирається кожні 2-3 роки впродовж 7-8 циклів. Врожайність сухої біомаси 22,7 т/га. Основними компонентами біомаси енергетичної верби, що визначають її теплотворну здатність, є целюлоза, геміцелюлоза і лігнін, які разом складають до 99% сухої маси деревного матеріалу.

Світчграс (просо прутоподібне) *(Panicum virgatum)* – нова перспективна енергетична культура для України, що належить до багаторічних злакових культур. Врожайність сухої біомаси від 7 т/га до 17,2 т/га залежно від сортових особливостей. За відповідного догляду за рослинами врожай біомаси світчграсу можна збирати впродовж 15 років.

Міскантус *(Miscanthus)* – багаторічна злакова культура, яку впродовж багатьох років вирощують в Америці та Західній Європі як джерело біоенергії. За рахунок високої врожайності сухої біомаси (до 25 т/га), високої теплотворної здатності (5 кВТ/год/кг або 18 МДж/кг), низької природної вологості стебел на час збирання (до 25%) міскантус є найефективнішою, порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами, рослиною для виробництва для виробництва твердого біопалива. Одна тонна сухої маси міскантусу еквівалентна 400 кг сирої нафти, 1,7 т деревини, 515 м^3 природного газу, або 620 кг кам'яного вугілля. Порівняльний аналіз урожайності сирої маси наведено на рис. 1.

На рис 1. наведено дані щодо продуктивності біоенергетичних культур на дослідних плантаціях та обсяг енергії, акумульованої в урожаї сирої біомаси. Як бачимо, на плантаціях енергетичної верби обсяг свіжої біомаси в середньому становив верби – 45,9 т/·га, світчграсу -27,1 , а міскантусу – 40,6 т/·га.

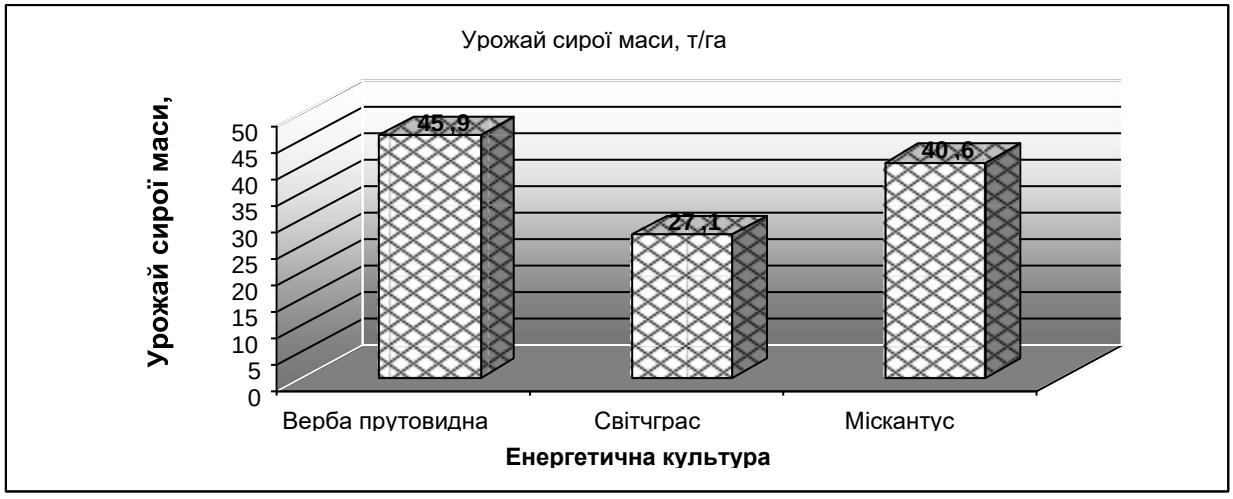


Рис.1. Урожай сирої маси верби, міскантусу, свічграсу

Проте, основним не є вихід сирої маси, а вихід енергії твердого палива. Важливим показником, що характеризує цінність проса прутоподібного, міскантусу та верби як біоенергетичних культур є можливий вихід енергії з отриманого твердого біопалива. Вихід енергії з одиниці площі наведено на рис.2.

