

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Навчально-науковий інститут інноватики,
природокористування та інфраструктури
Кафедра агробіотехнологій

ОСТАПІОВСЬКИЙ ЄВГЕН ВОЛОДИМИРОВИЧ

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОЩУВАННЯ
ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

Спеціальності: 201 – «Агрономія»
освітньо-професійної програми – «Агрономія»

Кваліфікаційна робота за освітнім ступенем «магістр»

Виконав студент групи АГРм-21

Остапівський Є.В.

Науковий керівник:

канд. с.-г. наук, доцент **Гойсюк С.О.**

Кваліфікаційну роботу допущено до
захисту

«__» _____ 2023 р.

Завідувач кафедри

ТЕРНОПІЛЬ – 2023

УДК 631:631.5:633.2:633.9

Порівняльна характеристика вирощування енергетичних культур в умовах Лісостепу західного // Comparative characteristics of growing energy crops in the condition of the Western Forest-Steppe

Остапйовський Євген. Кваліфікаційна робота. Кафедра агробіотехнологій. Навчально-науковий інститут інноватики, природокористування та інфраструктури. – Тернопіль, ЗУНУ, 2023.

65 с. текст. част., 12 табл., 7 рис., 62 бібл. джерел.

Кваліфікаційна робота присвячена вивченню приросту верби прутоподібної залежно від типу ґрунту та форми верби в умовах Лісостепу західного.

Надано агрохімічну та агрофізичну оцінку ґрунтовим умовам де зростають різні форми енергетичних верб – однор- та чотирьохрічних.

Проаналізовано, що на полях Ялтушківській дослідно-селекційній станції переважають ясно-сірі, темно сірі та сірі ґрунти. Вміст гумусу за Тюриним 1,81-2,02%, глибина гумусного горизонту знаходиться в межах 30-35 см, рівень рН – 5,0-5,2, вміст азоту – 7,0-7,2, фосфору – 16,7-18, Калію – 13,8-16,7.

При аналізі приростів верби прутоподібної встановлено, що найкращий приріст дають однорічні саджанці верби прутоподібної форма Астраханська. Порівняно з іншими формами, верба ф. Астраханська дає приріст у висоту на 13,0% більший ніж класична верба прутоподібна, та на 6,3% порівняно з ф. Молдавська, та на 5,6% порівняно з ф. Уладівська. Встановлено, що приріст за діаметром у верби ф. Астраханська є вищим ніж у класичного виду верби на – 10,3%, і на 9,7% ніж ф. Молдовська, і на 3,3% ніж у ф. Уладівська. Такі показники є незмінними незалежно від типу ґрунту.

Визначено, що збереженість однорічних саджанців верб становить на сірих опідзолених ґрунтах – 100%, а на ясно-сірих опідзолених в середньому 95%.

Найкраще зростання верби у чотирьох річному віці спостерігається в одиночних рядових посадках, їх середня висота становила 1,61 м, а діаметр, 8,97 см. Також в однорядних посадках спостерігається найбільша кількість прута – 454,0 тис. шт. на 1 га. В однорядових посадках, вага в свіжозрубаного прута верби на 5 до 10% є вищою, ніж у багато рядових посадках.

Фітомаса верби прутоподібної в абсолютно сухому стані на сірих опідзолених ґрунтах є вищою на 3% ніж на ясно-сірих ґрунтах.

ЗМІСТ

Зміст.....		4
Вступ.....		5
Розділ 1	ПЕРСПЕКТИВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РОСЛИНИ.....	8
1.1.	Перспективи та особливості вирощування верби прутоподібної.....	8
1.2.	Перспективи та особливості вирощування енергетичних рослин з фотосинтетичним циклом С4...	10
1.3.	Перспективи та особливості вирощування енергетичних рослин з фотосинтетичним циклом С3...	14
1.4.	Агротехніка вирощування енергетичних культур.....	16
Розділ 2	ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА	18
2.1.	Кліматична характеристика регіону досліджень	18
2.2.	Характеристика підприємства	21
2.3.	Схема досліджу.....	23
Розділ 3	ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОЩУВАННЯ ВЕРБИ ПРУТОПОДІБНОЇ.....	25
Розділ 4	РІЗНОВИДИ БІОПАЛИВА ТА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ	31
4.1.	Джерела відновлювальної енергії	31
4.2.	Різновиди твердого біопалива	35
4.3.	Різновиди рідкого біопалива	36
4.4.	Ферментативні процеси в біогазових установках.....	37
4.5.	Технологія обробки енергетичних рослин та їх енергетична ефективність.....	39
Розділ 5	ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА.....	42
	ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	52
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	54
	ДОДАТКИ.....	61
	Додаток А.....	61

ВСТУП

Боротьба з глобальним потеплінням тісно пов'язана зі зменшенням викидів – вуглекислого газу. Одним з методів зменшення концентрації CO₂ в атмосфері є отримання енергії з відновлюваних джерел. Йдеться про використання енергії вітру, води, припливів і відпливів та сонячної енергії. Остання може використовуватися як безпосередньо, за допомогою фотоелектричних елементів, так і опосередковано, шляхом утилізації сонячної енергії, накопиченої рослинами в процесі фотосинтезу [3, 9].

З давніх-давен людина використовувала сонячну енергію, накопичену в рослинах, або безпосередньо споживаючи їх, або спалюючи. З часів першого багаття мало що змінилося. Рослинну біомасу спалюють і сьогодні, хоча тепер цей процес здійснюється у дуже складному, високоефективному обладнанні. Завдяки технологічному прогресу ми можемо видобувати енергію з рослин, а також перетворювати їх на рідке паливо (біодизель, метиловий спирт тощо), газ (біогаз) або замітник вугілля – так званий біокарбон. Енергію можна отримувати з усіх рослин, будь то зернові, картопля, цукровий буряк тощо, або багаторічні рослини, такі як дерева, трави або дводольні [27].

Енергетичне використання рослинної біомаси наразі є одним з найбільш життєздатних варіантів виробництва енергії для господарств. Доступ до вітрової, гідро- або сонячної енергії наразі не такий легкий і швидкий, як до енергії, що зберігається в біомасі. Беручи до уваги енергетичну цінність, наприклад, деревини, соломи зернових або багаторічних трав, для виробництва енергії, еквівалентної 10 тоннам вугілля, необхідно від 15 до 18 тонн сухої речовини рослин. Врожайність такого обсягу можна отримати з приблизно 1,5-2,5 га енергетичних культур. На додаток до інвестицій, необхідних для створення культури, виробник також повинен інвестувати в обладнання для переробки (подрібнювачі або подрібнювачі, машини для пелетів або брикетування) та перетворення біомаси в енергію (спеціальні печі). Однак такі інвестиції окупаються

протягом декількох років і забезпечують "індивідуальну енергетичну безпеку", повністю незалежну від поточних ринкових або політичних умов. Витрати на деякі компоненти "біоенергетичної технологічної лінії", такі як преси для брикетування або подрібнювачі, можуть бути розподілені між групою сільськогосподарських виробників, селом тощо. Це дослідження має на меті заохотити виробників займатися цим все ще новим видом виробництва, виходячи з наявних у них земельних ділянок та їх потужностей [6, 45].

Актуальність теми.

Підвищений інтерес вчених-енергетиків до верби прутоподібна видної (*Salix viminalis*) пов'язаний, головним чином, з пошуком нових екологічно чистих видів палива, для зменшення викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Економічна доцільність вирощування верб полягає в одержанні найкращого приросту біомаси, адже чим вища фітомаса рослини, тим кращий її енергетичний потенціал. З цією метою селекціонерами виведено нові різноманітні форми верб. На різних типах ґрунтах, та і в різних кліматичних зонах приріст верб буде відрізнятися.

Тому, для раціонального ведення господарства є правильний підбір сортів та різновидів верб які здатні за малий проміжок часу дати значну біомасу.

Мета досліджень

Визначити особливості росту та розвитку та фітопродуктивності *Salix viminalis* залежно від типу ґрунту та сорту рослини.

У роботі передбачалося виконання наступних завдань:

- проаналізувати типи ґрунту на дослідних ділянках;
- встановити приріс у висоту різних форм верби прутоподібної;
- встановити приріс за діаметром прутів верби прутоподібної залежно від різновидностей форми;
- оцінити збереженість однорічних саджанців верби залежно від

тупу ґрунту;

- встановити особливості зростання та кількість прутів у верби прутоподібної залежно від кількості рядів у посадці;
- визначити фітомасу верби прутоподібної залежно від ґрунтових умов.

Об’єкт досліджень – особливості росту, розвитку різних форм верби прутоподібної та її фітопродуктивний потенціал.

Предмет дослідження – приріст *Salix viminalis* у висоту та за діаметром, агрохімічний аналіз ґрунту, типи ґрунту, фітомаса.

Наукова новизна оптимальних результатів. В умовах Лісостепу західного на прикладі Ялтушківській дослідно-селекційній станції вперше одержані результативні дані впливу типу ґрунтових умов, типу посадки на ріст, розвиток і біомасу верби прутоподібної.

Практичне значення отриманих результатів.

Для одержання більшої біомаси та кількості прутів у верби прутоподібної як енергетичної культури, слід її висаджувати в однорядові посадки, на більш родючих типах ґрунтів. Також це має важливе значення і для збереження однорічних саджанців верби. Для одержання більшої біомаси слід використовувати форми енергетичних верб які дають найбільший приріст і фітомасу.

Особистий внесок здобувача кваліфікаційна робота безпосередньо виконана магістром. Здійснено огляд літератури, сформульовано мету і завдання досліджень, статистичний та аналітичний аналіз, підготовлено кваліфікаційну роботу, обґрунтовано висновки за аналізом результатів дослідження,

Оприлюднення результатів роботи. Основні положення та результати досліджень представлено у статті облікованій в журналі *Journal of science. Lyon*. №48, (2023).

РОЗДІЛ 1

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РОСЛИНИ

1.1. Перспективи та особливості вирощування верби прутноподібної

Верба прутноподібна. Верба – багаторічна рослина, яка росте практично на будь-яких ґрунтах (проте на пісках, торфах та пустирях її висаджувати не рекомендується через низьку врожайність) і не потребує складних агротехнічних операцій. Оптимальний рівень рН ґрунту для вирощування верби становить від 5 до 7. Перш ніж плантація почне приносити дохід, необхідно висадити вручну від 15 до 30 тис. саджанців на 1 га і в перші роки здійснювати азотне підживлення та зрошення, а також ручне прополювання, підгортання та видалення зайвих пагонів [15, 17, 20].

Вартість посадки 10 акрів становить приблизно 109800 грн, що еквівалентно 4 000 саджанців по 27,45 грн за одиницю [18, 39, 40, 42, 61].

Протягом наступних двох років з цієї плантації можна буде отримати близько 700 000 саджанців, і якщо власник продасть їх за ціною близько 10 грн за штуку, він отримає прибуток у розмір і близько 490 тис. грн після вирахування виробничих витрат. Збільшений прибуток можливий, якщо що попит на саджанці триватиме від 2 до 5 років [61].

Плантація верби досягає повної продуктивності через три роки, а врожай можна збирати протягом приблизно 25 років. Середньорічний врожай на орних землях III і IV класу становить від 30 до 40 тонн з гектара (це можна зробити за допомогою кукурудзозбиральної техніки). За тонну свіжої необробленої тріски з вологістю близько 40% (зібраної наприкінці листопада – на початку грудня після опадання листя) можна отримати близько 540 грн, а за тонну сухої речовини – майже вдвічі більше. Після вирахування понесених витрат чистий прибуток з гектара плантації

енергетичної верби становитиме близько 17900 грн, що відповідає доходу від виробництва зернових на такій же площі [44, 61].

Вербову тріску можна спалювати безпосередньо в котлі, а можна переробляти – перетворювати на брикети або так звані пелети – подрібнювати і пресувати, щоб отримати щільність речовини на одиницю маси, таким чином підвищуючи теплотворну здатність. Приклади виробничих витрат і теплотворної здатності переробленої та необробленої верби наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Приклад витрат на отримання палива з верби за даними [5].

Паливо	Виробнича собівартість, злотих/ГДж	Теплота згоряння, ГДж/т	Ціна для котельні, грн/т
Верба (вологість 40%)	11,54	10,4	1074
Брикети	18,21	16,5	2685
Пелети	22,22	18,0	3580

Незважаючи на такі сприятливі умови, господарства не дуже зацікавлені у вирощуванні верби, це пов'язано з усвідомленням власниками того, що тривале вирощування однієї культури на одній і тій же землі призводить до сильного виснаження ґрунту. Наразі неможливо оцінити ефект багатогектарних монокультур, що вирощуються в енергетичних цілях, або оцінити шкоду, яку вони завдають навколишньому середовищу. З часом на їхньому місці виникає опустелювання внаслідок виснаження ґрунтів або засолення через зрошення [7, 45].

Використання біопалива та біомаси, окрім заміщення викопних видів палива та зазначених вище екологічних переваг, активізує аграрне середовище – багаторічні землі, що не використовуються, будуть знову освоєні, а також з'явиться можливість для розвитку малого підприємництва в сільській місцевості [24-29, 31].

Використання біосировини в енергетиці теоретично зменшує забруднення навколишнього середовища, оскільки створене з неї паливо містить менше шкідливих речовин, ніж традиційне паливо, що використовується в енергетиці. Це справедливо лише в тому випадку, якщо рослини не росли на забрудненій землі, інакше забруднення від вихлопних газів може бути значно вищим, ніж при використанні традиційних видів палива [2, 16].

Позитивним проявом розвитку біоенергетики, ймовірно, стане розвиток розподіленої генерації, що підвищить енергетичну безпеку країни. Ще одним плюсом для енергетики є зниження екологічних зборів на виробництво відновлюваної енергії, а також регуляторна гарантія продажу цієї енергії.

1.2. Перспективи та особливості вирощування енергетичних рослин з фотосинтетичним циклом C4.

