

Національна академія аграрних наук України
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків

**ЕНЕРГЕТИЧНА ВЕРБА:
ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ
ТА ВИКОРИСТАННЯ**

Київ – 2015

УДК 582.623.2:620.592
ББК 43.822.4
Е 62

Видається за рішенням Вченої ради Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, протокол № 8 від 18.05.2015 р.

Авторський колектив:

М.В. Роїк, В.М. Сінченко, Я.Д. Фучило, М.Я. Гументик, В.І. Пиркін, І.В. Гнап, Н.В. Заїменко, Д.Б. Рахметов, В.Л. Курило, В.А. Фурман, Я.П. Макух, В.В. Іваніна, І.Т. Слюсар, С.М. Каленська, В.Т. Саблук, О.М. Грищенко, О.М. Ганженко, С.П. Танчик, О.В. Балагура, М.В. Бузинний, О.В. Мороз, Г.С. Гончаренко, С.О. Ременюк, В.С. Бондар, А.В. Фурса, С.Д. Орлов, Л. І. Сторожик, О.В. Широкоступ, В.І. Гореленко, С.М. Мандровська, П.Ю. Зиков, Л.Н. Гізбулліна, В.П. Москаленко, Г.А. Мельничук.

Рецензенти:

Е.Р. Ермантраут – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач лабораторією математичних методів досліджень Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

Б.Я. Панасюк – доктор економічних наук, професор, академік НААН, головний науковий співробітник лабораторії економіки Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

Е 62 Енергетична верба: технологія вирощування та використання. Під загальною редакцією доктора сільськогосподарських наук В.М. Сінченка. – Вінниця : ТОВ «Ніланд-ЛТД», – 2015. – 340 с.

ISBN 978-966-924-087-3

На основі комплексних наукових досліджень з урахуванням біологічних, агротехнічних, технологічних та економічних особливостей розроблені елементи технології вирощування енергетичної верби в умовах різних агрокліматичних зон України.

В результаті вперше розроблена технологія вирощування енергетичної верби, яка забезпечує урожайність біосировини 40-70 т/га та її використання. В технології детально розглядаються агротехнічні вимоги до виконання технологічних операцій, обґрунтована економічна ефективність технології вирощування енергетичної верби та перероблення біосировини на тверде біопаливо.

Книга розрахована на науковців, керівників і спеціалістів з біоенергетики, бізнесменів, аспірантів та студентів сільськогосподарських навчальних закладів.

УДК 582.623.2:620.592
ББК 43.822.4

ISBN 978-966-924-087-3

Інститут біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН, 2015

ВСТУП

Розвиток світової цивілізації тісно пов'язаний з енергетичними ресурсами, що суттєво впливають на незалежну політику країни.

Враховуючи сучасну енергетичну кризу, породжену нестачею викопних видів палива, все більше актуальним стає питання використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) та сталого розвитку економіки. Вдосконалення існуючих засад використання природно-ресурсного потенціалу, обґрунтування шляхів ефективного використання його резервів зумовлені до розв'язання енергетичних проблем.

В Україні в останнє десятиліття значна увага приділяється підвищенню ефективності використання біопалива та біоенергії, що дозволяє зменшити залежність національної економіки від імпорту енергоносіїв, знизити її енергоємність і забезпечити економічний розвиток.

Доля впровадження біоенергії в розвинутих країнах не однакова. Більшість країн тільки починають використовувати свій ресурсний потенціал, в той час як інші європейські країни, такі як Швеція, Данія, Фінляндія, Норвегія вже створили високотехнологічний промисловий сектор біоенергетики і в значній мірі задіяли його. Зокрема, на основі біомаси створено ефективні системи виробництва комбінованої тепло- та електроенергії. Нові держави-учасники ЄС, наприклад, Молдавія, Румунія, Болгарія, Польща, країни Балтії, та Україна володіють значними сировинними запасами, однак, цей потенціал залишається значною мірою невикористаним або використовується не ефективно через відсутність інвестицій у сучасні технології вирощування та перероблення біомаси.

За останні роки в Україні все таки відбуваються позитивні зміни в енергетичній політиці, спрямовані на просування біомаси в якості палива, чому сприяє усвідомлення технічної раціональності спалювання біомаси у вигляді паливної щепи, пелет та гранул. Відбувається становлення внутрішнього ринку твердих видів біопалива, що створює потребу у якісній сировині для їх виготовлення.

Науковими закладами, спеціалістами, науковцями здійснено ряд досліджень з метою створення високопродуктивних енергетичних плантацій біоенергетичних культур. Особливо високу продуктивність біомаси для виробництва біопалива забезпечують нові сорти та гібриди енергетичної верби «Salix», які за врожайністю сухої біомаси, ефективністю акумуляції сонячної енергії та екологічністю технологій вирощування значно переважають існуючі вітчизняні види. З перспективними високопродуктивними сортами та гібридами проводиться робота з інтродукції і впровадження їх у виробництво. Поряд з тим вони також потребують ґрунтованих досліджень, особливо стосовно різних ґрунтово-кліматичних зон України.