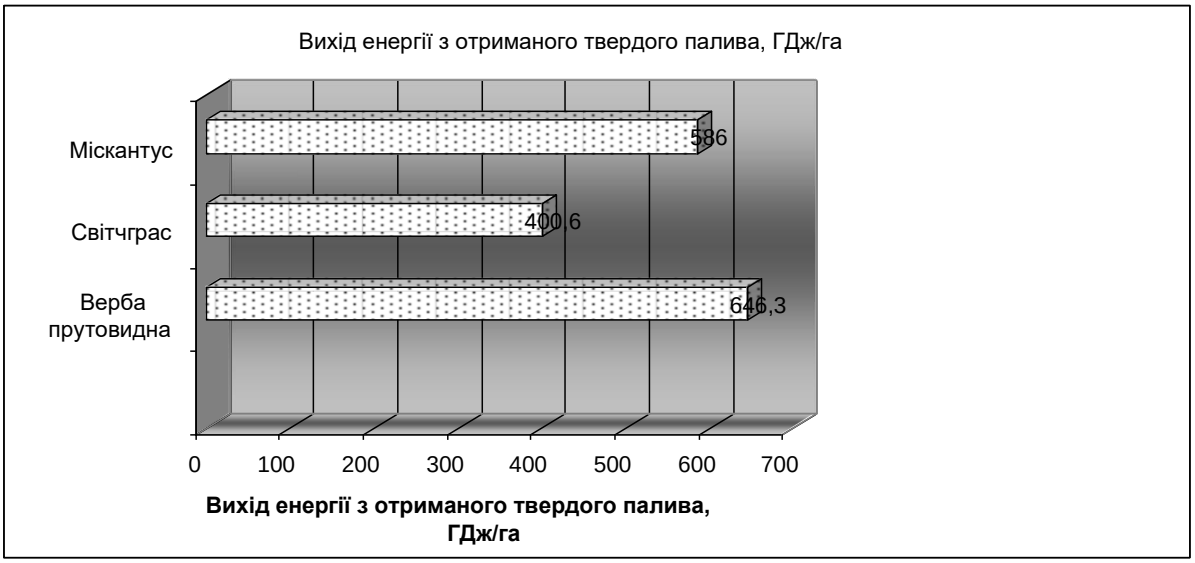


Рис 2.Вихід енергії з одиниці площі верби, міскантусу, свічграсу

Відповідно вихід енергії з одиниці площі був дещо більшим у енергетичної верби (646,3 ГДж·га- проти світчграсу -400,6 та міскантусу- 586,2 ГДж·га).

Затрати сукупної енергії на вирощування біоенергетичних культур визначаються для кожного агротехнічного заходу (лущення, оранки, внесення добрив, весняного обробітку ґрунту, посіву (садіння), догляду за посівами, збирання врожаю). Визначають також енергію, акумульовану в паливно-мастильних матеріалах, добривах, насінні, пестицидах, машинах і механізмах, транспортних засобах тощо. Встановлено, що значна частина енергозатрат припадає на садивний матеріал, пальне, добрива та гербіциди. З огляду на це слід упроваджувати енергоощадні технології вирощування біоенергетичних культур, у системі яких щораз більше значення відіграє диференційоване використання природних ресурсів, техногенних факторів і адаптивного потенціалу

культивованих видів і сортів рослин, розробка сортової агротехніки, сучасні методи боротьби з бур'янами, шкідниками й хворобами. Так, вирощування і збирання однорічних біоенергетичних культур (світчграсу) обходиться значно дешевше, ніж багаторічних (енергетичної верби, міскантусу), що пов'язано зі значними витратами при закладанні плантацій останніх і протягом вегетації у перші три роки. Також одним із шляхів зменшення енергозатрат у біоенергетичному рослинництві є мінімізація обробітку ґрунту та вдосконалення технологічних операцій догляду. Крім того, варто зазначити, що економічно та енергетично доцільна відстань транспортування біомаси як палива не повинна перевищувати 50 кілометрів [8].