Міскантуси – гігантський, цукровий, китайський. Одним з дуже перспективних видів багаторічних трав з точки зору потенціалу вирощування в енергетичних цілях є *міскантус гігантський* (*Miscanthus x giganteus* Greff et Deu.). Хоча він не походить з нашої кліматичної зони, багаторічні дослідження, проведені підтвердили його високий потенціал врожайності та позитивний вплив на навколишнє середовище в умовах помірного клімату. Динамічний ріст від моменту посадки, низька потреба в добривах, відсутність шкідників і збудників хвороб, тривалий період врожайності на відносно постійному рівні – все це свідчить на користь вирощування цього виду. Особливо важливе значення при вирощуванні культури це низька потреба у воді (приблизно 2-3 тис. м³ на рік на 1 га посіву), що має вагому цінність збережені водних ресурсів. Міскантус збирають у зимові місяці (лютий – березень), в період вільної доступності такої техніки, як, наприклад, кукурудзозбиральні комбайни, високі прес-підбирачі та транспортні засоби. Зібраний в цей період міскантус має

вологість близько 20% і не потребує додаткових зусиль для досушування. Обробки засобами захисту рослин практично не потрібні, а хімічна боротьба з бур'янами має сенс тільки відразу після посадки. Рослина позитивно реагує на внесення добрив, хоча дози нижче 100 кг азоту на 1 га не дають очікуваного ефекту. Негативною стороною вирощування цієї рослини є висока вартість створення плантації (лише на саджанці потрібно витратити щонайменше 136-182 тис. грн на гектар). Саджанці, які зараз доступні на ринку (цей вид не дає насіння), походять або від поділу старих рослин, або від розмноження в культурі *in vitro*. Останні можуть бути чутливими до морозів, тому для нових посадок рекомендується вкривати (наприклад, соломною) або поливати перед зимою [54-56, 60].

Іншими видами цього роду, корисними для біоенергетичного вирощування, є міскантус цукровий (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth) та міскантус китайський (*Miscanthus sinensis* Anderss). Обидва види добре зимують і не дуже вимогливі до родючості ґрунту та водопостачання. Ці види добре розмножуються, як і описаний вище гігантський міскантус. За сприятливих погодних умов з них можна отримати насіння, але його кількість і якість навряд чи забезпечить матеріал для масового посіву. Врожайність цих двох видів трохи нижча, ніж у міскантусу гігантського, хоча довговічність плантацій значна [58, 60].

Просо прутноподібне. (*Panicum virgatum* L.), вид, який, мабуть, найкраще вивчений з точки зору його корисності для біоенергетики, хоча і не є широко відомим в нашій країні. Рослина походить з Північної Америки і характеризується типом фотосинтезу C4. Звідти походять численні сорти цього виду, що використовуються в енергетичних цілях. Це багаторічна рослина, що виростає до 1,5-2,5 м. Він добре зимує, дає біомасу 9-15 тонн сухої речовини з гектара і дає життєздатне насіння. Можлива врожайність цього виду оцінюється приблизно в 10-12 тонн сухої речовини з гектара протягом 10-15 років, починаючи з 2 років після посіву насіння. З іншого боку, річна продукція підземної біомаси цього виду становить приблизно 6,7

т/га. Сильно розвинена підземна частина пов'язана зі здатністю значно секвеструвати вуглець у ґрунті (приблизно 1 т С на га на рік), що має колосальне значення для зменшення загального вуглецевого балансу. За даними американського дослідження, кожна тонна біомаси проса прутіподібного, вироблена для енергетичних цілей, збільшує рівень вуглецю в ґрунті на 83 кг, особливо на землях, спочатку бідних на органічну речовину. Потужна коренева система цього виду також сприяє зменшенню ерозії ґрунту, зменшенню вимивання поживних речовин та підвищенню мікробіологічної активності ґрунту. Незважаючи на те, що цей вид продукує значну кількість надземної та підземної біомаси, він не має дуже високих потреб в азоті. Вміст азоту в травах фотосинтетичного шляху С4 приблизно на 50% нижчий, ніж у травах помірного (С3) клімату. Під час розвитку і дозрівання спостерігається систематичне зниження вмісту азоту в рослинах проса прутіподібного до менш ніж 0,5% до кінця вегетації. У міру висихання рослин відбувається поступове переміщення поживних речовин, у тому числі азоту, в кореневу систему, що забезпечує запас поживних речовин на наступний вегетаційний період. Подібний механізм відбувається й в інших видах трав циклу С4, описаних вище [54-56].

Особливістю насіння цього виду є те, що воно придатне для посіву лише після того, як пройде природний спокій, тобто після одного року зберігання на складі або в аналогічних умовах. Рослина позитивно реагує на внесення мінеральних добрив і може вирощуватися на одній ділянці щонайменше десятирок років. Чисте виробництво енергії (тобто різниця між енергією, витраченою на виробництво одиниці продукції, та енергією, отриманою від переробки біомаси) цього виду становить 163,8 ГДж/га при врожайності 9 т сухої речовини з га. Такий розрахунок для кукурудзи дає 89,2 ГДж/га (при врожайності зерна 5,7 т/га), для жита 34,7 ГДж/га (врожайність зерна 2,3 т/га). Отже, це одна з найбільш енергоефективних овочевих культур. Напевно, найбільшою проблемою для розширення вирощування цього виду є нестача насіння на нашому ринку. Залишається

сподіватися, що у відповідь на зростаючий попит на цей вид продукції можна буде ініціювати імпорт насіння, а можливо, і його виробництво в нашій країні.

Спартина степова. Ще одним видом з групи тропічних трав шляху С4, який підходить для вирощування в енергетичних цілях, є спартина степова (*Spartina pectinata* Bosc. ex Link.). Цей вид походить з Північної Америки і зустрічається на ділянках з широкою амплітудою як кліматичних, так і біотопічних умов. Для нас найважливішим є те, що спартина добре зимує в наших умовах і може рости практично скрізь – від періодично перезволожених ґрунтів, разом з осоками та калюжниціями, до піщаних пустирів, непридатних для обробітку типовими сільськогосподарськими культурами. Врожайність, починаючи з 3-го року після створення плантації, підтримується на рівні 10-19 тонн сухої речовини з гектара. Хоча в наших умовах вид дає насіння, воно практично не придатне для використання через швидке зниження родючості. Нові плантації можна створювати на основі живців, отриманих шляхом культури тканин або поділу старих куртин. Посадку слід проводити з міжряддям приблизно 2-3 м і 0,5-0,8 м в ряду. Вид позитивно реагує на внесення добрив (приблизно 70-120 кг азоту на 1 га на рік) [53, 54-56].

Головною перевагою таких видів, як міскантус, спартина степова або просо прутоподібне, є відсутність хвороб та шкідників, які знищують їх у нашій країні. Без необхідності використання хімічних пестицидів вирощувати їх набагато дешевше. Ще однією перевагою виробництва енергії з рослин шляху фотосинтезу С4 є низький вміст золи (приблизно 1-2,5%), що є надзвичайно важливим, особливо при спалюванні великої кількості соломи [57].

1.3. Перспективи та особливості вирощування енергетичних рослин з фотосинтетичним циклом C3

Інші багаторічні види трав, які можна успішно вирощувати в нашій країні для виробництва енергії – це очеретянка звичайна (*Phalaris arundinacea* L.), костриця очеретяна (*Festuca arundinacea* Schreb.), райграс високий (*Arrhenatherum elatius* (L.) P.B. ex J.et C.Presl), стоколос безостий (*Bromus inermis* Leyss) та пирій видовжений (*Agropyron elongatum* (Host.) D.R.Devey). Ці види можуть досягати врожайності 10-15 т сухої речовини з 1 га. Врожайність на цьому рівні може зберігатися протягом 3-5 років (за оптимальних умов місцезростання та удобрення). На користь їх вирощування свідчить адаптація до нашого клімату та давня традиція їх вирощування. Окрім використання в енергетичних цілях, вони, звичайно, можуть також використовуватися традиційно, тобто як джерело кормів. Насіння деяких із згаданих видів доступне на внутрішньому ринку, а витрати на його вирощування відносно низькі [41, 53].

Новим видом трави, придатним для вирощування в енергетичних цілях, як в Україні, так і в Європі, є вищезгаданий пирій видовжений. Хоча цей вид належить до роду пирію, на відміну від неприємного бур'яну пирію повзучому (*Agropyron repens* L.), не утворює продохів (мичкуватої кореневої системи) і має низький рівень осипання насіння. Рослини цього виду утворюють великі кущі, що не розпускаються, з потужною кореневою системою, яка в пошуках води сягає до 3 м у глибину. Утворює генеративні пагони, що дають насіння великого розміру (вага тисячі насінин приблизно 9,2 г) з дуже гарною схожістю. Він не вилягає в полозі, а також не уражається хворобами. Врожайність насіння може досягати 260 кг/га, а вихід енергії оцінюється приблизно в 150 ГДж з гектара посіву. Вид можна вирощувати в усіх регіонах країни, особливо на піщаних, бідних і забруднених ґрунтах. Вважається одним з найбільш стійких до засолення ґрунту. Він витримує засолення ґрунту до 1% за вмістом розчинних солей у ґрунтового розчині. Поодинокі посіви можна використовувати для виробництва зеленої маси,

наприклад, силосу (можливо, кілька разів на рік) або сухої біомаси, наприклад, пелет чи паливних брикетів. Існує також інформація про можливість використання біомаси цього виду в паперовій промисловості або у виробництві збірних меблів. Завдяки потужному розвитку кореневої системи та стійкості до посухи і засолення субстрату, вид також може знайти застосування у рекультивації та стабілізації спустошених земель [41, 50, 59].

Багаторічна рослина є одним з найперспективніших видів трав помірної зони для енергетичних цілей. Аргументами на користь використання цієї трави в енергетичних цілях є: низька потреба у воді, особливо на піщаних, сухих і бідних ґрунтах (класи IV-VI), стійкість до забруднених і засолених ґрунтів, стійкість до низьких температур (не вимерзає навіть після суворих холодних зим до -25°C). Витрати на створення плантації цього виду є відносно низькими і становлять приблизно 13500 за гектар, у порівнянні, наприклад, з посадкою міскантусу – 162 000 грн за 1 га, або верби – 108000 грн за 1 га. Збирання врожаю з плантації є простим, його можна проводити за допомогою наявної в господарстві техніки, яка традиційно використовується для вирощування зернових або кукурудзи, на відміну, наприклад, від збору врожаю верби, де необхідно використовувати дуже дорогі техніку, а використання такої техніки є вигідним на плантаціях площею понад 800 гектарів. Також не є проблемою викорінення плантацій цього виду після періоду виробництва, наприклад, за допомогою традиційної оранки плугом. Плантація пирію не вилягає (за умови відсутності надмірного внесення добрив), що важливо для природного, сонячного повторного висихання стоячої біомаси [41, 50, 59].

Виробничі плантації перерахованих вище видів трав, у порівнянні, наприклад, з міскантусом гігантським, відносно недовговічні. Вони досягають свого оптимуму врожайності вже через рік після посіву, проте їх прибуткове вирощування може тривати щонайбільше чотири-п'ять років.

Виробництво біомаси для енергетичних цілей також може базуватися на типових кормових видах, якщо основним напрямком переробки є виробництво біогазу. Такі популярні види, як райграс багаторічний (*Lolium perenne* L.), пажитниця рясноцвіта (*Lolium multiflorum* Lam.), райграс гібридний (*Lolium hybridum* Hauss.), костриця лучна (*Festuca pratensis* Huds.) або грястиця звичайна (*Dactylis glomerata* L.), що висіваються переважно у багатовидових сумішах, можуть забезпечити значні обсяги біомаси, яку можна зібрати в кілька валків [51, 52].

1.4. Агротехніка вирощування енергетичних культур

Посів та посадка культур. Види, які не розмножуються насінням (види роду *Miscanthus*) або дають насіння з низькою схожістю (наприклад, *Spartina* та *Andropogon*), можна розмножувати висаджуванням живців, отриманих методом *in vitro*, або діленням старих рослин з існуючих плантацій. Цей метод є трудомістким і вимагає наявності маточного матеріалу. На відміну від нього, продукти методу *in vitro* вже доступні на нашому ринку, і в принципі немає ніяких практичних обмежень для їх використання. Для вирощування 1 га міскантусу або спартини потрібно від 10 000 до 20 000 саджанців. Посадка повинна відбуватися, коли ризик заморозків вже низький, тобто в другій половині квітня. Поле для посадки цих видів повинно бути вільним від швидкорослих бур'янів, які в початковий період повільного росту трав можуть їх витіснити [56, 60].

Види, що висіваються насінням (пирій видовжений, райграс високий, костриця очеретяна), висіваються традиційною, належним чином відрегульованою зерновою сівалкою. Кількість насіння становить, залежно від виду, від 5 до 10 кг насіння на гектар.

Багатство ґрунту безпосередньо визначає потребу рослин у добривах. Що стосується специфічних культур, таких як енергетичні трави, як правило, необхідно уникати надмірного внесення добрив.

Внесення добрив. Більшість поживних речовин, що надходять ззовні (азот, калій, натрій), переходять у біомасу і можуть, якщо не вжити заходів для зменшення їхньої цінності (наприклад, удобрення), мати негативний вплив на якість біомаси. Різниця у кількості макроелементів, що містяться в біомасі, може досягати, наприклад, приблизно 97 кг калію, 24 кг азоту і приблизно 19 кг магнію на 1 га удобреного врожаю міскантусу, зібраного пізно восени, порівняно з весняним врожаєм (березень-квітень). Надлишок цих елементів негативно впливає на процес перетворення біомаси. Відомо, що спалювання рослинної біомаси, яка характеризується значним вмістом сірки і хлору, а також лужних металів (натрію, калію або магнію), може призвести до посилення високотемпературної хлорної і сульфатної корозії та шлакування поверхонь нагріву енергетичних котлів. З іншого боку, в котлах з псевдозрідженим шаром існує ризик агломерації шару. Надлишок азоту, в свою чергу, спричиняє надмірні викиди оксидів азоту (NO_x) в атмосферу [46].

Внесення добрив сприяє росту і розвитку молодих рослин після посадки або посіву і є необхідною умовою для отримання досить прибуткового врожаю.

Перевага вирощування багаторічних трав на біомасу полягає в тому, що їх можна збирати за допомогою звичайних сільськогосподарських знарядь.

РОЗДІЛ 2

ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

2.1. Кліматична характеристика регіону досліджень

Вінницька область розміщена в західній частині Лісостепової зони [32].

Клімат у Вінницькій області помірно-континентальний наближений до холодного через вплив холодних повітряних мас з Арктики та Середземномор'я. Область характеризується достатньою кількістю опадів, навіть у посухі місяці спостерігається випадання опадів. Середньорічна температура повітря в області становить $-8,9^{\circ}\text{C}$, а середньорічна норма опадів – 665 мм (рис. 2.1) [33].