З огляду пріоритетності біоенергетики науковцями Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН розроблено ефективні елементи технології вирощування і перероблення сировини енергетичної верби. Даною працею рекомендується для впровадження науково-обґрунтовані прийоми підготовки ґрунту, садіння живців, догляду за рослинами та вивчення впливу даних факторів на формування продуктивності та якості біомаси.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОХТОННИХ ВЕРБ

1.1. Історія вирощування верб

Спонтанне вирощування верб мало місце з давніх-давен, проте перші масштабні насадження цієї культури, відомі з історичних джерел, були проведені у Нідерландах для створення і одночасного закріплення дамб, які до сьогодні захищають земельні угіддя цієї країни від Північного моря. Здавна вирощують вербу в Данії, де перші значні за площею штучні насадження верби відносяться до часів правління короля Крістіана V (1670-1690 рр.). У подальшому плантаційним вирощуванням верб (в основному чагарникових) стали займатись практично по всій західній Європі. Пік цієї діяльності припадає на кінець XIX - початок XX століття, коли в моді були найрізноманітніші вироби з вербового пруту. Особливо великого розмаху набрало плантаційне вирощування вербового пруту в Німеччині (110 тис. га).

Площа плантацій верби в Російській імперії на той час становила лише 33-55 га, що пов'язано з наявністю великої кількості природних вербових заростей. У XVIII столітті в Росії мали місце окремі спроби культивування верб, наприклад для виготовлення дуг до гужового транспорту.

Вперше масовий інтерес до вирощування вербового прута з'являється у 80-х роках XIX століття на практично безлісому півдні України (Одеська та Херсонська області). Це пояснювалось модою на галантерейні вироби та меблі з лози, що охопила в той час усі країни Європи. У 1882 році в Одесі вже існувало 6 майстерень з плетіння галантерейних виробів з лози. Очищений прут та стрічки з нього одержували з-за кордону - з Баварії, Ганноверу. Стає цілком зрозумілим інтерес до культивування лози саме в прилеглих до Одеси районах, адже місцева сировина, через малі витрати на транспортування, була значно дешевшою. Тому перші наукові роботи в колишній Російській імперії, присвячені вирощуванню верб для заготівлі прута, були опубліковані саме в Одесі на початку XX століття.

Перші роботи з культивування верби в умовах півдня України – це здебільшого переклади порад відомих на той час німецьких дослідників, таких як Гоше, Шредер, Крає, Шульце, Дохналь, Брінкмайер та інших з деяким критичним аналізом та поправкою на різницю в ґрунтово-кліматичних умовах. На початку 30-х років минулого століття почали видаватись монографії з цієї проблеми, складені радянськими дослідниками. На той час площі плантацій верби в Україні зросли майже до 1 тис. га.

У республіках колишнього СРСР проблемою вирощування верби займались такі вчені, як: І.Р. Морозов, Л.Ф. Правдін, В.Н. Сукачов, Г.Н. Субоч, Г.Й. Анциферов, І.Д. Гусейнов, А.Б. Долуханов, К.Ш. Шамсієв, В.І. Саутін, В.І. Парфьонов та І.Ф. Мазан. У Болгарії вирощування верби досліджували Ц. Цанов та інш.; в Угорщині – К. Томпа; у Польщі – Р. Доманський, С. Ежевський, А. Кавецька. Окремими аспектами культивування верб займалися також чеські та словацькі дослідники.

В останні десятиріччя, коли гостро постала проблема екології, у колишньому СРСР, а також і в інших країнах з'явилися дослідження, пов'язані з використанням верби для заліснення відвалів, техногенних пісків, околиць хімічних підприємств, що піддаються впливу шкідливих викидів, стоків і т.д. Фінські вчені вивчають можливості підживлювати плантації верби промисловими стоками.

У країнах Західної Європи та Північної Америки цікавість до культивування верб дуже зросла у вісімдесятих роках минулого століття. Загострення світової енергетичної кризи змусило більшість цих країн розробити спеціальні національні енергетичні програми, направлені на скорочення споживання викопних енергоносіїв і заміну їх іншими джерелами енергії, зокрема біомасою швидкоростучих порід дерев. За глибокої хімічної переробки з деревної біомаси можна також виготовляти паливо для двигунів внутрішнього згоряння. Одержання достатньої кількості деревини повинні забезпечити спеціальні енергетичні плантації, на яких окрім тополі, вільхи та акації, широко використовуються і верби. Проведенню масових робіт із закладання енергетичних плантацій передують наукові дослідження, в яких вивчається в основному можливість успішного їх створення на малопродуктивних землях. Так, фінські дослідники розробляють технологію створення вербових плантацій на вироблених торфовищах і на землях, що вийшли з-під сільськогосподарського користування. У Швеції вивчається можливість створення подібних насаджень на підсушених сфагнових болотах, а також вплив добрив та мікоризи на приживання і ріст живців чагарникових верб. Питання створення та використання плантацій швидкоростучих порід зацікавили і німецьких вчених, деякі з них вважають за доцільне, у зв'язку з перевиробництвом продукції сільського господарства, вивільнити для закладання енергетичних плантацій 20 % оброблюваних земель. Британські дослідники вивчають проблему оптимального удобрення плантацій верб.