Таблиця 15

Продуктивність багаторічних біоенергетичних культур четвертого року вегетації та вихід енергії (середнє за 2021-2022 рр.)

№ п/п	Енергетичні культури	Урожай сирої біомаси, т·га-1	Суха речовина, %	Урожай сухої біомаси, т·га-1	Вихід твердого палива, т·га	Вихід енергії, ГДж·га
1	Енергетична верба	54,6	50,5	22,3	32,8	573,3
2	Міскантус	58,8	42,6	25,3	30,3	516,2
3	Свічграс	24,7	79,2	19,5	21,6	367,2

Одним із варіантів енергетичного коефіцієнта є критерій чистого енергетичного коефіцієнта (net energy return, NER) біопалива, отриманого з таких рослин. Він розраховується як відношення сукупної енергії, акумульованої в одиниці біопалива, до величини енергозатрат, необхідних для здійснення усіх технологічних процесів виготовлення біопалива. За даними досліджень Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків [8] чистий енергетичний коефіцієнт (NER) біопалива, отриманого з нами досліджуваних та інших енергетичних рослин наведено в таб. 16.

Таблиця 16

Чистий енергетичний коефіцієнт біопалива, отриманого з біоенергетичних культур

Культура	Вид біопалива	Чистий енергетичний коефіцієнт (NER)
Кукурудза	біоетанол	1,2-1,8
Цукровий буряк	біоетанол	1,2-2,2
Пшениця	біоетанол	1,2-4,2
Цукрова тростина	біоетанол	2,2-8,4
Ріпак	біодизель	1,2-3,6
Соя	біодизель	1,4-3,4
Пальмова олія	біодизель	8,6-9,6
Енергетична верба	паливна тріска	16,6-55,3
Міскантус	суха біомаса	20,8-54,3
Світчграс	суха біомаса	21,7-52,3

Як бачимо, енергетична верба і міскантус характеризуються, у зіставленні з іншими біоенергетичними культурами, високими енергетичними коефіцієнтами, які можуть досягати значень 54,3 і 55,3. Це свідчить про значну енергетичну ефективність інвестування у плантації вищезгаданих біоенергетичних культур.

В інституті дослідили економіку вирощування та переробки основних для України біоенергетичних культур: міскантусу, енергетичної верби, світчграсу. Розширення мережі та площ біоенергетичних плантацій потребує залучення значних обсягів державних та приватних інвестицій.

При маршрутному досліджені земель, віднесених до громади населеного пункту Деребчин ми виявили непродуктивні землі які не використовуються і можна задіяти у вирощуванні енергетичних культур. Це перезволожені улоговини біля заплави місцевої річки Деребчинка – 23 га та 210 га низькопродуктивних еродованих: 3 земельних ділянки: 109 га, 53, 48 га. Техніко-економічні показники вирощування енергетичних культур наведено в табл.16.

Таблиця 16

Техніко-економічні показники вирощування енергетичних культур

Енергетичні культури/ роки вирощування	га	Ціна створення плантацій за 1 га	Затрати, грн.	Вихід твердого умовного палива, т·га	Вихід твердого умовного палива, га	Ціна 1 т палива*	Теоретичний
Верба/3	23	37100	853300	32,8	754,4	3212,47	2423487,4
Міскантус/3	109	39700	4327300	30,3	3302,7	3212,47	10609824,6
Світчграс/1	101	9800	989800	21,6	2181,6	3212,47	7008324,6
Разом			6170400		6238,7		20041636,6

*Ціна1 тонни умовного палива грн. 3212,47. Діючий тариф: постанова НКРЕКП від 15.02.2022 р. No 218.

Отже, затративши біля 6 млн. грн. на створення енергетичних плантацій можна виручити більше 20 млн.грн.

Проте, якщо на 1 га світчграсу потрібно витратити 9800 гривень, й одержати врожай уже в перший рік, то на 1 га енергетичної верби у перші три роки вегетації слід витратити 37 100 гривень та одержати за цей період лише 32 т.у.т.п. сировини; зате надалі верба може давати сировину за собівартістю всього 165 грн/т. Відповідно, для закладання плантацій міскантусу за перші три роки необхідно витратити 39 700 грн/га й одержати врожай за цей період 58 т/га, зате в наступні за ними роки витрати становитимуть по 3524 грн/га, а врожайність до 33,4 т/га.