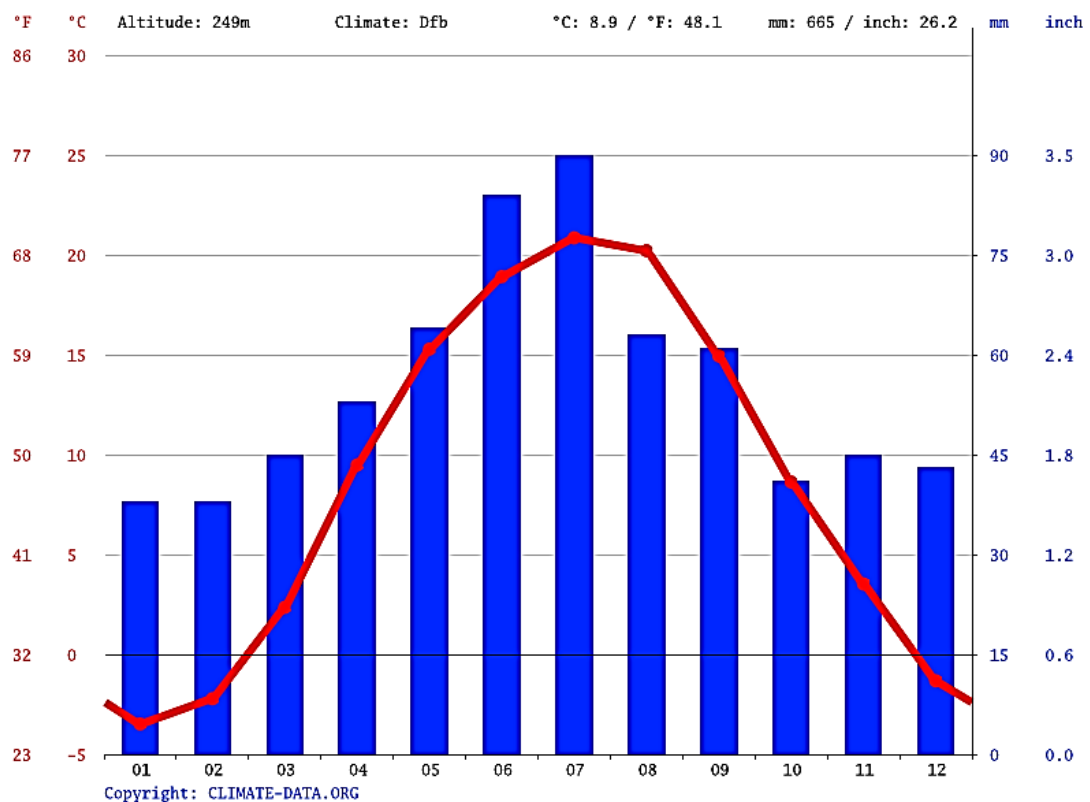


Рис. 2.1. Графік кліматичний показників

Найсухіший місяць року – січень, кількість опадів у цей період становить 38 мм. У липні місяці кількість опадів досягає свого піку, і становить у середньому – 90 мм (рис. 2.2).

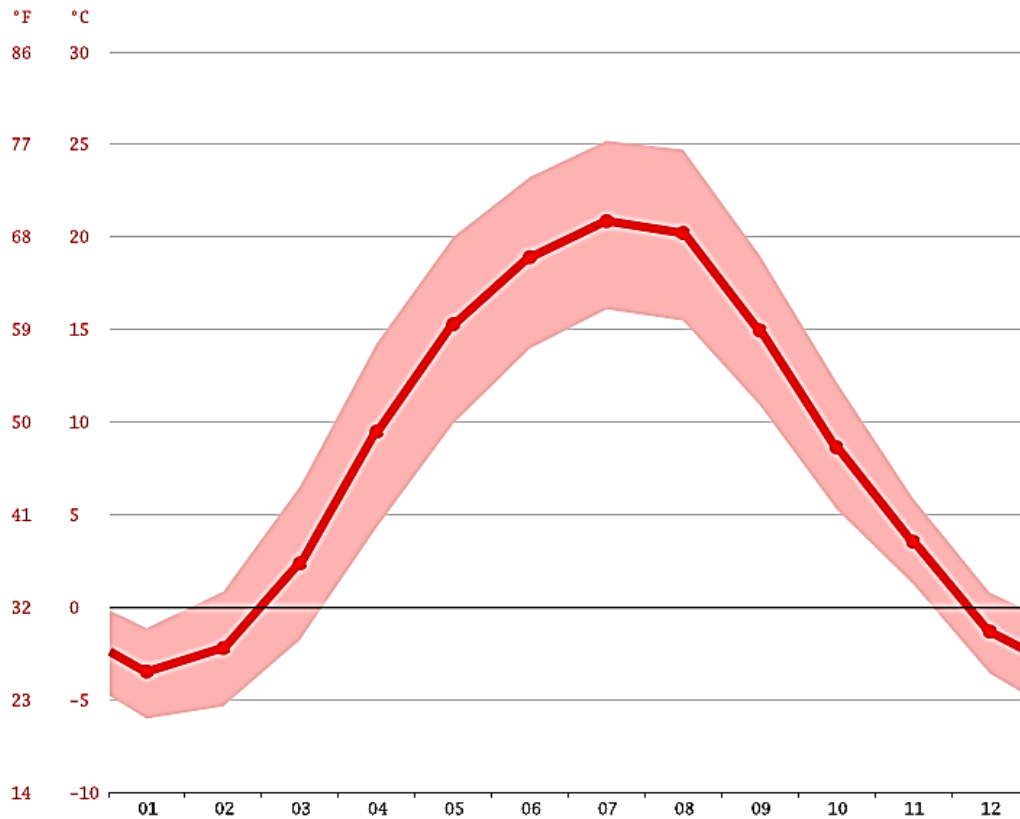


Рис. 2.2. Річна температура повітря

Найтеплішим місяцем року є липень місяць температура повітря в середньому становить – 20,9°C. Найхолоднішим місяцем року є січень місяць середня температура сягає – 3,5°C (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Щомісячні річні показники

Показники	Місяці											
	Січень	Лютий	березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Середня температура, °C	-3,5	-2,2	2,4	9,5	15,3	18,9	20,9	20,2	14,9	8,6	3,5	-1,3

Показники	Місяці											
	Січень	Лютий	березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Мінімальна температура, °С	-6,0	-5,4	-1,8	4,3	9,9	14,0	16,1	15,5	10,9	5,3	1,2	-3,6
Максимальна температура, °С	-1,1	0,8	6,5	14,2	20,0	23,2	25,2	24,7	19,0	12,2	5,9	0,8
Норма опадів, мм	38,0	38,0	45,0	53,0	64,0	84,0	90,0	63,0	61,0	41,0	45,0	43,0
Вологість, %	83,0	80,0	73,0	64,0	62,0	63,0	66,0	63,0	68,0	75,0	84,0	83,0
Дощові дні	6,0	7,0	8,0	8,0	8,0	9,0	9,0	7,0	7,0	6,0	7,0	7,0
Довжина дня, години	2,1	3,0	5,6	8,9	1,0	11,5	11,6	10,6	7,6	5,1	2,5	2,2

Data: 1993-2023: мінімум температура (°С), максимум температура (°С), Норма опадів (мм), Вологість, Дощові дні. Data: 1993-2023: довгота дня

Згідно з показниками зазначених у таблиці, спостерігається різниця в 52 мм опадів між посушливими і дощовим місяцем. Зміна середньорічної температури становить близько 24,3°С.

Місяць із найвищою відносною вологістю – листопад (83,88%). Місяць із найнижчою відносною вологістю – травень (61,67%). Місяць із найбільшою кількістю дощових днів – липень (12,47 днів). Місяць із найменшою кількістю – жовтень (7,67 днів).

У Вінницькій області місяць із найбільшою кількістю сонячних годин на день – липень, у середньому 11,64 годин сонячного світла. Всього у липні 360,89 годин сонячного саява. Місяць з найменшою кількістю сонячних годин на день – січень, в середньому 2,21 годин на день. У січні 68,39 годин сонячного світла. Протягом року у Вінницькій області налічується близько 2494,18 годин сонячного світла. В середньому за місяць буває 81,73 годин сонячного світла.

В загальному кліматичні показники сприятливі для ведення сільського господарства та вирощування енергетичних культур.

2.2. Характеристика підприємства

Дослід закладали на енергетичних вербах у Ялтушківській дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України. Дослідна станція розташована с. Черешневе, Барський район, Вінницька область.

Головна діяльність станції інституту це: «науково-технологічне забезпечення галузі буряківництва України та підготовка наукових кадрів; розробка генетичних, біотехнологічних та фізіолого-біохімічних методів створення високоадаптованого вихідного матеріалу для потреб селекції; створення конкурентоспроможних, високопродуктивних, стійких до комплексу біотичних і абіотичних факторів гібридів цукрових буряків, придатних для інтенсивних технологій виробництва, що забезпечують збір цукру 10-12 т/га; вдосконалення існуючих методів селекції і створення нових вихідних селекційних матеріалів для створення сортів і гібридів цукрових та кормових буряків, цукрового сорго з підвищеними врожайними та якісними властивостями для виробництва біопалива; створення високопродуктивних сортів і гібридів рослин міскантусу (*Miscanthus*), світчграсу (*Panicum*), енергетичної верби (*Salix*), цукрового сорго (*Sorghum*) та інших з пониженим вмістом фенольних сполук, зольних елементів, стійких до комплексу біотичних і абіотичних факторів та з високою енергетичною цінністю для вирощування в умовах різних зон України для виробництва твердого біопалива; розробка ресурсо- і енергозберігаючих технологічних процесів та технологій виробництва цукрових буряків та їх насінників, адаптованих до ґрунтово-кліматичних зон бурякосіяння, з метою максимального використання генетичного потенціалу культури та високого коефіцієнта розмноження насіння; розробляння біоадаптивних

технологій вирощування цукроносних культур з інтегрованим управлінням фітосанітарним станом агрофітоценозів, оптимальними системами забезпечення елементами живлення, удосконаленням захистом посівів від бур'янів, з метою гарантованого щорічного вирощування необхідної кількості та якості цукроносної біомаси як джерела сировини для виробництва біоетанолу; розроблення теоретичних основ зонального розміщення та адаптивних технологій вирощування фітоенергетичних рослин з інтегрованим управлінням фітосанітарним станом та новими способами захисту посівів від бур'янів; удосконалення технологій підготовки інкрустованого, дражованого і обробленого захисно-стимулюючими речовинами насіння цукрових буряків, доведення його показників якості до вимог міжнародних стандартів, реалізація базових компонентів ЧС гібридів та фабричного насіння; наукове обґрунтування бурякових сівозмін у нових умовах господарювання та земельних відносин, розробка систем обробітку ґрунту та удобрення з розрахунку на запланований урожай, застосування інтегрованої системи захисту посівів від бур'янів, шкідників та хвороб на основі прогнозування їх появи; створення нових конкурентоспроможних, високопродуктивних сортів та гібридів зернових, зернобобових, круп'яних культур та трав, стевії медової, розробка технологій їх механізованого вирощування та насінництва, реалізація насіння високих репродукцій та розсади стевії; визначення патентоспроможності та науково-технічного рівня науково-дослідних робіт, розроблення нормативних документів, правова охорона інтелектуальної власності; обґрунтування організаційно-економічної моделі оптимального функціонування буряко-цукрового підкомплексу АПК України за ринкових умов, розробка проектів короткострокових і довгострокових програм його розвитку та удосконалення цінового механізму; наукове забезпечення та впровадження інноваційних розробок в агропромислове виробництво» [62]

2.3. Схема дослідю

Дослід закладався на ясно-сірих та сірих ґрунтах. На території Ялтушківській дослідно-селекційній станції переважають ясно-сірі, темно сірі та сірі ґрунти. Вміст гумусу за Тюриним 1,81-2,02%, глибина гумусного горизонту знаходиться в межах 30-35 см, рівень рН – 5,0-5,2, вміст N (азот) – 7,0-7,2, P (фосфор) – 16,7-18, K (калій) – 13,8-16,7. На закладених дослідних ділянках визначали ріст і розвиток енергетичної верби. Головним завданням були визначити динаміку росту та розвитку енергетичної верби залежно від ґрунтових умов. Для виконання поставленої задачі на дослідних ділянках здійснювали аналіз біометричних показників дерев визначали їх діаметр та висоту, та здійснювали порівняльну оцінку залежно від одержаних середньостатистичних даних. З метою здійснення порівняльного аналізу здійснено вибір двох дослідних ділянок з різним типом ґрунтів де зростали однорічні верби. Агрохімічні та агрофізичні показники дослідних ділянок містяться у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Показники ґрунту

№ п/п	Показники	Дослідна ділянка № 1	Дослідна ділянка № 2
1.	Агровиробнича група ґрунтів	Ясно-сірі опідзолені ґрунти	Сірі опідзолені ґрунти
2.	Механічний склад ґрунтів	Грубопилувато середньо-суглинкові	
3.	Вміст гумусу, %	1,55	1,63
4.	Забезпеченість ґрунту:		
	N, мг на 1 кг ґрунту	60	72
	P, мг на 1 кг ґрунту	130	170
	K, мг на 1 кг ґрунту	138	142

№ п/п	Показники	Дослідна ділянка № 1	Дослідна ділянка № 2
5.	Гідролітична кислотність, мг.-екв. на 100 г ґрунту	2,20	2,70
6.	pH ґрунту	5,0	5,2
7.	Сума вбірних основ, %	14,7	20,9
8.	Ступінь насиченості основами, %	80	84
9.	Щільність ґрунту, г/см ³	1,25	1,25

Для порівняльного аналізу, дослідження проводилися на вербі прутіподібній та різних її формах, одно- та чотирьох річних рослинах [19, 22]. В ході проведених досліджень зверталась увага на кількість посаджених рядів, збереженість рослини, середню кількість прутів. З метою визначення різниці у рості різних сортів верби прутіподібної здійснювали вимір висоти рослин і діаметр біля основи. Також особливу увагу звертали на ріст і розвиток рослини на різних типах ґрунтів, для порівняння вибрано 2 типи ґрунту: ясно-сірій опідзолений та сірій опідзолений [23]. Розмір пробної ділянки становив 0,25 га.