Північноамериканські вчені у 1980 році пропонували для створення енергетичних плантацій в штаті Міннесота використати 2 млн. га торфовищ і доводили, що за рахунок деревної біомаси можна на 78 % задовольнити існуючу на той час потребу в енергії цього штату. Найефективнішим способом розмноження верби рекомендовано безпосереднє садження мікропагонів (живців) в удобрений субстрат. Вивчався також можливий вихід біомаси для деяких чагарникових верб Північної Америки.

Українські вчені також вивчали проблеми культивування чагарникових верб. Питання селекції верб для одержання нових гібридних форм вивчали І.Д. Василенко та Н.В. Старова. Дослідження з технологій вирощування верби проводились в Українському науково-дослідному і конструкторсько-технологічному інституті місцевої промисловості. Проблемами вирощування плантацій верби в умовах долини Середнього Дністра тривалий час займалися працівники Вінницької лісової дослідної станції. Схожі дослідження проводились у Ново-Ушицькому лісгоспі об'єднання Хмельницького обласного управління лісового і мисливського господарства, де впродовж 1988-1992 років створено маточну плантацію із 23-х різновидів верб на площі 2,3 га та

промислові плантації на площі 14 га. Серед лісогосподарських підприємств варто також відзначити підприємство «Тур» (Волинська область), в якому для забезпечення виробництва було створено плантацію верби площею 35 га.

З розвитком зеленої енергетики площі біоенергетичних рослин в європейських країнах стрімко зростають (рис. 1.1.). Лідерами є Швеція (20 тис. га верби і 550 га тополі), Польща (9 тис. га верби і 300 га тополі), Данія (5,7 тис. га верби і 2,8 тис.га тополі) та Україна (близько 5 тис. га верби і 300 га тополі).

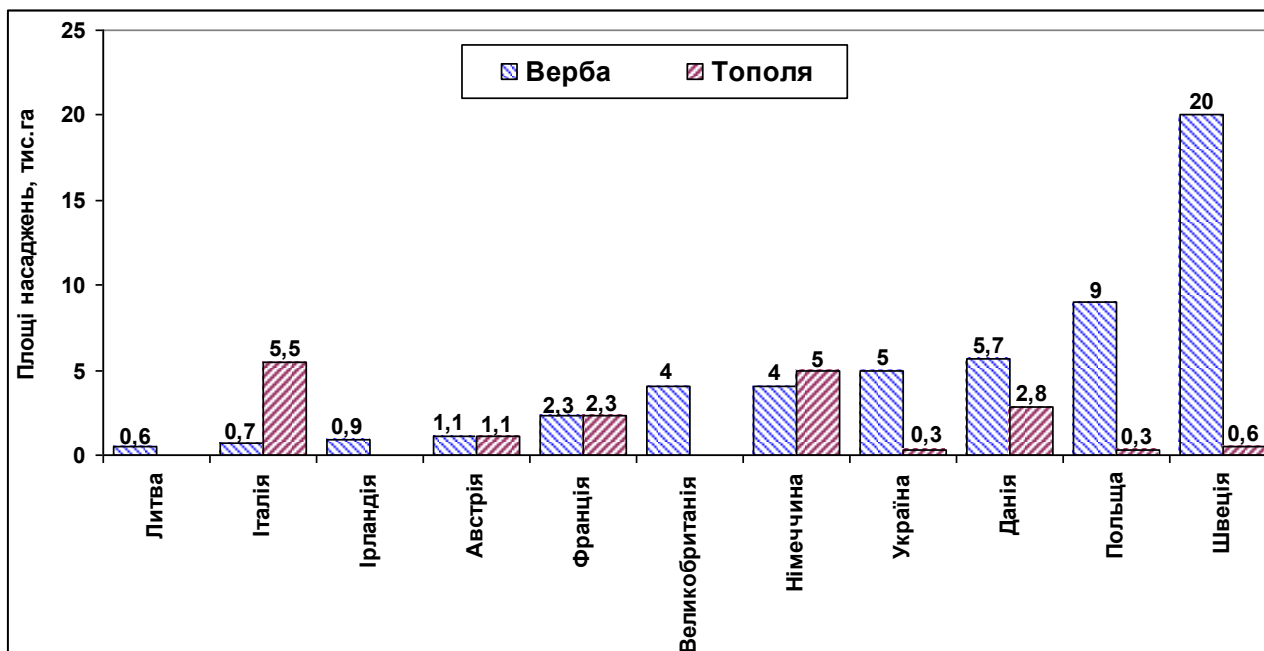


Рис. 1.1. Площа плантацій енергетичної верби та тополі в європейських країнах

Відсутність у достатній кількості власних енергоносіїв та високі ціни на їх імпорт створюють в Україні сприятливі економічні передумови до розширення площ біоенергетичних рослин, серед яких верба займає ключове місце. Крім того, збільшення площ плантацій енергетичної верби позитивно вплине на рівень залісненості територій. Ліси України є найпотужнішим з факторів, що стабілізують на певному рівні функціональну організацію природних екосистем, посилюють їхню стійкість до антропогенного впливу і змін клімату. Ліси також мають важливе значення для запобігання ерозії ґрунтів і деградації ґрунтового покриву.