Науковці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України (М. В. Роїк, М. Я. Гументик, В. В. Мамайсур, О. М. Ганженко, Ягольник О. О., Гументик Я. М.) вказують на те, що для скорочення терміну окупності інвестицій у закладання плантацій багаторічних

біоенергетичних рослин необхідно передбачити компенсації на садивний матеріал та добрива у розмірі: міскантус - 60 тис. грн./га, верба - 20 тис. грн./га

Біоенергетика в її сьогоднішньому стані поки не є безальтернативною умовою вуглеводневої енергетики на найближчу перспективу, однак уже зараз вона може стати важливим елементом покриття дефіциту традиційного палива та запорукою енергобезпеки держави. З урахуванням підвищення цін на висококалорійні викопні енергоносії та очікуваного їх дефіциту опрацьовано ефективні технології і устаткування для отримання теплової та електричної енергії з біомаси спеціально вирощених біоенергетичних культур, зокрема міскантусу гігантського, світчграсу та верби.

РОЗДІЛ 6
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Моделювання виробничих небезпек під час вирощування енергетичних ультур

Головним принципом державної політики в галузі охорони праці є пріоритет життя і здоров'я працюючих по відношенню до результатів виробничої діяльності підприємства, установи, організації. Положення статті 4 Закону України "Про охорону праці" (далі Закону), що проголошує цей принцип, не є загальним політичним гаслом, хоча правильне розставлення пріоритетів, визначення людини та її інтересів центром уваги всіх державних інститутів само по собі має велике значення. Більшість статей Закону містять конкретні вимоги, що спрямовані на підтвердження цього принципу на практиці, забезпечують гарантії прав громадян на охорону праці, значно розширюють розміри пільг та компенсацій працівникам і, насамперед, особам, які потерпіли від нещасного випадку на виробництві або професійного захворювання. Відповідними підзаконними нормативноправовими актами визначено достатньо чіткий механізм їх дії. На підтвердження зазначеного наведемо низку прикладів. Законодавчими актами передбачено, що власник підприємства, установи, організації (незалежно від форм власності), дбаючи про збереження життя і здоров'я найманих ним працівників, зобов'язаний: створити в кожному структурному підрозділі і на робочому місці умови праці та санітарно-побутові умови відповідно до нормативних вимог; подбати про безпеку технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування, інших засобів виробництва, будівель і споруд; забезпечити наявність і справний стан засобів колективного та індивідуального захисту працюючих тощо. Виходячи з інтересів громадянина, законодавство регламентує цілий комплекс соціально спрямованих вимог та профілактичних заходів, що повинні виконуватися власником протягом всього періоду трудових відносин з найманим працівником. При укладенні

трудового договору він зобов’язаний проінформувати працівника (під розписку) про умови праці на підприємстві, концентруючи особливу увагу на небезпечних і шкідливих виробничих факторах, які мають місце безпосередньо на його робочому місці, на можливих негативних наслідках їх впливу на здоров’я працівника, а також роз’яснити працівникові його права на пільги і компенсації за роботу в таких умовах відповідно до законодавства та прийнятих на підприємстві двосторонніх зобов’язань згідно з колективним договором.

6.2. Охорона навколишнього природного середовища при вирощуванні енергетичних культур

Виконання авіаційних робіт по застосуванню пестицидів у сільському і лісовому господарстві повинно здійснюватися у відповідності до вимог "Державних санітарних правил авіаційного застосування пестицидів і агрохімікатів у народному господарстві України", ДСП 382-96, затверджених наказом МОЗ України від 18.12.96 р. № 382.

Для виконання авіаційних робіт по застосуванню пестицидів при проведенні агрохімічних заходів за сільськогосподарськими і лісовими культурами дозволяється використовувати повітряні судна (літаки, вертольоти, надлегкі літальні апарати - НЛА), які зареєстровані в державному реєстрі повітряних суден цивільної авіації України та мають сертифікат на право виконання авіаційно-хімічних робіт.