РОЗДІЛ 3

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОЩУВАННЯ ВЕРБИ ПРУТОПОДІБНОЇ

На дослідних ділянках зростали різні сорти верби прутоподібної, в першому випадку класична верба прутоподібна, у других варіантах різні форми верб – Молдавська, Астраханська, Уладівська. Перше поле мало явно виражений ясно-сірий опідзолений ґрунт, друге – сірий опідзолений ґрунт. При визначенні якій з форм верби прутоподібної дає найкращий приріст, здійснювали аналіз біометричних показників – висота, діаметр. Відповідно до одержаних результатів аналізу, встановлено, що найкращий приріст за діаметром та висотою має форма верби Астраханська (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Середні дані показників верби прутоподібною в однорічному віці

№ п/п	Назва виду	К-ть рядів, шт.	Збереженість, %	Середні показники росту		Середня кількість прута тис. шт./га
				висота, м	діаметр біля основи, см	
Дослідна ділянка № 1						
1	Верба прутоподібна	2	95	1,12	0,74	26,6
2	Верба прутоподібна	1	93	1,35	0,91	30,4
3	Верба прутоподібна ф. Молдавська	6	100	1,33	0,80	34,2
4	Верба прутоподібна ф. Астраханська	1	90	1,42	0,92	38,0
5	Верба прутоподібна ф. Уладівська	1	90	1,34	0,89	30,4
Дослідна ділянка № 2						
1	Верба прутоподібна	2	100	1,16	0,76	26,9

№ п/п	Назва виду	К-ть рядів, шт.	Збереженість, %	Середні показники росту		Середня кількість прута тис. шт./га
				висота, м	діаметр біля основи, см	
2	Верба прутоподібна	1	100	1,36	0,94	30,7
3	Верба прутоподібна ф. Молдавська	6	100	1,37	0,82	34,6
4	Верба прутоподібна ф. Астраханська	1	100	1,45	0,93	38,2
5	Верба прутоподібна ф. Уладівська	1	100	1,37	0,90	30,6

Форма Астраханська порівняно з іншими формами верб має приріст у висоту на 13,0% порівняно з вербою прутоподібною, на 6,3% порівняно з формою Молдавська, на 5,6% порівняно з ф. Уладівська. За приростом за діаметром більша ніж у класичного виду на 10,3%, на 9,7% за ф. Молдовська та на 3,3% ніж у ф. Уладівська. Ці показники цілком ідентичні як і на ясно-сірих так і на сірих опідзолених ґрунтах.

Збереженість виду найкраща на сірих опідзолених ґрунтах, що є цілком зрозуміло, адже відповідно до показників ґрунту (табл. 3.2), вміст азоту, фосфору та калію є вищим, а також і вміст гумусу в порівнянні з ясно-сірим опідзоленим ґрунтом.

З метою подальшого моделювання біометричних приростів верби прутоподібної залежно від типів ґрунту побудовано графіки залежності (рис. 3.1, 3.2).

Одержані рівняння надали змогу порівняти ріст і розвиток верб на різних типах ґрунту (рис. 3.4).

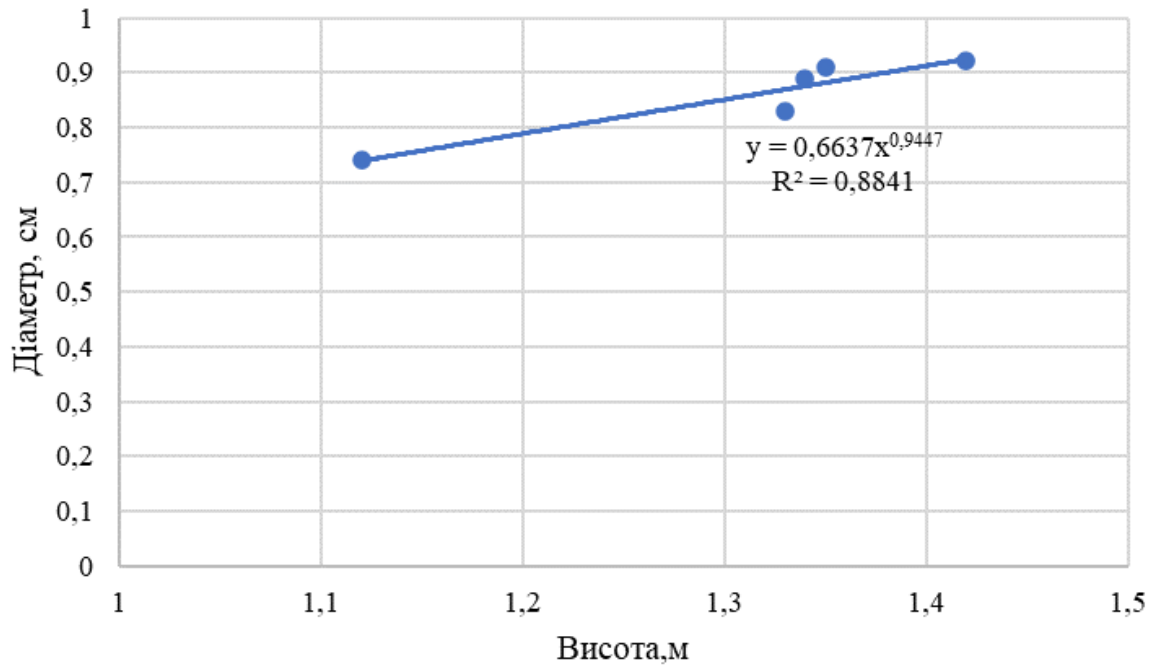


Рис. 3.1. Приріст верби прутоподібної на ясно-сірих опідзолених ґрунтах

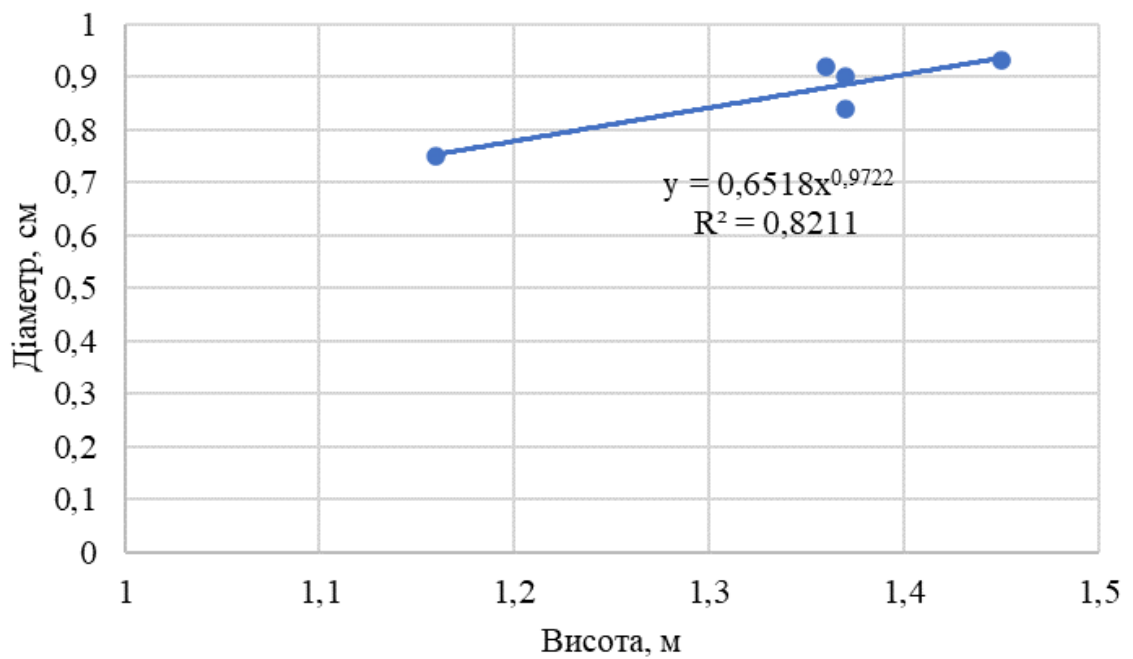


Рис. 3.2. Приріст верби прутоподібної на сірих опідзолених ґрунтах

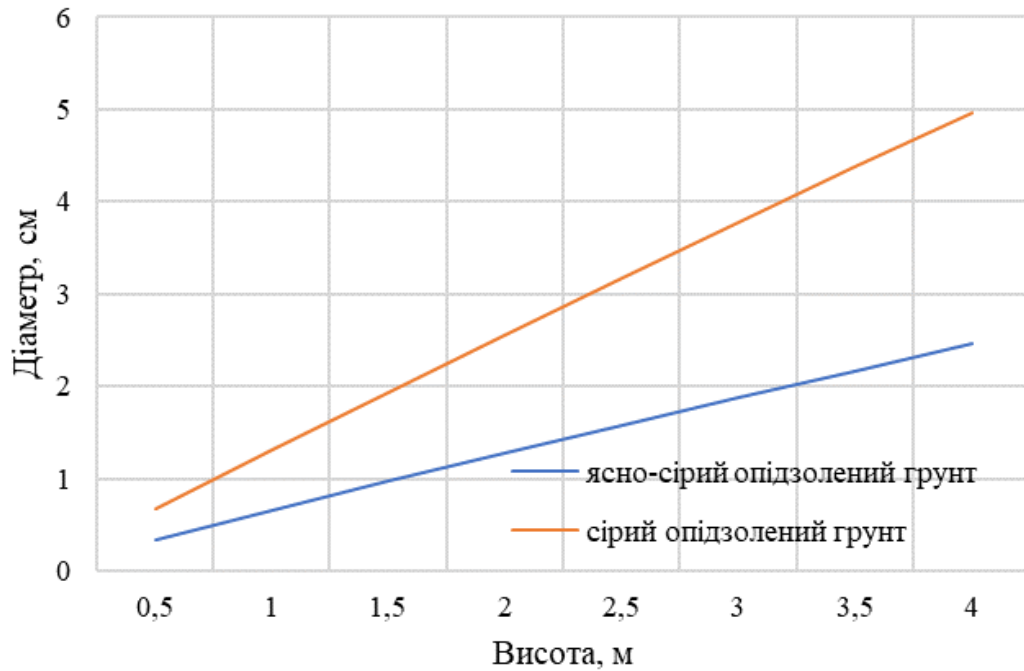


Рис. 3.3. Порівняння приросту верби прутоподібної залежно від типу ґрунту

Як видно з одержаних показників на рис. 3.3 на сірих лісових ґрунтах приріст за діаметром у верби прутоподібної є вищою, якщо у молодому віці ця різниця становить 0,5% а з ростом рослини, ця різниця робиться значною і вже при висоті дерева 4 м становить 2,0%.

Для розвитку енергетики в Україні важливим завданням для біоенергетичних верб є одержання біомаси.

Для встановлення фітомаси рослини нами здійснено літературний пошук наукових досліджень за енергетичними вербами [1, 4, 8, 9, 32-38]. У публікації «Фітомаса чагарникових верб...», авторами запропонована формула для визначення фітомаси верби в абсолютно сухому стані. Формула має вигляд [11-14]:

$$M = 2,749 \times D^{1,392} \times H^{0,345} \quad (3.1)$$

де M – загальна фітомаса рослини в абсолютно сухому стані, м; D – діаметр рослини, см, H – висота рослини, м.

За одержаними нами формулами (рис. 3.1, 3.2) та за запропонованою формулою 3.1, здійснено аналітичний аналіз та побудовано трьохвимірний графік для однорічних прутopodobних верб залежно від типу ґрунтів (рис. 4.4).

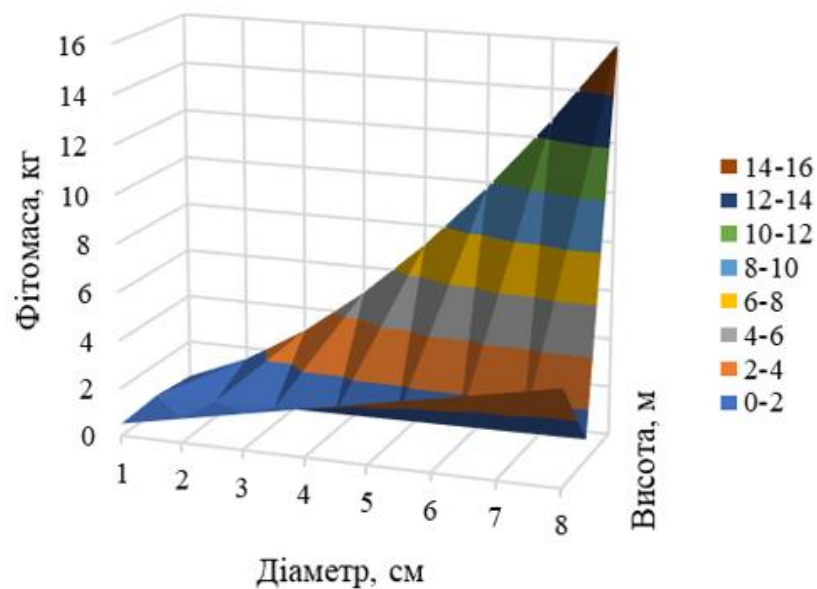
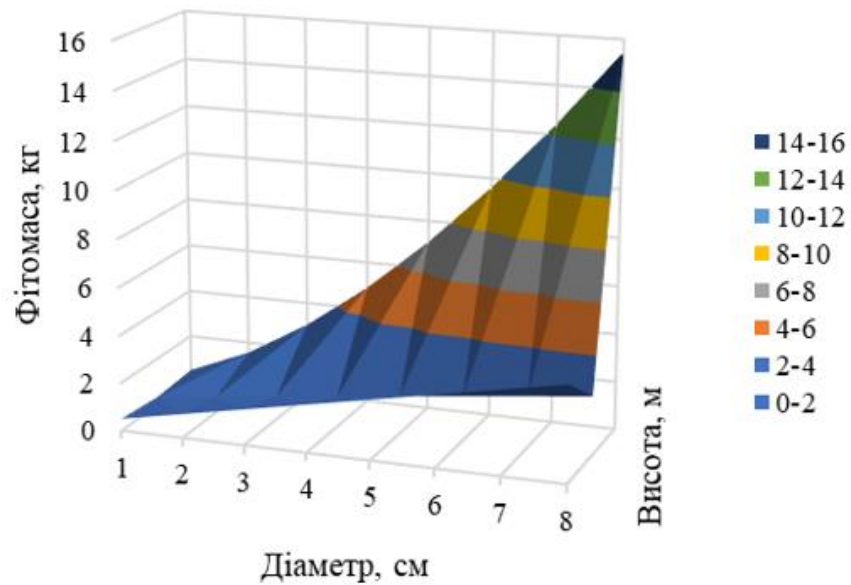


Рис. 3.4. Фітомаса верби прутopodobної залежно від біометричних показників, та типу ґрунтів: а – ясно-сірі опідзолени, в – сірі опідзолени

Як видно з рисунка 3.4 фітомаса верби прутоподібної в абсолютно сухому стані на сірих опідзолених ґрунтах є вищою на 3% ніж на ясно-сірих ґрунтах.