Середня залісненість території України становить 15,6%, що є одним з найнижчих показників серед країн Європи (рис. 1.2.). У середньому в світі лісистість досягає 29%, а в Європі перевищує 41%. Наші найближчі сусіди – Польща, Болгарія, Чехія наближаються до оптимального рівня лісистості – понад 30%. Порівняно з середньоєвропейськими показниками в нашій державі рівень лісозабезпечення є одним з найнижчих – на одного мешканця припадає близько 0,2 га лісів. Україна, поряд з Великобританією, Нідерландами, Іспанією, Італією відноситься до лісодефіцитних країн, тому її політика у цій сфері спрямована, головним чином, на відновлення лісових ресурсів.

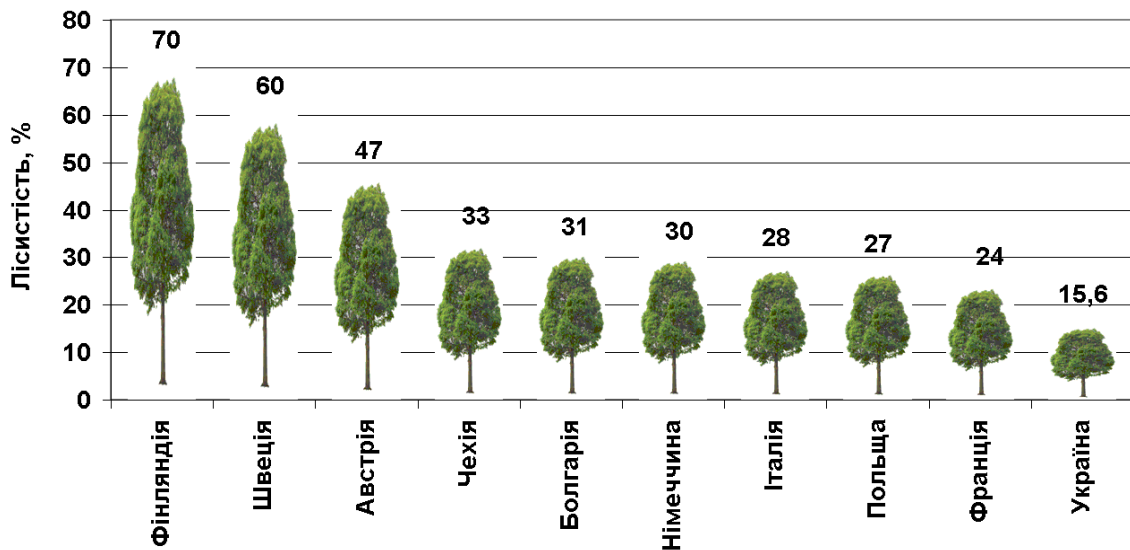


Рис. 1.2. Частка лісів в структурі земельних угідь.

Таблиця 1.1

Показники лісозабезпеченості в Європі

Регіон	Загальна площа, тис. га	Площа лісів, тис. га	Лісистість, %	Площа лісів на 1 мешканця, га
Уся Європа	2260128	933326	41,3	1,3
Північна Європа	112329	52538	46,8	2,8
Західна Європа	245569	59479	24,2	0,2
Східна Європа	1902230	821309	43,2	2,4
Україна	60363	9400	15,6	0,2

Законом України “Про загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі на 2000-2015 рр.” передбачено створення нових лісів на площі 1,7 млн. га за рахунок заліснення неугідь і малопродуктивних сільськогосподарських земель та створення полезахисних лісосмуг. Потенційними для заліснення передусім є непридатні для сільськогосподарського використання землі, яких у структурі земельних угідь України за даними академіка Сайка В.Ф. є до 8 млн. га. Частину цих земель (до 25%) можна використати для вирощування багаторічних біоенергетичних культур.

Закладання плантацій деревних енергетичних рослин (верба, тополя та інші) на площі 1,5 млн. га дозволить збільшити площі лісів в Україні до 10,9 млн. га, що підвищить частку лісів з 15,6 % до 18,1 %.

Отже, верба є високопродуктивною енергетичною рослиною, індустріальне вирощування якої дозволить забезпечити достатню кількість сировини необхідної якості для виробництва різних видів біопалива, зменшити залежність України від імпорту викопних енергоносіїв, створити нові робочі місця переважно у сільській місцевості, а також покращити екологічний стан довкілля.