Авіаційним методом можуть бути застосовані тільки ті пестициди і агрохімікати, що пройшли державну реєстрацію і включені в "Перелік препаратів, дозволених до авіаційного застосування в Україні", (погоджується Міністерством охорони здоров'я, Мінекобезпеки і затверджується Укрдержхімкомісією).

Відповідальність за дотримання вимог санітарних правил і норм при авіаційному застосуванні пестицидів покладається на замовника виконання авіаційних робіт та власника повітряних суден сільгоспавіації.

Авіаційні працівники (пілоти, техніки, інженери, мийники), а також працівники замовника (робітники завантажувального майданчика, сигнальники) повинні мати допуск на право здійснення робіт з пестицидами і агрохімікатами, який видається після проходження медичного огляду і спеціального навчання керівниками підприємств, в яких вони працюють.

Всі працівники, які зайняті на авіаційно-хімічних роботах повинні мати при собі Допуск, медичну книжку і наряд на виконання певних робіт з пестицидами і агрохімікатами.

Заплановані для авіаційних обробок сільськогосподарські і лісові угіддя повинні бути занесені на карти-схеми землелісокористування. Проекти авіаційно-хімічних робіт погоджуються установами Держсанепіднагляду і Мінекобезпеки не пізніше, чим за 10 діб до початку робіт.

ВИСНОВКИ

1. Перспективними енергетичними рослинами, що дають найбільший урожай фітомаси з 1 га є міскантус (25,3), світчграс (19,5) та верба прутовидна (22,5). Ці рослини віднесені до новітніх енергетичних культур, характеризуються низькою собівартістю вирощування, не вимогливі до родючості ґрунту, не потребують значного використання добрив та пестицидів.

2. При досліджені елементів технологій з підвищення зимостійкості міскантусу і залежність від агротехнічних прийомів встановлено:

3. В умовах 2022 року садіння різом на глибину 8 см забезпечує більшу кількість пагонів рослин з одного куща, більшу їх висоту, врожай сирої маси та вихід сухої біомаси. Урожай сирої маси у варіанті 2 склав 29,4 т/га, а вихід сухої біомаси 22,2 т/га. Тоді як на інших варіантах урожай сирої маси становив від 26,8 т/га до 29,2 т/га, а вихід сухої біомаси 20,0-22,3 т/га.

4. для отримання 100% приживаності міскантусу необхідно проводити посадку добре розвиненими різомами;

5. по виходу зеленої та сухої біомаси в умовах 2021-2022 років варіанти з глибиною посадки 8, 12 та 16 см були рівнозначними;

6. При досліджені продуктивності світчграсу залежно від способу догляду за посівами встановлено**:**

- у 2021 році (варіант 2 - без ручних прополок) забур’яненість становила 28 шт./м^2, то в 2022 році – 12 шт./м^2;
- у другому році вегетації врожайність проса прутоподібного на усіх трьох варіантах знаходилась: на першому варіанті становила 13,8 т/га, другому і третьому відповідно 12,4 та 12,3 т/га.

7. Вплив строків садіння, густоти насаджень та площі живлення на ріст і розвиток рослин енергетичної верби в другий рік вегетації виявив такі тенденції:

 при осінній посадці відсоток черенків, що прижилися в середньому по варіантах становив 96%, при чому при посадці в кінці вересня 98%, а в кінці жовтня – 94%. При посадці рано весною 2022 року в I строк – 49%, в II – 40%, а в середньому по варіантах – 44%. Це дані на початок вегетації. Але станом на II декаду червня місяця кількість черенків, що прижилися, вирівнюються: при осінній посадці – 4,3-5,0 шт./2,5пог.м.; при весняній посадці – 4,7-5,0шт./2,5пог.м.

5. При маршрутному дослідженні земель, віднесених до громади населеного пункту Деребчин ми виявили непродуктивні землі які не використовуються.