Подальшими результатами наших досліджень було оцінити приріст верби за ростом та діаметром залежно від густоти створення культур на полях де зростали 4-х річні верби [10, 21]

Таблиця 3.2

Зростання верби прутоподібної залежно від густини посадки

Варіант	Розташування рядів посадки, м	Розташування посадкових місць в ряду, м	Густота культур тис. шт./га	Середня висота, м		Середній діаметр біля нижнього зрізу, мм		Кількість прута, тис. шт./га	Вага свіжозрубаного прута, т/га
				$M \pm m$	t	$M \pm m$	t		
1	Спареними рядами 0,5 і 2,5	0,3	22,3	1,49 $\pm 3,88$	0,0	8,87 $\pm 0,24$	0,0	320, 0	19,9
2	Одиночними рядами 1,0	0,3	33,4	1,61 \pm 4,20	2,1	8,97 $\pm 0,25$	0,2	454, 0	22,1
3	Спареними рядами 0,5 і 1,0	0,3	44,5	1,50 \pm 4,05	0,2	8,8 $\pm 0,25$	0,3	446, 0	21,0

Найкраще зростання верби у чотирьох річному віці спостерігається в одинокі рядові посадки з верби, їх середня висота становила 1,61 м, а діаметр – 8,97 см, також в одинокі рядові посадки спостерігається найбільша кількість прута 454,0 тис. шт. на 1 га. Крім того, в одинокі рядові посадки верби вага свіжозрубаного прута на 5 до 10% є вищою ніж у інших видах посадки.

РОЗДІЛ 4

РІЗНОВИДИ БІОПАЛИВА ТА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ

4.1. Джерела відновлювальної енергії

Біопаливо включає в себе не тільки перероблені і неперероблені ріпакову олію, спирти і звичайні види палива з добавками перших, але і всі види палива, отримані з органічних речовин, які можна розділити на тверді, рідкі і газоподібні.

Зростаючий інтерес до відновлюваних джерел енергії обумовлений, серед іншого, наступними причинами:

- вичерпання запасів викопного палива та пошук нових джерел енергії,
- зменшення забруднення навколишнього середовища,
- національну енергетичну політику [2, 8].

Ці джерела включають біомасу, гідроенергію, енергію вітру, сонячну енергію та геотермальну енергію. Вважається, що біомаса є найбільш доцільною для масового використання, на неї припадає понад 95% відновлюваних енергетичних ресурсів країни [2].

Біомаса – це органічна речовина, створена шляхом перетворення енергії сонячного світла в процесі фотосинтезу. Можна сказати, що це накопичена сонячна енергія в рослинах. Біомаса включає в себе:

- відходи, що утворюються в результаті виробництва та переробки рослинної продукції;
- відходи сільськогосподарського виробництва;
- ріпакова олія (перероблена та неперероблена);
- спирти, що використовуються для очищення бензину;
- швидкозростаючі рослини (виросшують для енергетичних цілей);
- органічні відходи;
- фекалії тварин з тваринницьких господарств.

Частину енергетичної галузі, яка використовує сировину для виробництва енергії, можна назвати біоенергетикою. Для функціонування біоенергетики необхідно: енергетичні плантації, паливний транспорт, заводи з підготовки палива, а також установи, що підтримують всю діяльність, пов'язану з розвитком і просуванням відновлюваної енергетики [30].

У сучасному світі основними споживачами теплової енергії є:

- 1) житлово-комунальний сектор, на його долю припадає найбільший відсоток – 44%;
- 2) промислова галузь – 35%;
- 3) економічна галузь – 21%.

В різних країнах по різному витрачають кількість енергії. Відповідно до показників на одну особу в різних державах припадає різна кількість витраченої енергії. На рис. 4.1 представлено річне споживання енергії на одну особу за даними Інституту світових ресурсів (*World Resources Institute*) та Світового банку (*World Bank Group*) [30].

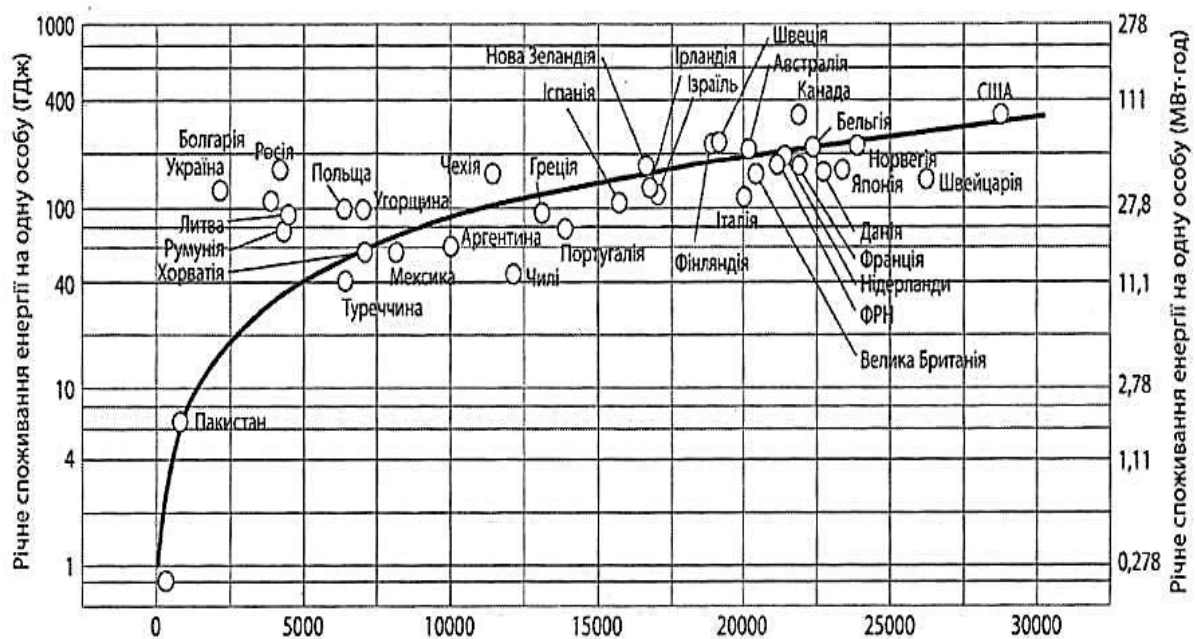


Рис. 4.1. Річне споживання національного продукту на одну особу, \$ [30]

Для того, щоб Україна стала частиною Європейського Союзу перед нею стоїть складне завдання – пошук альтернативних джерел енергії, особливо це питання є важливим враховуючі економічну складову держави та зростання цін на нафту й природний газ.

Серед основних джерел відновлювальної енергії Україна розглядає біомасу лісів, адже з 1 га площі хвойних лісів можна одержати 4,5 т сухої біомаси, з тополі 12-18 тонн з одного гектара площі [30].

У таблиці 4.1 наведено енергетичний потенціал біомаси кількість у перерахунку на умовне паливо (у.п.).

Таблиця 4.1

**Енергетичний потенціал біомаси у перерахунку на млн т.у.п.
вугілля [30]**

Сировина	Кількість (млн т.у.п.)
Солома	20
Відходи лісництва	1,5
Відходи деревообробної промисловості	2
Біогаз	5
Енергетичні плантації	1–5
Рідке паливо (ріпакова олія і спирт)	0,3–1

Як аграрна держава Україна може одержати біопаливо з відходів сільського господарства використовуючи залишки стебел, соломі, лушпиння та ін. Адже теплотворна здатність сухої соломи може становити 4,9 кВт×год/кг.

Серед рослин які швидко зростають на енергетику в якості біопалива можна використовувати: топінамбур (*Helianthus tuberosus*), троянду багатоквіткову (*Rosa multiflora*), гірчак сахалінський (*Polygonum sachalinense*), міскантус китайський (*Miscanthus sinensis gigantea*), міскантус цукровий (*Miscanthus sacchariflorus*), спартину перисту (*Spartina pectinata*), сорго, цукровий очерет, румекс та ін. [30, 47-49]

У таблиці 4.2 представлені показники енергетичної ефективності трьох культур – верба, міскантус, сорго [4-5, 30].

Таблиця 4.2

Енергетична ефективність трьох видів енергетичних культур, що використовуються для виробництва твердого палива [3]

Вид	Врожайність, т/га/рік	Теплотворна здатність, ГДж/сухої т	Енергетичний вихід, ГДж/га/рік
верба*	15–30	16	185–240
міскантус	20	17	340
сорго	25	18	450

*приріст верби складає 2-3 метра на рік (2–3 см на день у літній період). Збір врожаю кожні 3 роки

Для плантаційного розведення лісових енергетичних культур за авторами Ландін В.П., Мороз В.В. пропонуються наступні деревні породи: «сосна звичайна (*Pinus silvestris* L.), псевдотсуга Мензиса, дугласія (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), модрина європейська (*Larix europea* DC), модрина японська (*Larix leptolepis* Gor.), ялина європейська (*Picea abies* L.), тополя берлінська (*Populus berolinensis* Dipp.), дуб червоний (*Quercus rubra* L.), тополя чорна (*Populus nigra* L.), тополя пірамідальна (*Populus pyramidalis* Roz.), тополя канадська (*Populus deltoids* Mar.), тополя біла (*Populus alba* L.), тополя тремтяча, осика (*Populus tremula* L.), вільха чорна (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.), робінія псевдоакація (*Robinia pseudoacacia* L.), горіх чорний (*Juglans nigra* L.), верба прутоподібна (*Salix viminalis*), верба козяча (*Salix caprea*), верба тритичинкова, білоліз (*Salix triandra* L.) та ін». [30].

У 2023 році в Україні оновлено реєстр сортів, куди увійшли 36 сортів енергетичних культур: міскантус гігантський, павлонія, просо прутоподібне та різні види верб (інформація міститься у Додатку А).

Власниками енергетичних культур є фізичні та юридичні особи (20 власників), сюди також входять і наукові установи – Національної академії аграрних наук та Національної академії наук.

4.2. Різновиди твердого біопалива

Тверде біопаливо найчастіше включає в себе рослинні відходи, в основному деревну тріску та надлишки соломи і сіна, а також енергетичні культури, вирощені спеціально для енергетичних цілей (енергетична верба, пенсільванська мальва тощо). Їх можна спалювати безпосередньо в котлах або газифікувати [30]. Оціночний енергетичний потенціал твердого біопалива представлено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Енергетичний потенціал твердого біопалива [30].

Тип	Загальний обсяг, млн т	Кількість придатних для використання	Технічна потужність, ПДж
Солома і сіно	43	11,8	195
Деревина та її відходи	27,5	8,8	57,6

В енергетичному плані 2 т біомаси еквівалентні 1 т кам'яного вугілля. З екологічної точки зору, біомаса є кращою за вугілля, оскільки при спалюванні вона викидає менше SO₂ в атмосферу, а вуглецевий баланс можна вважати нульовим, якщо брати до уваги лише процес спалювання і не враховуючи процеси виробництва, переробки та транспортування біомаси до котельні. Лише процес підготовки 1 га землі та вирощування на ній будь-якої культури потребує близько 20 л дизельного палива, не враховуючи палива, необхідного для доїзду до поля. Збирання врожаю з цієї площі потребує ще 30 л пального, а транспортування на відстань до 100 км, в залежності від виду транспорту, – ще більше від 1,4-5,0 л на 1 т. Під час

спалювання в атмосферу виділяється стільки CO₂, скільки було поглинуто рослинами під час росту [61]. Хімічний склад біомаси та її димових газів у порівнянні з вугіллям наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

**Хімічний склад біомаси та продуктів її згоряння
за даними [3, 5, 7].**

Біомаса, %.			
Речовини	Солома	Дерево	Вугілля
Вологість	10-15	30-40	2,8-12
Вугілля	42-47	35-48	60-70
Кисень	37-40	43-45	7-11
Водень	4,5-5,2	4-5,7	3,5-5,6
Хлор	0,2-0,75	0,1	0,08-0,1
Сірка	0,11-0,16	0,05-0,1	0,8-0,9
Азот	0,3-0,8	0,1-0,13	1-1,28
Попіл	3-6	0,3-1	8-12
Продукти згоряння, г/ГДж			
Речовини	Солома	Дерево	Вугілля
CO ₂	0	0	95000
SO ₂	11	12	420
HI,	70	80	137
CO	38	42	990

4.3. Різновиди рідкого біопалива

Рідке біопаливо – це речовини органічного походження, отримані в результаті переробки рослин. До них відносяться ріпакова олія та спирти, вироблені з картоплі та зернових. Після переробки у складні ефіри їх можна використовувати, як для виробництва енергії на електростанціях, так і на паливо для двигунів внутрішнього згоряння.

Перевиробництво сільськогосподарської продукції, пошук нових джерел енергії та високі податки на викопні види палива призвели до зростання інтересу до біопалива. Однак найгучнішим і найчастіше цитованим аргументом на користь цього виду палива є зменшення глобального та локального забруднення навколишнього середовища. Також

важливим є той факт, що необхідно будувати агропереробні заводи та інші заводи, які переробляють рослинну продукцію на паливо, що створить нові робочі місця і, водночас, чималі прибутки для власників бізнесу.

Біопаливо широко розглядається як таке, що має перевагу в екологічному рейтингу над традиційними видами палива, отриманими з нафти. Підкреслюється, що при його спалюванні утворюється менше викидів у порівнянні з традиційними видами палива, і його часто називають екопаливом. У порівнянні з дизельним паливом, при згорянні біодизеля утворюється лише 12% викидів SO_2 , 50% сажі та 15% CO_2 , а також майже повністю (99,6%) біологічно розкладається через 21 день, тоді як дизельне паливо за той самий час – лише на 70%. Вихлопні гази містять менше частинок, і вони малі та легше потрапляють в легені, й можуть бути канцерогенними. Статистична оцінка є складною, оскільки результати тестів відрізняються для біодизеля на 50% в обох напрямках, а для дизельного палива – на 20%. Біодизель також має перевагу, коли мова йде про витік у водні шляхи, за умови, що він не містить жодних добавок. Слід також звернути увагу на нижчу теплотворну здатність біодизеля, оскільки для отримання однакової потужності двигуна потрібно приблизно на 10% більше, ніж нафтового палива.

Рослинні олії як замітник нафти не будуть масово використовуватися для виробництва енергії, а лише у транспорті та в сільському господарстві. Це зумовлено обмеженими можливостями виробництва як олій, так і спиртів, нижчою теплотворною здатністю біопалива та витратами на виробництво і, зокрема, на етерифікацію ріпакової олії.

4.4. Ферментативні процеси в біогазових установках

Біогаз від ферментації: гною з сільськогосподарських біогазових установок, осаду стічних вод з очисних споруд, може бути використаний для енергетичних цілей, органічних відходів на міських звалищах. Вихід біогазу з вибраних матеріалів представлено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5

Вихід біогазу від ферментації [9]

Матеріал	Вихід біогазу, м ³ /кг см	Час бродіння, дні
солома	0,367	78
трава	0,557	25
стічні води	0,3	30
сміттєзвалище	0,28	60

Анаеробне бродіння – це складний біохімічний процес, який відбувається без доступу кисню. Органічні речовини розщеплюються до простих сполук – переважно метану та вуглекислого газу. У процесі анаеробного зброджування приблизно 60% органічних речовин перетворюється на біогаз. Основними компонентами біогазу є метан CH₄ (55-70%), вуглекислий газ CO₂ (32-37%), азот N₂ (0,2-0,4%) і близько 6 г/100 м² S до десульфурації, також вміст H₂S що становить менше 0,01 г/100 м³ біогазу. Швидкість розкладання залежить головним чином від характеристик і маси сировини, температури, а також часу процесу. Температура процесу, залежить від типу бактерій, що здійснюють розкладання, для мезофільних бактерій температура становить – 30-35°C, для термофільних бактерій – 50-60°C [10]. Для підтримання зазначених температур біогазова установка споживає приблизно 20-50% виробленого газу.