1.2. Використання верби в якості відновлювального джерела енергії в світі

Перші промислові плантації енергетичної верби з'явилися у Швеції в кінці 80-х – на початку 90-х років минулого століття, коли в Європі зародився тренд використання альтернативних джерел енергії замість традиційних і добре відомих нам нафти та газу. Тому Швецію по праву вважається країною, яка вперше запропонувала і впровадила промислову технологію вирощування енергетичної верби як твердого біопалива.

Наступними країнами, які почали наслідувати приклад Швеції, стали Великобританія, Ірландія, Данія, Польща, США та інші. В 2008 році з'явилися перші промислові посадки і в Україні.

Розповсюдження даної багаторічної культури саме в цих країнах пояснюється, в першу чергу, сприятливими кліматичними умовами для її вирощування. Це достатня кількість опадів, величина яких має становити не менше 550-600 мм на рік, що дає можливість досягнення планових показників урожайності. Звичайно, крім енергетичної верби, є ще багато інших рослин, які вирощують для отримання зеленої біомаси, проте вони поширені в інших географічних зонах, які краще підходять для їх репродукції.

Важливо відмітити ще один нюанс. Чому енергетичну вербу не зовсім правильно вважати деревом, хоча вона відноситься до родини вербових? Основна відмінність енергетичної верби (*Salix Viminalis*) – це те, що дану рослину вирощують кущами. Це в першу чергу пов'язано з промисловою технологією збирання врожаю, що дозволяє застосовувати уже існуючі на ринку машини та обладнання, а також легко перепрофілювати плантацію на вирощування інших сільськогосподарських культур, провівши її рекультивацію після закінчення технологічного циклу або з прийняттям такого рішення в силу інших обставин. Наприклад, ринкових умов.

Незважаючи на те, що основне призначення енергетичної верби – це біопаливо для виробництва електричної та теплової енергії, в різних країнах є своя специфіка використання біомаси з енергетичних плантацій верби та основні драйвери ринку.

Швеція. За різними оцінками, вербу в Швеції вирощують на площі від 15 до 20 тисяч гектарів. За даними компанії Lantmännen, в середньому в країні щорічно засаджують приблизно 500 га нових плантацій, стільки ж рекультивують. Власниками плантацій та виробниками енергетичної тріски є звичайні фермери.

Основними рушійними силами розвитку даного ринку є високий податок на викиди вуглекислого газу (70 євро/т) та великий попит на біомасу всередині країни, пов'язаний з великою кількістю об'єктів централізованого теплопостачання, які функціонують на твердому біопаливі. Вербову тріску поставляють на 25 об'єктів теплогенерації. За цим показником Швеція взагалі знаходиться на першому місці в світі.

Як заявив Андерс Лунд, директор Фонду Східноєвропейського

партнерства з енергоефективності та довкілля (E5P), в ході міжнародного інвестиційного форуму з енергоефективності, що проходив 7 листопада в Києві, сьогодні тільки 5% енергії у Швеції виробляється з нафти.

Ще одним важливим фактором вирощування плантацій верби є державна підтримка фермерів у цьому напрямі. Покриття частини затрат на створення плантацій відбувається в розрахунку 500 євро на 1 гектар.

Всі ці заходи сприяли тому, що Швеція стала світовим лідером в даному сегменті біоенергетики. Таким чином, вона зменшила імпорт дорогих енергоресурсів і перейшла на використання внутрішніх альтернативних джерел енергії. Країна показала, як за короткий проміжок часу можна повністю змінити структуру споживання енергоносіїв, створивши при цьому додаткові робочі місця.

Великобританія. За даними Європейської біомасової асоціації (АЕВІОМ), у Великобританії посаджено близько 4000 га плантацій енергетичної верби. В цій країні тріску енергетичної верби використовують переважно в якості біопалива на ТЕЦ, для чого створені відповідні законодавчі умови.

Серед основних факторів, які посприяли розвитку плантацій у Великобританії, можна виділити обмеженість лісових ресурсів у самій країні, і державну підтримку фермерів у розмірі 800-1000 фунтів стерлінгів на 1 гектар (компенсація частини затрат на садіння).

Данія. Незважаючи на невеликі розміри, ця країна знаходиться на передовій у розвитку біоенергетики. В останні роки там почали будувати нові станції централізованого опалення з використанням твердого біопалива, які розглядаються іншими країнами як приклад для наслідування. Одним із джерел палива для таких установок є плантації енергетичної верби, площа яких в Данії складає понад 5 000 га.

На відміну від інших країн, основним стимулюючим фактором для фермерів стали високі ціни на біомасу, що, в свою чергу, спричинено великим попитом всередині країни. Станом на 2012 рік, ціни на тріску енергетичної верби у Данії наближались до рівня 100 євро/т.