Це перезволожені улоговини біля заплави місцевої річки Деребчинка – 23 га та 210 га низькопродуктивних еродованих 3 земельних ділянки: 109 га, 53, 48га. Дані ділянки можна використати для вирощування енергетичних культур таких як міскантус гігантський - *Miscanthus gigantheus,* просо прутоподібне або світчграс - *Panicum virgatum,* Верба прутовидна - *Salix viminalis*. При цьому на 3 році їх вегетації можна отримати біомасу еквівалентну 6238,7 тон умовного палива, ціною більше 20 млн. грн. затративши на створення плантацій біля 6 млн. грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Калетнік Г.М. Біопаливо. Продовольча, енергетична та екологічна безпека України: Монографія / Г.М. Калетнік. – К: Хай-Тек Прес, 2010. – 516 с

2. Закон України «Про альтернативні види палива» від 14 січ. 2000 р. № 1391-XIУ // Відомості Верховної Ради. – 2000. – № 12.

3. Калетнік Г.М. Вплив енергетики на екологічний стан навколишнього середовища України. Вісник аграрної науки. 2009. № 10. С. 53–57

4. Курило Л. І. Соціально – економічні аспекти розвитку ринку біопалива в Україні / Л.І.Курило // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Матеріали міжнародної конференції «Земля України – потенціал енергетичної та екологічної безпеки дежави».- Вінниця 2012. Випуск 42. -.Т. – С51 – 56

5. 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. – П.:ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. 326 с)

6. Мазур В.А, Кравчук Г.І., Гончарук Г.С. Еколого-збалансоване використання маргінальних земель при вирощуванні енергетичних культур. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету «Сільське господарство та лісівництво» » №15 2019 с.5-21

7. Закон України «Про альтернативні види палива» від 14 січ. 2000 р. № 1391-XIУ // Відомості Верховної Ради. – 2000. – № 12.

8. Кравчук В., Новохацький М., Кожушко М.. На шляху до створення плантацій енергетичних культур. Техніка і технології АПК. 2013. № 2 (41). С.31-34.

9. Калетнік Г.М. Вплив енергетики на екологічний стан навколишнього середовища України. Вісник аграрної науки. 2009. № 10. С. 53–57

10. Біоенергетична асоціація України, Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні. Аналітична записка БАУ №6 2013 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.uabio.org/activity/uabio-analytics.

11. Аналітичний звіт та рекомендації щодо вирощування енергетичних культур в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://bioenergy.in.ua/media/ filer_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet_po_verbe.pdf.

12. Кравчук В., Новохацький М., Кожушко М.. На шляху до створення плантацій енергетичних культур. Техніка і технології АПК. 2013. № 2 (41). С.31-34.

13. Кравчук О.О. Еколого-економічні особливості формування ринку енергетичних сільськогосподарських культур / О.О. Кравчук // Економіка АПК. – 2013. – № 5. – С. 23–28.

14. Курило Л. І. Соціально – економічні аспекти розвитку ринку біопалива в Україні/Л.І.Курило//Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Матеріали міжнародної конференції «Земля України – потенціал енергетичної та екологічної безпеки дежави».- Вінниця 2012. Випуск 42. -.Т. – С51 – 56

15. Мазур В.А, Ганженко О.М., Шляхтуров Д.С. Стан і перспективи розвитку технологій вирощування біоенергетичних культур в Україні. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету «Сільське господарство та лісівництво» » №7 2017 С.6-7.

16. Коляденко С.В. Біопаливо як потенціал економічного зростання Вінницького регіону //Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Матеріали міжнародної конференції «Земля України – потенціал енергетичної та екологічної безпеки дежави».- Вінниця 2012.випуск 42. -.Т. – 179 с.

17. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» // Відомості

Верховної Ради України. – 2003. – № 24. – С. 591-596.

18. Біоенергетична асоціація України, Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні. Аналітична записка БАУ №6 2013 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.uabio.org/activity/uabio-analytics.