Високометановий біогаз, тобто такий, що містить понад 40% CH₄, може використовуватися переважно для енергетичних цілей або інших технологічних процесів, наприклад виробництво тепла, виробництво електроенергії в поршневих двигунах або турбінах, комбіноване виробництво теплової та електричної енергії, постачання газу в газову мережу, використання газу для виробництва метанолу.

Дигестат (продукт біоконверсії органічних речовин у процесі метанового бродіння) використовується для удобрення овочевих культур, наприклад, зернових, овочів, енергетичної верби.

Біогаз також можна отримувати зі звалищ, обладнаних системою для дренажу та збору газу, що утворюється, а потім перетворювати його на місці в електричну та теплову енергію в газогенераторах.

4.5. Технологія обробки енергетичних рослин та їх енергетична ефективність

Пряме спалювання енергетичних культур. Основні функціональні параметри вибраних видів багаторічних трав представлені в таблиці 4.6. Зібрана з поля біомаса повинна бути придатною для подальших етапів переробки. Тому, вона може бути спресована в пресі низького або високого ступеня стиснення і спалена в такому вигляді. Також її можна переробляти на пелети або паливні брикети. Таким чином, ми отримуємо значну концентрацію енергії на одиницю об'єму сировини, яку легко транспортувати, зберігати і подавати в піч (повністю автоматично).

Таблиця 4.6

Параметри продуктивності окремих видів трав для виробництва біоенергії

Види	Метод вимірювання	Орієнтовна врожайність, т.м./га	Теплотворна здатність, МДж/кг	Вміст золи, %
Костриця очеретяна	насіння	8-15	17,0	7,0
Очеретяний мох	насіння	10-14	17,7	6,3
Подовжений окунь	насіння	10-15	18,6	3,1
Степова спартина	культури in vitro	5-20	16,8	1,6
Міскантус гігантський	поділ кущів,	15-25 (44)	18,2	2,0
	культури in vitro			

Види	Метод вимірювання	Орієнтовна врожайність, т.м./га	Теплотворна здатність, МДж/кг	Вміст золи, %
Просо прутноподібне	насіння	8-20	19,0	1,7
Палець Жерара	насіння	8-15	17,9	1,8

Екологічні та економічні аспекти вирощування багаторічних трав на енергетичні цілі. При економічній діяльності має передувати ретельний аналіз необхідних витрат, очікуваних прибутків та впливу запланованої діяльності на зовнішнє середовище. Серед іншого, у виробництві енергії використовується показник енергоефективності (E_e), який легко інтерпретується і відображає кількість отриманих енергетичних одиниць по відношенню до витраченої енергії (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Порівняння значень індексу енергоефективності (E_e) для різних видів сировини та різних технологій переробки (на основі літературних джерел)

Тип сировини	E_e фактор
платнаційна солома з міскантусу	35,68
енергетична вербова деревина	29,99
солома проса	28,97
солома очерету канаркової трави	20,43
пелети з проса	14,6
пшенична солома	8,82
ріпакова олія	3,76
біодизель з ріпаку + солома для спалювання	2,74
ріпаковий біодизель	1,47
брикет з відходів лісового господарства	1,24
брикети/пелети з відходів соломи	1,05

Зі збільшенням складності процесу перетворення біомаси в енергію енергоефективність кінцевого продукту знижується (табл. 4.7). Одна одиниця енергії, вкладена у виробництво соломи з плантації багаторічних

трав, наприклад, міскантусу, дає більше 20 одиниць виробленої продукції. Таж одиниця енергії, вкладена у виробництво біодизеля з ріпаку, дає лише 1,5 одиниці енергії, що міститься в цьому паливі. Це, звичайно, не означає, що виробництво біодизеля або ріпакової олії для енергетичних цілей має бути припинено. Це пов'язано з конкретними регіональними умовами і не підлягає абсолютній перевірці лише за значенням Е_e.

Вирощування багаторічних трав має цілий ряд ефектів, які є дуже корисними для навколишнього середовища. Уникнення щорічних польових робіт, таких як оранка, боронування тощо, на додаток до очевидні економічні вигоди, скорочення викидів CO₂, також сприяють розвитку належної структури ґрунту, зменшенню випаровування води, зменшенню поверхневої ерозії та забур'яненості тощо. Похила ділянка, вкрита багаторічними травами, зупиняє поверхневу ерозію ґрунту в 1,100-1,200 разів більше, ніж однорічна культура, наприклад, кукурудза. Багаторічні трави, особливо ті, що мають C4 шлях фотосинтезу, дуже ефективно використовують водні ресурси.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Усвідомлення глобальної екологічної катастрофи змушує світову спільноту шукати шляхи виходу з кризової ситуації. Висновок про необхідність переходу цивілізації до екологічно збалансованого розвитку має безпосередній стосунок до небезпеки, яка загрожує не тільки біосфері, а й людській цивілізації, змушує світову спільноту шукати шляхи виходу з кризової ситуації. Сформульований у документах Конференції ООН у Ріо-де-Жанейро (1992) висновок про необхідність переходу цивілізації до екологічно збалансованого розвитку.

Для подолання екологічної кризи та гострих суперечностей у взаємовідносинах суспільства і природи потрібен новий спосіб мислення, перехід до екологізації економіки і виробництва, а в перспективі – до постіндустріальної екологічно орієнтованої цивілізації. Потрібна нова система знань, побудована на єдиному теоретичному фундаменті, що виходить за традиційні рамки екології як біологічної науки. Вимоги нової стратегії незмірно ширші за завдання охорони навколишнього середовища, вони не зводяться лише до скорочення потоку забруднень. Нові знання мають допомогти майбутнім фахівцям організувати людське господарство в умовах жорстких екологічних обмежень.

У сучасному світі людина стикається з безліччю різноманітних проблем. Однак існує ціла низка проблем, які є спільними для всіх людей незалежно від расової, державної, національної чи соціальної приналежності це: перенаселеність планети, дефіцит і якість питної води, забруднення повітря та глобальне потепління, поширення небезпечних захворювань, деградація ґрунтів та брак продовольчих ресурсів, кислотні дощі та руйнування озонового екрана, втрата цінних видів організмів та масове розмноження шкідників, скорочення площі лісів та наступ пустель,

промислові аварії, радіація, радіація, загибель малих річок, втрати природи в зонах воєнних дій...

Згідно з цим підходом, взаємовідносини людини і природи будуються за правилами, які встановлює сама людина. Опановуючи закони природи, підпорядковуючи їх своїм інтересам, спираючись на свій розум, соціальну організацію і технологічну міць, людина вважає себе поза тими законами, які діють у живій природі. Проблеми довкілля, що виникли, уявляються винятково наслідком неправильного господарювання, його високої ресурсомісткості та відходності і виглядають принципово переборними через технологічну реорганізацію та модернізацію виробництва. Вважається, що закони природи не можуть і не повинні заважати економічному зростанню, науково-технічному та соціальному прогресу людства.

В останні десятиліття, коли загроза глобальної екологічної кризи змусила розглядати людську діяльність на планеті з позицій законів живої природи, відбулося швидке розширення екології. Увібравши в себе проблеми довкілля, вона не тільки використовує досягнення інших розділів біології, а й вторгається в суміжні з біологією дисципліни – у науки про Землю, у фізику й хімію, у різноманітні інженерні галузі, пред'являє нові вимоги до інформатики й обчислювальної техніки, знаходить застосування за межами природничих наук – в економіці, політиці, соціології, етиці.

Практична значущість екології полягає насамперед у тому, що вона може і повинна здійснювати науковий контроль природокористування. Природокористування становить ресурсну базу економіки. Маються на увазі не тільки природні біоресурси – ліс та інші експлуатовані людиною угруповання дикорослих рослин і промислових тварин, а й простори територій та акваторій, земля, вода, повітря, сонячне світло, агроресурси, продукти надр – усе, що, так чи інакше, бере участь у природних і антропогенних трансформаціях енергії та колообігах речовин. Однак екологічне управління ресурсами та природокористуванням ще містить

багато прогалин і недоліків. Через це зберігаються серйозні суперечності між економічними інтересами та екологічними вимогами, між економікою суспільства та економікою природи.

Але ж і в економіці природи, і в економіці людини йдеться, по суті, про одне й те саме – про колообіг цінностей, про виробництво, обмін і споживання речовин, енергії та інформації.

Природокористування може бути раціональним (розумним) і нераціональним. За раціонального природокористування, що забезпечує економічно ефективне споживання і відтворення природних ресурсів, створюються можливості для задоволення потреб у них не тільки теперішнього, а й майбутніх поколінь людей. На жаль, нинішній стан природокористування загалом можна охарактеризувати як нераціональний, що призводить до виснаження природних ресурсів, порушення екологічної рівноваги та забруднення довкілля. В основі природокористування мають лежати закони екології закони економіки природи. Порушення екологічних вимог веде до погіршення природного середовища і викликає необхідність проведення спеціальних природоохоронних заходів.

Найчастіше екологією називають охорону довкілля, яке оточує людину, а іноді й просто стан цього середовища. Це неправильно. Навіть при повсякденному розумінні екології не варто приписувати назву великої науки порушенням елементарної охайності. Екологія не потрібна для прибирання вулиць, акуратної експлуатації звалища, хлорування водопровідної води або встановлення димового фільтра на трубі. Це суто організаційні та технічні проблеми. Екологія потрібна раніше – при обґрунтуванні технічних умов і санітарно-гігієнічних вимог до таких пристроїв і процесів. Розділи прикладної екології та практика охорони довкілля тісно пов'язані між собою, але це не одне й те саме.

Охорону навколишнього середовища часто змішують з охороною природи, помилково вважаючи ці поняття рівнозначними. Стосовно сучасної людини вони далеко не збігаються, оскільки в її середовищі

міститься дуже багато штучно створених, неприродних компонентів. Саме штучно створене людиною середовище дедалі помітніше витісняє природне. Кінцева мета охорони довкілля та охорони природи одна й та сама: збереження здоров'я і благополуччя людей. Але концептуальні підходи різні [34].

Підстави охорони природи формуються з боку біосферних процесів, біологічного розмаїття, стану природних екологічних систем та їхнього збереження, оскільки їхня самоцінність тісно пов'язана з благополуччям людей. Охороняти природу означає регламентувати, обмежувати або забороняти вилучення природних ресурсів, не допускати порушення природних систем.

Підстави охорони довкілля формуються насамперед з боку безпеки та потреб людини. Охороняти довкілля – означає не допускати появи в середовищі існування людей шкідливих для здоров'я агентів.

Ці підходи співвідносяться по суті як стратегія і тактика, як вибір довготривалої поведінки і заходи першочергових рішень. Вони не можуть бути роз'єднані: забруднення довкілля, що оточує людину, завдає шкоди іншим організмам і живій природі загалом, а деградація природних систем послаблює їхню здатність до природного очищення середовища.

Але завжди слід розуміти, що зберегти якість довкілля людини неможливо без участі природних екологічних механізмів. Навіть якщо ми освоїмо малозабруднювальні технології, ми нічого не доб'ємося, якщо водночас не перестанемо заважати природі регулювати склад середовища, очищати його і робити придатним для життя.

Найчистіші технології та найдосконаліші середовищезахисні пристрої не врятують нас, якщо триватиме вирубка лісів, зменшуватиметься розмаїття біологічних видів, порушуватиметься кругообіг речовин у природі. Слід підкреслити, що з екологічного погляду концепція "охорони" є хибною від самого початку, тому що діяльність слід будувати так, щоб не

допускати, запобігати всім ефектам і результатам, від яких потім довелося б "охороняти".

Протягом історії цивілізації практично всі форми інженерної діяльності та всі технічні досягнення людини мали тією чи іншою мірою антиприродну, природокорисну спрямованість. Розорювання степів, знищення лісів, осушення боліт, зведення гребель, прокладення магістральних доріг, каналів, трубопроводів, буріння свердловин, розкриття кар'єрів, викид у середовище відходів виробництва, вибухи, воєнні дії, та й, власне кажучи, будь-яка людська діяльність наносила й наносить рани природі, рани, які часто не загоюються. Для всього цього розроблено витончений інструментарій – величезний арсенал знарядь, механізмів, машин, зброї, речовин, матеріалів, джерел і перетворювачів енергії.

Важко назвати який-небудь, безумовно, сприятливий для живої природи планети неогоїстичний результат людської діяльності. Немає жодної ділянки пустелі, яка була б назавжди перетворена людиною на стійкий рослинний ландшафт, а протилежних результатів скільки завгодно. Немає жодної гідроспороди, яка без подальшого втручання людини підвищила б повний продукційний потенціал річкового басейну. Створюючи який-небудь досконалий середовищезахисний агрегат, фахівець змушений усвідомлювати, що видобуток сировини, виробництво матеріалів, деталей і енергії для нього супроводжуватимуться таким споживанням ресурсів і забрудненням середовища, яким навряд чи зможе повністю запобігти або компенсувати його унікальна установка. Навіть розселення тварин і рослин, спроби збагатити флору і фауну окремих країн і континентів частіше завдавали шкоди природним системам. У кращому разі вдавалося лише частково виправляти допущені раніше грубі порушення природної рівноваги, причому, як правило, вимушено.

Накопичення антиекологічних помилок більше неприпустиме. Для цього необхідно відмовитися від природокористувальної ідеології та практики, навчитися порівнювати технічний прогрес із витривалістю

природи. Звичайно, далеко не все у вирішенні цього завдання залежить від розвитку техніки. Але в нашу епоху інженерна діяльність і технічний прогрес мають набути екологічної орієнтації, стати суттєво екологізованими. Тут відкривається широке поле для надзвичайно важливої й актуальної інженерної творчості – пошуку принципово нових рішень, технологій, виробничих процесів, створення нового, екологічно адекватного світу речей.

Нестримне економічне зростання і техногенний тип світового господарства призвели до виникнення глобальних екологічних проблем: опустелювання, збезлісення, виснаження природних ресурсів, руйнування озонового шару, парникового ефекту, кислотних дощів, дефіциту прісної води, забруднення Світового океану, зникнення видів тварин і рослин, деградації земель тощо. Усі ці проблеми так чи інакше пов'язані з майбутнім людської цивілізації [31].