Польща. За даними Агентства реструктуризації та модернізації сільського господарства (ARiMR), станом на 2014 рік у Польщі було посаджено більше 9 000 га енергетичної верби. Основний попит на біомасу з цих плантацій формують польські ТЕС, які виробляють 90% електроенергії в країні. Тому в Польщі прийнятий закон, який стимулює ТЕС використовувати, поряд із вугіллям, біопаливо для зменшення викидів CO₂ в атмосферу.

Позитивним для тамтешнього ринку стало й те, що в 2008 році Польща ухвалила постанову, яка стимулює використання сільськогосподарської біомаси, до якої належать також енергетичні рослини. У відповідності до цієї постанови, об'єкти, які споживають біопаливо, мають гарантовано використовувати мінімальний встановлений процент біомаси. Відповідні показники встановлені для різних категорій виробників теплової та електричної енергії, що передбачає зростання використанні біомаси до 2017 року.

Ухвалення згаданої постанови та наявність великої кількості

малопродуктивних земель дало поштовх до розвитку плантацій енергетичної верби в Польщі. Так, в країні виникла хороша практика, яка може бути взята за основу для розвитку ринку біоенергетики в Україні. Енергетичні компанії готові частково фінансувати закладення плантацій і гарантувати викуп всієї біомаси в майбутні роки. Зважаючи на те, що в Україні частка використання вугілля в генерації електроенергії є значною, лише 5-відсоткове заміщення вугілля біомасою або спільне спалювання може дати великий поштовх для розвитку внутрішнього ринку твердого біопалива.

Це вигідніше ніж будівництво нових ТЕС на біомасі, оскільки потребує менших капіталовкладень для модернізації обладнання. Заміна 5% вугілля на біопаливо на українських ТЕС – це ринок обсягом 1,5-2,0 млн. т пеллет, що в 3-4 рази більше, ніж виробились станом на 2012 рік.

Основним питанням, що стоїть на шляху прогресу в сучасному світі, є питання про розвиток енергетики, що базується на доступі до енергетичних ресурсів. За останні п'ять років у динаміці виробництва і споживання вуглеводневої сировини, зокрема нафти і газу, спостерігається стабільне зростання. Завдання забезпечення постійно зростаючих потреб світової і національних економік в енергії обумовлює необхідність розвитку відновлюваної енергетики і, зокрема, біоенергетики. Це також диктується вирішенням глобальних проблем, пов'язаних з обмеженістю запасів викопних видів палива, та забезпеченням екологічної безпеки - виконання прийнятих зобов'язань у рамках Кіотського протоколу.

Розвиток відновлюваних джерел енергії здійснюється країнами Європейського Союзу, зокрема найбільше у Франції, Швеції, Фінляндії та Німеччині. В останні роки використання біомаси для виробництва енергії істотно збільшилося в Фінляндії (де енергія, що отримується з біомаси, становить більше 20% від загального обсягу виробництва первинної енергії), біопаливо відіграє важливу роль у децентралізації та диверсифікації енергетичної системи країни.

Залежність ЄС від імпорту енергії становить близько 50% і у випадку, якщо не буде зроблено ніяких заходів, прогнозується її подальше зростання до 70% у 2020 р. Це особливо відноситься до нафти і газу, які будуть у все більш зростаючому обсязі надходити з джерел, розташованих далеко за межами Європейського Союзу, та імпорт яких часто пов'язаний з певними геополітичними ризиками. Таким чином, основна увага приділятиметься питанням безпеки енергопостачання. Отримання енергії, джерелом якої служать місцеві відновлювані енергетичні ресурси, буде відігравати все більш зростаючу роль у скороченні імпорту енергії, що матиме позитивний вплив на торговельний баланс і безпеку енергопостачання ("Енергія для майбутнього 1997").

Зростання ринку біопалива можна пояснити наявністю механізмів державної підтримки, зокрема шляхом введення податку на викиди CO₂, застосовного до викопних видів палива. Крім цього, уряд компенсує інший податок, що стягується з виробництва електроенергії на основі викопного палива, постачальникам електроенергії, одержуваної з поновлюваних джерел. У

сучасній структурі різні методи споживання енергії з біомаси можуть здійснювати як позитивний, так і негативний вплив на навколишнє середовище.

Зміна клімату є предметом активних дискусій і дебатів на міжнародному рівні. Потрібне прийняття термінових заходів для вирішення цієї проблеми. Згідно з рішеннями відповідних органів ЄС промислово розвинені країни повинні скоротити викиди парникових газів на 20% у період з 1990 по 2020 р. У документі Європейської комісії "Енергетичний вимір зміни клімату", виданому в 1997 р, підкреслюється роль поновлюваних джерел енергії. Застосування поновлюваних джерел енергії має ряд істотних переваг, дозволяючи підвищити ступінь зайнятості і забезпечити більш ефективний розвиток на місцевому та регіональному рівнях, скоротити імпорту палива, підвищити безпеку поставок енергоресурсів, збільшити експорт, а також забезпечити більш ефективну охорону навколишнього середовища.