19. Алєксєєв О. О., Браніцький Ю. Ю., Мазур О. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на урожайність проса лозовидного першого року вегетації. Сільське господарство та лісівництво. 2019. № 13. С. 68-83

20. Кравчук Г.І. Природоохоронні аспекти діяльності, інвестиційна політика, проектування, фінансування та управління в галузі альтернативних видів енергії компанії AUFWIND SCHMACK GMBH NEUE ENERGIEN (м. Регенсбург, Баварія, Німеччина). / Г.І., Кравчук, О.О. Кравчук // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Земля України потенціал енергетичної та екологічної безпеки держави»..-Вінниця Вінниця: ВАТ «Міська друкарня».2010.-С.86-95

21. Кравчук Г.І. Екологічна безпека Вінниччини. Монографія / О.В. Мудрак, Г.І. Кравчук, С.Л. Кушнір та ін. – Вінниця: ВАТ «Міська друкарня», 2008. – с. 45- 86 с.

22. Мазур В.А, Ганженко О.М., Шляхтуров Д.С. Стан і перспективи розвитку технологій вирощування біоенергетичних культур в Україні. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету «Сільське господарство та лісівництво» » №7 2017 С.6-7.

23. Мудрак О.В. Созологічні аспекти сільськогосподарської діяльності у Вінницькій області: стан, проблеми та перспективи використання / О.В. Мудрак, Г.В. Мудрак // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – Вінниця: ВНАУ. – 2016. – №4. – С. 197–211.

24. Мудрак О.В. Функціонально-просторові особливості збалансованого природокористування в межах Бузького екокоридору / О.В. Мудрак, Г.В. Мудрак,

С.Л. Кушнір // Збалансоване природокористування: науковопрактичний журнал. – К. – 2014. – Вип. №1. – С. 20–27.

25. Мудрак О.В., Мудрак Г.В. Екологічна політика як пріоритетна складова стратегії збалансованого розвитку Вінницької області: Навчально-методичний посібник. – Вінниця, 2017. – 69 с.

26. Нагорнюк О.М., Мудрак О.В., Собчик В.Т., Мудрак Г.В. Методи оцінки рівня екологічної безпеки в агросфері України / 5-й Міжнародний конгрес «Сталий розвиток: Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» 26-29 вересня 2018 року. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2018. С. 35.

27. Біомаса для палива: на Вінниччині висаджують енергетичні верби – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://vn.20minut.ua/Podii/biomasa-dlyapaliva-na-vinnichchini-visadzhuyut-energetichni-verbi-10689989.html

28. Мазур В.А, Ганженко О.М., Шляхтуров Д.С. Стан і перспективи розвитку технологій вирощування біоенергетичних культур в Україні. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету «Сільське господарство та лісівництво» » №7 2017 С.6-7.

29. Сінченко В. М., Пиркін В. І., Гнап І. В., Мельничук Г. А. Умови, необхідні для вирощування енергетичної верби. Біоенергетична реформа в окремо взятому інституті. БІОЕНЕРГЕТИКА/BIOENERGY" №2 (10) 2017 С.21.

30. Ягольник О. О., Гументик Я. М. Біоенергетична реформа в окремо взятому інституті. БІОЕНЕРГЕТИКА/BIOENERGY" №2 (10) 2017 С.18.

31. Роїк М.В. Концепція виробництва і використання твердих видів біопалива в Україні / М.В. Роїк, О.М. Ганженко, В.Л. Тимощук // Біоенергетика – 2015. - №1. – С. 5-8

32. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / [М. Роїк, В.М. Сінченко, Я.Д. Фучило, В.І. Пиркін, О.М. Ганженко, М.Я. Гументик та ін.]. – Вінниця: ТОВ «Нілан ЛТД», 2015. – 340 с

33. Браніцький Ю. Ю., Мазур О. В. Кількісні показники рослин проса лозовидного за різних технологічних прийомів вирощування. Сільське господарство та лісівництво : зб. наук. пр. 2019. Вип. 12. С. 28-43.

34. Поліщук М.І., Ковбасюк Б. М. Вплив строків сівби на продуктивність біомаси світчграсу. Збірник наукових праць. Сільське господарство та лісівництво. 2017. №5. С. 70-77.