Природа загалом сама по собі не знає екологічних проблем. Якщо вони й виникали в деяких груп організмів, то розв'язувалися, як правило, повільним еволюційним шляхом протягом дуже великих проміжків часу, коли заміна одних форм на інші для всієї природи була майже непомітною. На відміну від цього екологічні проблеми людини стали помітними проблемами всієї природи на Землі.

Обсяг антропогенного впливу на природу і навколишнє середовище людини в наш час став надто великим і наблизився до межі стійкості біосфери, а за деякими параметрами й перевершив її. Прояви і свідчення цього різноманітні.

Різде скорочення площі непорушених природних екосистем, їх суттєва деградація на решті площі суші, зменшення біологічного різноманіття послаблюють і порушують природні потоки речовини та енергії, спричиняють необоротне кількісне та якісне збіднення біосфери.

Споживання та вилучення відновлюваних природних ресурсів – прісної води, ґрунтового гумусу, біомаси та продукції рослин – досягло критичної швидкості або перевищило темпи їх природного відтворення.

Відходи людського господарства забруднюють середовище, тому що вони містять безліч речовин і матеріалів, які не утилізуються в природних природних колообігах; забруднення призводить до хімічної деформації довкілля та несприятливих геокліматичних змін, створює загрозу здоров'ю людей, спричиняє деградацію екосистем.

На потоках речовин і енергії в природі почала позначатися істотна розімкненість антропогенного кругообігу речовин; з'явилися ознаки порушення біосферної рівноваги, ослаблення середовищевірної та середовищерегулювальної функцій біосфери.

У ХХ ст. різко скоротилися і продовжують швидко зменшуватися запаси багатьох невідновлюваних, головним чином мінеральних і паливних ресурсів Землі, що зі свого боку створює серйозні економічні проблеми.

У геологічній історії Землі й раніше відбувалися значні зміни рослинного покриву, ландшафтної структури суходолу, хімічного складу атмосфери та клімату. Негативний вплив людини на природу також має тривалу історію. Але ніколи ще ці зміни та порушення не наставали з такою швидкістю, як у наш час. Усе це означає настання глобальної екологічної кризи.

Природа відповідає на зростаючий антропогенний тиск часто непередбачуваними змінами, що створюють екологічну небезпеку.

Хімічне та радіаційне забруднення середовища прискорює мутації і призводить до появи нових біологічних форм, що мають підвищену стійкість, адаптивність, а іноді й небезпечні для людини властивості.

Вибірковий вплив на окремі види мікроорганізмів, рослин або тварин, виключення цих організмів із природних угруповань спричиняють неконтрольовані ланцюгові реакції, що зачіпають багато видів, порушують стійкість екосистем і призводять до руйнування багатьох із них.

Антропогенне перетворення ландшафтів і забруднення середовища часто має неконтрольовану післядію, що призводить до виникнення зон підвищеного екологічного ризику, екологічних лих та економічних втрат. Відповіді природи стосуються безпосередньо і природи людини.

Людина опинилася в пастці протиріччя між своєю консервативною біологічною сутністю і наростаючим відчуженням від природи. Використовуючи винайдені нею технології та засоби життєзабезпечення, людина великою мірою звільнилася від тиску природного добору і міжвидової конкуренції. Вона на кілька порядків перевищила біологічну видову чисельність і ще в десятки разів – обсяг використання речовин і енергії для задоволення надбіологічних потреб.

Величезне збільшення і продовження зростання чисельності людей аж ніяк не пов'язане з підвищенням їхньої біологічної якості. Навпаки, для людей загалом характерні абсолютно немислимі в природі: вантаж спадкових захворювань, спадкова схильність до хвороб, низький імунобіологічний статус і величезна кількість інфекцій, вікова хронізація хвороб. Проблеми екології людини дедалі більше стають проблемами охорони здоров'я.

Людство в наш час набуло рис цивілізації споживання, економіка якої підтримується переважно за рахунок провокації великої кількості вторинних, факультативних потреб. Саме їх задоволення веде в основному до надмірного техногенного навантаження на природу і на навколишнє середовище людини.

Екологічні проблеми людства тісно пов'язані з економічними та соціальними. Регіональні екологічні проблеми часто стають прямим джерелом майнової нерівності, соціальних і геополітичних колізій.

Усі ці проблеми будуть детально охарактеризовані в наступних розділах підручника. Вони мають не тільки екологічні причини. Багато що залежить від економіки, суспільної ідеології та політики. Але саме сучасна

екологія вносить важливі наукові засади в їхнє комплексне вивчення та розв'язання.

Головним завданням сучасної екології як науки є консолідація різноманітних її розділів і величезного фактичного матеріалу на єдиній теоретичній платформі, зведення їх у систему, що відображає всі сторони реальних взаємовідносин природи і людського суспільства.

Це необхідно для розуміння сучасних екологічних проблем планети, вироблення нової екологічної ідеології та методології, правильної організації екологічної освіти та практичної діяльності в галузі природокористування. У науково-практичному плані загальні завдання сучасної екології в її широкому розумінні можна сформулювати так:

Всеосяжна діагностика стану природи планети та її ресурсів; визначення порога витривалості біосфери стосовно антропогенного навантаження, тобто до тих перешкод і втрат, які зумовлені людською діяльністю, та з'ясування ступеня оборотності цих змін.

Розроблення прогнозів змін стійкості, продукційного потенціалу найважливіших природних комплексів і біосфери загалом, а також регіонального і глобального стану довкілля людини за різних сценаріїв економічного і соціального розвитку різних країн, регіонів і людства загалом.

Відмова від природокористувальної ідеології; формування нової ідеології та методології ексцентризму, пов'язаної з переходом до постіндустріальної цивілізації і спрямованої на екологізацію економіки, виробництва, техніки, політики, освіти.

Вироблення критеріїв оптимізації – вибір найбільш узгодженого з екологічним імперативом та екологічно орієнтованого соціально-економічного розвитку суспільства.

Формування екологічного світогляду і такої стратегії поведінки людського суспільства, такої економіки і таких технологій, які приведуть

масштаби і характер господарської діяльності у відповідність до екологічної витривалості природи і запобігатимуть глобальній екологічній кризі.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Проаналізовано типи ґрунтів на полях Ялтушківській дослідно-селекційній станції, встановлено, що переважають ясно-сірі, темно сірі та сірі ґрунти. Вміст гумусу за Тюриним 1,81-2,02%, глибина гумусного горизонту знаходиться в межах 30-35 см, рівень рН – 5,0-5,2, вміст азоту – 7,0-7,2, фосфору – 16,7-18, Калію – 13,8-16,7.

Аналіз приростів верби прутоподібної на дослідних ділянках вказав на те, що форма верби Астраханська порівняно з іншими формами верб дає більший приріст у висоту на 13,0% порівняно з класичним видом верби прутоподібної, на 6,3% порівняно з ф. Молдавська, на 5,6% порівняно з ф. Уладівська.

Також встановлено, що приріст за діаметром у верби ф. Астраханська є вищим ніж у класичного виду верби на – 10,3%, і на 9,7% ніж ф. Молдовська, і на 3,3% ніж у ф. Уладівська. Ці показники цілком ідентичні як і на ясно-сірих опідзолених так і на сірих опідзолених ґрунтах.

Збереженість однорічних саджанців верби є найкращою на сірих опідзолених ґрунтах і становить – 100%, а на ясно-сірих опідзолених – від 90-100%.

Проаналізовано, що на сірих лісових ґрунтах приріст за діаметром у верби прутоподібної є вищим ніж на ясно-сірих опідзолених ґрунтах, якщо у молодому віці ця різниця становить 0,5%, то з ростом рослини, ця різниця робиться значною і вже при висоті дерева 4 м становить 2,0%.

Встановлено, що найкраще зростання верби у чотирьох річному віці спостерігається в одиночних рядових посадках, їх середня висота становила 1,61 м, а діаметр, 8,97 см. Також в одинорядних посадках спостерігається найбільша кількість прута – 454,0 тис. шт. на 1 га.

Визначено, що фітомаса верби прутоподібної в абсолютно сухому стані на сірих опідзолених ґрунтах є вищою на 3% ніж на ясно-сірих ґрунтах.

Проаналізовано, що в однорядових посадках, вага в свіжозрубаного прута верби на 5 до 10% є вищою, ніж у багато рядових посадках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Белоус А., Голяка Д. Оценка надземной фитомассы *Salix cinerea* L. в естественных фитоценозах Украинского Полесья. *Miřkininkystè*. 2013. № 2 (74). P. 48–55.
2. Бемманн А., Вицега. А. Досвід використання енергетичних плантацій у Німеччині: проблеми та перспективи. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2012. Вип. 22.5. С. 9–14.
3. Білоус А. М. Надземна фітомаса та депонований вуглець осикових деревостанів Східного Полісся України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.03.02 «Лісовпорядкування і лісова таксація». К. , 2009. 27 с.
4. Білоус А. М., Голяка Д. М. Якісні показники надземної фітомаси верби попелястої (*Salix cinerea* L.) у природних фітоценозах Чернігівського Полісся. *Біоресурси і природокористування: наук. журнал*. 2013. Т. 5, № 3–4. С. 131–136.
5. Білоус А. М., Голяка Д. М., Аврамчук О. О. Методичні особливості дослідження надземної фітомаси чагарникових верб у природних фітоценозах. *Біоресурси і природокористування: наук. журнал*. 2012. №5–6. С. 112–115.
6. Біопродуктивність та енергетичний потенціал м'яколистяних деревостанів Українського Полісся : монографія / П. І. Лакида, А. М. Білоус, Р. Д. Васишин та ін. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В. М., 2012. 454 с.
7. Бондаренко Т. В. Підлісок у штучних лісостанах Західного Лісостепу. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2011. № 164. С. 64–71.
8. Бондаренко Т. В. Фітомаса підліскових чагарників як ресурс для енергоощадних паливних технологій. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2011. Вип. 21.16. С. 343–346.

9. В перевагах енергетичної верби можна переконатися вже і на Україні / Інформаційно-аналітичне видання «Сучасні аграрні технології». К.: ТОВ «ВКО «Дельта-Агро», 2012. № 8–9 (324–325). С. 96–99.
10. Вибірково-статистична інвентаризація лісових насаджень / І. Ф. Букша, В. П. Пастернак, Т. С. Мешкова та ін. Науковий вісник Національного аграрного університету : зб. наук. праць. 2006. Вип. 103. С. 163–172.
11. Голяка Д. М. Моделювання фітомаси кущів *Salix cinerea* L. у природних фітоценозах Чернігівського Полісся. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України : зб. наук.-техн. праць. 2014. Вип. 24.5. С. 18–26.
12. Голяка Д. М., Білоус А. М. Нормативне забезпечення процесу оцінювання компонентів фітомаси кущів *Salix cinerea* L. для біотехнічних заходів. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України : зб. наук.-техн. праць. 2014. Вип. 24.2. С. 39–45.
13. Голяка Д. М., Білоус А. М., Аврамчук О. О. Експериментальна база даних оцінювання надземної фітомаси верби попелястої (*Salix cinerea* L.) у природних фітоценозах Чернігівського Полісся. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України : зб. наук.-техн. праць. 2013. Вип. 23.1. С. 44–48.
14. Голяка Д. М., Білоус А. М., Голяка М. А. Фітомаси чагарникових верб у природних фітоценозах Чернігівського Полісся.: Монографія. К.: НУБіП України, 2018. 227 с.
15. Гордієнко М. І., Фучило Я. Д., Гойчук А. Ф. Чагарникові верби рівнинної частини України. К.: Інститут аграрної економіки УААН, 2002. С. 10–27.
16. Гузь М. М. Кореневі системи деревних порід Правобережного лісостепу України. К.: ВК «Ясмина», 1996. 145 с.
17. Деревья и кустарники, культивируемые в Украинской ССР. Покрытосеменные : справочное пособие / Н. А. Кохно, Н. Ф. Каплуненко,

Н. Ф. Минченко, А. К. Дорошенко. – К. : Наукова думка, 1986. – 720 с.

18. Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків. URL: <https://bio.gov.ua/uk/bioenergy/napryamy-diyalnosti>

19. Іщук Л. П. Історія вивчення видів роду *Salix L.* в Україні та перспективи їх подальших досліджень. Автохтонні та інтродуковані рослини. 2013. Вип. 9. С. 18–23.

20. Калініченко О. А. Декоративна дендрологія : навч. посібник. К. : Вища школа, 2003. 199 с.

21. Кашпор С. М., Свинчук В. А., Миронюк В. В.. Біометрія. Робоча програма, методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи студентів : навч. видання. К. : НУБіП України, 2012. 54 с.

22. Кругляк Ю. М. Біоекологічні особливості видів, форм та гібридів кущових верб (*Salix L.*) в умовах Правобережного Лісостепу України : дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : 03.00.05. К., 2011. 153 с.

23. Кругляк Ю. М. Водний режим і посухостійкість листків видів, форм та гібридів роду *Salix L.* Інтродукція рослин. 2012. № 1. С. 85–89.

24. Лакида П. І. Продуктивність лісових насаджень України за компонентами надземної фітомаси : дис. на здобуття наук. ступеня док. с.-г. наук : 06.03.02. К. 1996. 245 с.

25. Лакида П. І., Блищик І. В. Фітомаса вільшняків Західного Полісся України : монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Майдаченко І. С., 2010. 237 с.

26. Лакида П. І., Морозюк О. В. Ліси Черкащини : біопродуктивність і динаміка : монографія. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гаврищенко В. М., 2011. 222 с.

27. Лакида П. І. Фітомаса лісів України : монографія. Тернопіль : Збруч, 2001. 256 с.

28. Лакида П. І., Бала О. П. Актуалізація параметрів росту штучних дубових деревостанів лісостепу України : монографія. Корсунь-

Шевченківський : ФОП Гаврищенко В. М., 2012. 196 с.

29. Лакида П. І., Матушевич Л. М. Фітомаса березових лісостанів Українського Полісся : монографія. К. : ННЦ ІАЕ, 2006. 228 с.

30. Ландін В.П., Мороз В.В., Захарчук В.А., Руденко О.М. Перспективи використання біоенергетичних культур в Україні / Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць. Львів: РВВ НЛТУ України. 2016. Вип. 26.5. С. 80–86.

31. Лиєпа И. Я. Динамика древесных запасов : Прогнозирование и экология. Рига : Зинатне, 1980. 172 с.