Одним з перших документів була так звана Зелена книга під назвою "Енергія для майбутнього: поновлювані джерела енергії" що була опублікована в листопаді 1996 р. і була першим кроком на шляху реалізації стратегії розвитку відновлюваних джерел енергії в Європі. Через рік після видання Зеленої книги була випущена Біла книга ("Енергія для майбутнього 1997"), в якій викладається план дій щодо підвищення ролі поновлюваних джерел енергії на енергетичних ринках. У Білій книзі дається докладний опис заходів з розвитку внутрішнього ринку, політики, що проводиться на місцевому рівні, заходів щодо зміцнення співпраці між державами - членами ЄС. У матеріалах Білої книги Європейська комісія підкреслює роль освіти і навчання при реалізації плану дій. Серед згадуваних Комісією заходів - надання користувачам інформації про товари і послуги належної якості в сфері поновлюваних джерел енергії, а також збір і поширення даних про найкращий досвід надання послуг та експлуатації систем.

В даний час використання поновлюваних джерел енергії (включаючи біомасу, гідроенергію, вітрову, сонячну теплову, геотермальну енергію) в країнах Європейського Союзу є нерівномірним та недостатнім. Одним з головних документів ЄС згідно своїх зобов'язань України в секторі відновлюваних джерел енергії є Директива 2009/28/ЕС. Важливим положенням цієї Директиви є вимога щодо рівня зниження викидів парникових газів при впровадженні біоенергетичних технологій – не менше 35% у порівнянні з аналогічним використанням викопних палив. При цьому з 1 січня 2017 р. дана мінімальна вимога збільшується до 50%, а з 1 січня 2018 р. – до 60% для установок, введених в експлуатацію з 01.01.2017 року.

1.3. Вирощування енергетичної верби в Україні

Постійні проблеми вітчизняної економіки, пов'язані з сильною залежністю від імпорту енергоносіїв, зумовлюють необхідність пошуку альтернативних джерел їх постачання. При цьому відомо, що через 7-10 років розвідані світові запаси нафти будуть вичерпані на 60-65%, розвіданих світових запасів природного газу вистачить лише на 50-60 років, нафти – на 25-30 років,

вугілля – на 500-600 років. Постійно зростаючі тарифи на газ та комунальні послуги ще більше стимулюють пошук, запровадження та використання альтернативних, нетрадиційних джерел енергії.

Одним із перспективних напрямів є вирощування енергетичної сировини на плантаціях швидкорослих деревних порід, зокрема – верб, тополь та інших культур, здатних до легкого відновлення надземної частини після її зрізання. Передовий досвід з цих питань демонструють європейські країни, які почали активно впроваджувати вирощування енергетичної сировини плантаційними методами ще на початку 70-х років минулого століття. Поштовхом до розвитку цього напрямку послугувало загострення світової енергетичної кризи.

У нашій державі біоенергетика почала активно поширюватися в останні роки, коли окремі компанії стали у промисловому масштабі створювати плантації енергетичних рослин, особливо – різних сортів верб.

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

Вирощування верби має ряд переваг, порівняно з традиційним веденням лісового господарства. Завдяки високій інтенсивності вирощування, можливості застосування за експлуатації плантацій мінімально можливого обороту рубання (2-3 роки) вирощування енергетичної вербової сировини більш наближене до сільськогосподарського виробництва.

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

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

- підбір та відведення земель, придатних для створення плантацій;

- добір високопродуктивних видів та сортів верби до конкретних умов вирощування;

- розроблення ефективних технологій створення та вирощування плантацій у різних ґрунтових умовах та на різних категоріях земель;

- оцінка впливу такого типу насаджень на навколишнє середовище, зокрема – на ґрунт;

особливості проведення рекультивації земель після закінчення терміну експлуатації насаджень.

Тим не менш, проаналізувавши багатий світовий досвід вирощування енергетичних насаджень верби, а також досвід українських дослідників, підприємств та компаній, які активно впроваджують новітні біоенергетичні технології в життя, по деяких з цих питань можна отримати впевнені відповіді.

Згідно з законодавством України, плантації швидкорослої верби можна створювати на землях сільськогосподарського призначення. Саме ця категорія земель найбільш придатна для вирощування на ній такого типу насаджень, що є економічно і екологічно доцільним. При цьому перевагу слід віддавати вологим, багатим на гумус, добре дренованим супіщаним або суглинковим ґрунтам. Такі площі займають понижені частини рельєфу, заплави річок, нижні частини пологих схилів, осушені території та інші, відносно багаті категорії сільськогосподарських земель. Розташування плантацій у таких місцях доцільне також з огляду на те, що снігові та дощові води, змиваючи верхній найбагатший шар ґрунту, відкладають його саме на таких площах, що зменшує необхідність внесення добрив і знижує собівартість вирощування деревної маси. З іншого боку, підібравши відповідний сорт верби та ефективну технологію, можна створювати високопродуктивні енергетичні плантації також на відносно сухих і бідних на поживні речовини ділянках. Ділянки повинні бути, по можливості, рівними, без понижень, де може застоюватися вода. При виборі ділянки для плантації окрему увагу слід звернути на її доступність для сільськогосподарської техніки. Оптимальна реакція ґрунтового розчину – слабо кисла або нейтральна (рН 5,5–7,0).