35. Гументик, М. Я. Вирощування та використання органічної сировини для виробництва енергії / М. Я. Гументик // Збірник наукових праць ІБКіЦБ НААН. – Випуск 14. «Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур». – Київ, 2012. – С. 446-448.

36. Гументик, М. Я. Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу в умовах західного Лісостепу України / М. Я. Гументик, В. М. Квак // Зб. наук. праць Вінницького національного аграрного університету – Вип. 1(57), Серія: Сільськогосподарські науки. – Вінниця, 2012. – С. 168–173.

37. Економічна ефективність інвестицій у вирощування біоенергетичних культур в зоні Лісостепу України / М. Я. Гументик, Ю. І. Гайда, Я. Д. Фучило, І. В. Гнап// Економічний аналіз: зб. наук. праць / Тернопільський національний економічний університет; редкол.: О. В. Ярощук (голов. ред.) та ін. Тернопіль: Видавничополіграфічний центр Тернопільського національного економічного університету «Економічна думка», 2018. Том 28. № 2 С. 21-29.

38. Якимчук А.Ю. Економічне обґрунтування проектів щодо вирощування верби біоенергетичної /А.Ю.Якимчук // Агросвіт. –2008. –№22. – С. 1 7- 27

39. Аналітичний звіт та рекомендації щодо вирощування енергетичних культур в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://bioenergy.in.ua/media/ filer_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet_po_verbe.pdf.

40. Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення, 2004 https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0383-04#Text

41. Разанов С.Ф., Ткачук О.П., Гончарук І.І., Кравченко В.С. Зміна структури ґрунту при вирощуванні бобових багаторічних трав // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2018. Вип. 92. С. 206-214.

42. Разанов С.Ф., Шевчук О.А. Обсяг застосування та екотоксична оцінка хімічних засобів захисту рослин // Сільське господарство та лісівництво. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. 2018. №8. С. 102-117.

43. Закон України «Про альтернативні джерела енергії»: від 20 лютого 2003 року № 555-IУ//Відомості Верховної Ради. – 2003.- №24.- С.155.

44. Ткачук О.П., Войтко О.С., Пріоритети гарантування безпеки стратегії сталого розвитку України / Збірник наукових праць VIII науково- практичної конференції «Стратегія і тактика збереження довкілля», Вінницький національний аграрний університет, 7 квітня 2014 р: Вінниця. - С. 35-38.

45. Гументик М. Я., Квак В. М., Цвігун Г. В., Гончарук Г. С. Технологія вирощування міскантусу гігантського, як сировини для виробництва твердого біопалива // Новітні агротехнології: теорія та практика : тези доповідей Міжнародної науково практичної конференції, присвяченої 95 річчю Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (м. Київ, 11 липня 2017 р.). С.83

46. Мудрак Г.В. Аналіз науково-методичних засад оцінки придатності земель спеціальних сировинних зон екологічним вимогам / Г.В. Мудрак, І.П. Вдовиченко // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Сільське господарство та лісівництво. № 6. Вінниця. – 2017. – С. 129–140.

47. Методичні рекомендації з технології вирощування і переробляння міскантусу гігантського / [В.Л. Курило, О.М. Ганженко, М. Я. Гументик, В.М. Квак, Я.Д. Фучило, О.Б. Хіврич, П.Ю. Зиков, Г.С. Гончарук, В.М. Смірних, А.М.

Горобець, Ю. П. Дубовий, О. І. Замойський]. – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, Київ, 2015. – 52 с.

48. Кравчук Г.І., Дзюмак М.А., Кравчук О.О. Екологічні особливості та перспективи вирощування лісових енергетичних культур на радіоактивно забруднених територіях Вінниччини. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: сільськогосподарські науки № 1 (57). Вінниця:ПП «ТД «Едельвейс і К». 2012.С. 35-40.

49. Разанов С.Ф., Ткачук О. П., Мудрак Г. В. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних робіт студентами агрономічного факультету денної і заочної форми навчання/ (галузь знань: 101 – Природничі науки) освітнього ступеня «Магістр» зі спеціальності 101 «Екологія». Вінниця: ВНАУ. 2017. 39 с.

ДОДАТКИ