32. Лісотаксаційний довідник : затвердж. Держ. агентством лісов. ресурсів України від 27 груд. 2011 р. / Кафедра лісової таксації та лісовпорядкування Національного університету біоресурсів і природокористування України / відповід. : С. М. Кашпор, А. А. Строчинський. К. : Вініченко, 2013. 419 с. (Нормативно-довідкові матеріали).

33. Мартин А.Г., Осипчук С.О., Чумаченко О.М.. Природно-сільськогосподарське районування України: монографія. К.: ЦП "Компринт". 328 с.

34. Метрологія. Терміни та визначення : ДСТУ 2681–94. [Чинний від 1994–07–26]. К. : Держстандарт України, 1994. 67 с. (Національний стандарт України).

35. Павліщук О. П., Развод С. В., Лакида І. П. Теоретико-методологічні засади економічної оцінки киснепродукувальної функції лісів. Вісник СумДУ. Серія «Економіка». 2013. № 2. С. 45–52.

36. Патент на корисну модель 45794 Україна, МПК (2009) A01G 23/00, A01G17/00. Спосіб визначення маси фотосинтетично зв'язаного атмосферного вуглекислого газу та депонованого деревостаном вуглецю / Вайданич В. І., Дейнека А. М., Миклуш С. І., Вайданич Т. В.; заявник і власник патенту Національний лісотех. універ. України – u 2009 06164 ; подання заявки: 15.06.2009 ; опубл. 25.11.2009, Бюл. № 22.

37. Патент на корисну модель 95020 Україна, МПК (2014.01). Спосіб оцінки надземної фітомаси кущів чагарникових верб / Білоус А. М., Голяка Д. М.; заявник і власник патенту Національний універ. біоресур. і природокорист. України – у 2014 06572 ; подання заявки: 12.06.2014 ; опубл. 10.12.2014, Бюл. №23.

38. Сендзюк Р. В. Динаміка фітомаси та депонованого вуглецю в насадженнях Лівобережного Придністровського лісостепу (на прикладі державних підприємств Полтавського обласного управління лісового та мисливського господарства): автореф. дис. на здобуття наук. ступення канд. с.-г. наук : спец. 06.03.02 «Лісовпорядкування та лісова таксація». К., 2010. 22 с.

39. Фучило Я. Д., Сбитна М. В. Вербни України : (біологія, екологія, використ.) : монографія. К. : Логос, 2009. 200 с.

40. Фучило Я. Д., Сбитна М. В. Ивы естественной дендрофлоры Украины [Электронный ресурс] / Я. Д. Фучило, Режим доступа к странице : afonin-59-bio.narod.ru/mvl/25_Fuchylo.pdf.

41. Csete S., Stranczinger S., Szalontai B., Farkas A., Pal R.W., Salamon-Albert E., Kocsis M., Tovari P., Vojtela T., Dezsö J., Walcz I., Janowszky Z., Janowszky J., Borhidi A. (2011) Tall wheatgrass cultivar Szarvasi-1 (*Elymus elongatus* ssp. *ponticus* cv. Szarvasi-1) as a potential energy crop for semi-arid lands of Eastern Europe, (2011), In: M. Nayeripour, M. Kheshti (eds.) Sustainable Growth and Applications in Renewable Energy Sources, InTech, 269-294.

42. Ekspansja wierzby (red.). Farmer 2003, nr 16.

43. Elbersen H.W., Christian D.G., Yates N.E., El Bassam N., Sauerbeck G., Alexopoulou E. (2002) Switchgrass nutrient composition. W: Elbersen H.W. (red.) Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) as an alternative energy crop in Europe. Initiation of a productivity network. Final Report FAIR 5-CT97-3701 „Switchgrass”, www.switchgrass.nl str.21-32.

44. Jurczuk S., Rydałowski M. (2010) Polowe zużycie wody na

plantacjach wierzby wiciowej i miskanta olbrzymiego. W: Grzybek A. (red.) Modelowanie energetycznego wykorzystania biomasy. ITP, Falenty, Oddział w Warszawie, 92-101.

45. Kamrat W.: Energetyka odnawialna w bilansie energetycznym Polski. Rynek Energii 2003, nr 2.

46. Kruczek H., Miller R., Tatarek A.: Spalanie i współspalanie biomasy - korzyści i zagrożenia. Gospodarka paliwami i energią 2003, nr 3.

47. Liebig M.A., Johnson H.A., Hanson J.D., Frank A.B. (2005) Soil carbon under switchgrass stands and cultivated cropland. *Biomass and Bioenergy*, 28: 347-354.

48. Maciocha M., Bilich J.: Praktyczne aspekty zakładania i użytkowania plantacji wierzb krzewiastych. *Czysta Energia*. 2004, styczeń.

49. Majtkowski W., Piłat J. 2009. Wykorzystanie roślin wydmuchrzycy pontyjskiej *Elymus elongatus* var. *ponticus* (Podp.) Dorn jako źródła energii odnawialnej *Biul. IHAR*, 253, 323-329.

50. Martyniak D., Fabisiak E., Zielewicz W., Martyniak J. (2011) Biologiczno-chemiczne właściwości perzu wydłużonego [*Agropyron elongatum* (Host) Beauv.] w aspekcie możliwości jego wykorzystania w fitoenergetyce. *Biul. IHAR-PIB*, 260/261, 375-384.

51. Mast B., Lemmer A., Oechsner H., Reinhardt-Hanisch A., Claupein W., Graeff-Hönninger S. (2014) Methane yield potential of novel perennial biogas crops influenced by harvest date. *Industrial Crops and Products*, 58: 194-203.

52. McLaughlin S.B. (1997) Forage crops as bioenergy fuels: evaluating the status and potential. *Procc. of the XVIII Intern. Grassland Congress, Winnipeg & Saskatoon, Canada*: 61-68.

53. McLaughlin S.B., de la Torre Ugarte D.G., Garten C.T., Lynd L.R., Sanderson M.A., Tolbert V.R., Wolf D.D. (2002) High-value renewable energy from prairie grasses. *Environ. Sci. Technol.* 36 (10): 2122-2129.

54. Piłat J., Majtkowski W., Majtkowska G., Żurek G., Mikołajczak J. 2007 c. The feeding value assessment of forage from C-4 grass species in different

phases of vegetation. Part III. *Panicum virgatum* L. *Plant Breed. and Seed Sci.*55: 63-72.

55. Piłat J., Majtkowski W., Majtkowska G., Żurek G., Mikołajczak J., Buko M. 2007 a. The feeding value assessment of forage from C-4 grass species in different phases of vegetation. Part I. *Andropogon gerardii* Vitman. *Plant Breed. and Seed Sci.*55: 43-52.

56. Piłat J., Majtkowski W., Majtkowska G., Żurek G., Mikołajczak J., Brucnerova M. 2007 b. The feeding value assessment of forage from C-4 grass species in different phases of vegetation. Part II. *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack. *Plant Breed. and Seed Sci.*55: 53-62.

57. Pudełko R., Faber A. 2010. Dobór roślin energetycznych dostosowanych do uprawy w wybranych rejonach kraju. W: Bocian P., Golec T., Rakowski J. (wyd.) *Nowoczesne technologie pozyskiwania i energetycznego wykorzystywania biomasy. Monografia. Instytut Energetyki, Warszawa, 50-68.*

58. Samson R., Mani S., Boddey R., Sokhansanji S., Quesada D., Urquiaga S., Reis V., Ho Lem C. (2005) The potential of C4 perennial grasses for developing a global BIOHEAT industry. *Critical Reviews in Plant Science*, 24: 461-495.

59. Scheinost P., Tilley D., Ogle D., Stannard M. (2008) Plant Fact Sheet for tall wheatgrass, *Thinopyrum ponticum* (Podp.) Z.-W. Liu & R.-C. Wang. USDA-NRS, Plant Materials Centre, Corvallis, OR, USA, http://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg_thpo7.pdf

60. Semere T., Slater F.M. (2007) Ground flora, small mammal and bird species diversity in miscanthus (*Miscanthus x giganteus*) and red canary-grass (*Phalaris arundinacea*) fields. *Biomass and Bioenergy*, 31; 20-29

61. Wichrowski R.: Biomasa jako alternatywne źródło energii dla celów grzewczych. *Rynek Energii* 1997, nr 3.

62. Інститут біоенергетичних культур. URL: <https://bio.gov.ua/uk/bioenergy/napryamy-diyalnosti>.

ДОДАТКИ

Додаток А

Сорти енергетичних рослин, придатних для вирощування в Україні

Ботанічний Таксон	Ботанічний Таксон	Назва Сорту	Напря́м Використан	Рекомендован а Зона Для	Країна Походже	Пате нт	Найменування Власника	Код Країни
Верба біла	Salix alba L.	Н1	Е. озл	СЛП	UA		Мележик Леонід Петрович	UA
Верба ламка	Salix fragilis L.	А3	Е.озл	СЛП	UA		Мележик Леонід Петрович	UA
Верба ламка	Salix fragilis L.	Адам2	Е. озл	СЛП	UA		Мележик Леонід Петрович	UA
Верба ламка	Salix fragilis L.	Козак	Е,озл	СЛП	UA		Мележик Леонід Петрович	UA
Верба прутovidна	Salix viminalis L.	Вільгельм	Е	С	SE	®	Юрепіен Віллов Брідінг АБ	SE
Верба прутovidна	Salix viminalisL.	Збруч	Е	СЛП	UA	®	Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України	UA
Верба прутovidна	Salix viminalis L.	К2	Е. озл	СЛП	UA		Мележик Леонід Петрович	UA
Верба прутovidна	Salix viminalis L.	ЛІННЕЯ	Е	ПЛС	SE	®	Лантманнен СВ Сід АБ	SE
Верба прутovidна	Salix viminalis L.	М2	Е.озл	СЛП	UA		Мележик Леонід Петрович	UA
Верба прутovidна	Salix viminalis L.	М3	Е. озл	СЛП	UA		Мележик Леонід Петрович	UA

Ботанічний Таксон	Ботанічний Таксон	Назва Sortу	Напря́м Використан	Рекомендован а Зона Для	Країна Походже	Пате нт	Найменування Власника	Код Країни
Верба прutowидна	Salix viminalis L.	Марцияна	Е	п	UA	®	Товариство з обмеженою відповідальністю 'Салікс Енерджі*'	UA
Верба прutowидна	Salix viminalis L.	Панфильська 2	Е	ПЛ	UA	®	Панфильська дослідна станція Національного наукового центру "Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України"	UA
Верба тритичинкова	Salix triandra L	Панфильська	Е	ПЛ	UA	®	Панфильська дослідна станція Національного наукового центру "Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України"	UA
Верба тритичинкова	Salix triandra L	Ярослава	Е	ЛП	UA	®	Національний університет біоресурсів і природокористування України	UA
Міскантус гігантський	Miscanthus x giganteus 3.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize	Біотех	Е	СЛП	UA	®	Мельничук Максим Дмитрович	UA

Ботанічний Таксон	Ботанічний Таксон	Назва Sorty	Напря́м Використан	Рекомендован а Зона Для	Країна Походже	Пате нт	Найменування Власника	Код Країни
Міскантус гігантський	Miscanthus x giganteus Ü.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize	Верум	Е	ПЛС	UA	®	Товариство з обмеженою відповідальністю "8ЕРБУМ НОБІЛЕ. с.р.о."	cz
Міскантус гігантський	Miscanthus x giganteus d.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize	Гулівер	Е	ПЛ	UA	®	Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка Національної академії наук України	UA
Міскантус гігантський	Miscanthus x giganteus D.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize	Іллінойс	Е	СЛП	PL		Міскантус д.о.о	HR
Міскантус гігантський	Miscanthus x giganteus D.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize	Осінній зорецвіт	Е	ЛП	UA	®	Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України	UA
Міскантус китайський	Miscanthus sinensis Anderss.	Велетень	Е.дкр	ЛП	UA	®	Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка Національної академії наук України	UA

Ботанічний Таксон	Ботанічний Таксон	Назва Сорту	Напря́м Використан	Рекомендован а Зона Для	Країна Походже	Пате нт	Найменування Власника	Код Країни
Міскантус китайський	Miscanthus sinensis Anderss.	Місячний промінь	Е	ЛП	UA	®	Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України	UA
Павловнія	Paulownia Sieb, et Zucc.	Гіант 27	Е.дкр	СЛП	UA	®	Фуглевич Ярослав Миронович	UA
Павловнія	Paulownia Sieb, et Zucc.	Енерджи	Е.дкр	СЛП	UA		Кудрик Вадим Валерійович	UA
Павловнія	Paulownia Sieb, et Zucc.	ЗЕ ПРО	Е, озл. тхн	СЛП	ES	®	Павловнія Професіональ С.Л.	ES
Павловнія	Paulownia Sieb, et Zucc.	Ін Вітро 112	Е.дкр	СЛП	ES	®	Ін Вітро СЛ	ES
Павловнія	Paulownia Sieb, et Zucc.	Квінерджи	Е.дкр	СЛП	UA		Парінцева Лілія Юріївна	UA
Павловнія	Paulownia Sieb, et Zucc.	Котевіса 1	Е.дкр	СЛП	ES		Комерціал Техніка у Віверос. С.Л.	ES
Павловнія	Paulownia Sieb, et Zucc.	Котевіса 2	Е.дкр	СЛП	ES		Комерціал Техніка у Віверос. С.Л.	ES
Павловнія	Paulownia Sieb, et Zucc.	Лідея	Е.тхн	СЛП		®	Закарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція Національної академії аграрних наук України	UA
Павловнія	Paulownia Sieb, et Zucc.	Лілов	Е.дкр	СЛП	UA	®	Закарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція	UA

Ботанічний Таксон	Ботанічний Таксон	Назва Sorty	Напря́м Використан	Рекомендован а Зона Для	Країна Походже	Пате нт	Найменування Власника	Код Країни
							Національної академії аграрних наук України	
Павловнія	Paulownia Sieb, et Zucc.	Сила природи	Е	л	UA	®	ТОВ ТРІН МАНІ АГРО”	UA
Павловнія	Paulownia Sieb, et Zucc.	ТУРБО ПРО	Е, ОЗЛ, тхн	СЛП	ES	®	Павловнія Професіональ С.Л.	ES
Павловнія	Paulownia Sieb, et Zucc.	Фенікс	Е.дкр	СЛП	UA	®	Товариство з обмеженою відповідальністю «Всеукраїнський науковий інститут селекції (ВНІС)»	UA
Просо прутюподібне	Panicum virgatum L.	Зоряне	Е, дкр	ЛП	UA	®	Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка Національної академії наук України	UA
Просо прутюподібне	Panicum virgatum L.	Лядовське	Е	ЛП	UA	®	Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України	UA
Просо прутюподібне	Panicum virgatum L.	Морозко	Е	ЛП	UA	®	Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України	UA