В Україні ведеться значна робота зі створення нових сортів верби, придатних для плантаційного вирощування.

Зараз також проводиться апробація відомих європейських сортів, таких як Sven, Klara, Inger, Torchild, Tora та інші. Наступним кроком буде їх сертифікація та впровадження у виробництво. Деякі з відомих у Європі сортів вже зареєстровані в Україні та широко використовуються для закладення плантацій.

Значна увага приділяється технології створення та вирощування насаджень верби, активно вивчається та застосовується на практиці досвід як українських, так і закордонних фахівців, впроваджуються сучасні засоби механізації та хімізації виробництва.

Створені енергетичні гаї значно покращують естетичний, екологічний стан аграрних та урбанізованих ландшафтів, збільшують різноманіття флори та фауни. Насадження верби широко використовуються для закріплення берегів рік, балок та ярів, а завдяки високій транспіраційній здатності (інтенсивному випаровуванню вологи з поверхні листової пластинки) застосовують для осушення ґрунтів. У європейських країнах вербові насадження використовуються для очищення стічних вод, які, у свою чергу, слугують джерелом вологи та елементів живлення для цих рослин.

Порівняно з традиційними сільськогосподарськими культурами насадження верби потребують у 3-5 разів менше елементів живлення та

поповнюють запаси органіки в ґрунті завдяки опаданню листя. Вони охоплюють корінням значно глибші горизонти ґрунту, ніж, наприклад, зернові культури, отримуючи з них додаткову кількість поживних речовин і вологи.

Після закінчення терміну експлуатації насаджень верби (20-25 років від моменту створення) землі підлягають рекультивації для створення наступних насаджень верби або вирощування традиційних сільськогосподарських культур. За плантаційного вирощування, яке передбачає часте зрізування, верби формують відносно неглибокі кореневі системи, які легко видаляються за допомогою спеціальних культиваторів. Дослідження вчених та практика європейських фермерів доводять, що рекультивація земель після завершення вирощування плантацій верби не має особливих труднощів.

Сировина, вирощена на вербових плантаціях, крім енергетичних цілей, може широко використовуватися у целюлозно-паперовій, хімічній промисловості, для виготовлення лікарських препаратів, плетених виробів тощо. Це може стати додатковим джерелом прибутку за вирощування енергетичних насаджень.

Закордонний досвід свідчить, що проекти створення насаджень енергетичної верби затверджуються на державному рівні та отримують дотації у всіх розвинутих країнах світу, адже, безсумнівно, це перший крок до енергетичної незалежності та самобутності кожної країни. Світова спільнота сприяє розвитку даного напрямку отримання енергетичної сировини, як на юридичному, так і на науковому рівнях, створюючи сприятливі умови для фізичних і юридичних осіб, які займаються вирощуванням енергетичних рослин.

Україна має великий біоенергетичний потенціал і, за повноцінного використання малопродуктивних земель, здатна повністю його використати для створення сировинної бази альтернативної енергетики. Енергетичні плантації верби при цьому можуть і повинні зайняти одне з провідних місць.

1.4. Роль відновлювальних джерел енергії в екологічних аспектах зміни клімату планети

Концепція сталого розвитку, розроблена європейськими країнами, передбачає раціональне використання природних ресурсів. Особливої актуальності це питання набуло для України і для інших держав, які зіткнулися з проблемами забезпечення енергоресурсами промисловості і населення, що передбачає енергетичну безпеку держави, зокрема зменшення залежності від поставок газу. Причиною такого стану є вичерпність природних ресурсів, зокрема газу, нафти, вугілля. Для вирішення цієї проблеми активно впроваджується і розвивається біоенергетика, яка крім отриманої енергії призводить до зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище.

Масштабне використання природних енергетичних ресурсів для виробництва енергії на теплових електричних станціях призводить до значного забруднення природного навколишнього середовища такими шкідливими

викидами в атмосферу, як діоксид вуглецю (CO_2), оксиди сірки (SO_2), азоту (NO_x) та ін. Звичайне кам'яне вугілля виділяє, наприклад, близько 3 т CO_2 на кожен тону спаленого палива, що є основним компонентом парникового газу. Теплове випромінювання сонця нагріває атмосферу і поверхню Землі. В атмосфері є так звані парникові гази, які відбивають теплове випромінювання Землі назад до її поверхні. Цей процес, який називають парниковим ефектом, є необхідною умовою життя на землі. Без парникових газів середня температура атмосфери Землі була б близько - 21° С замість 15° С. Парниковий ефект є природним і необхідним явищем, завдяки якому на землі зберігається прийнятна для підтримки життя температура. Більшість природних парникових газів складається з вуглекислого газу (CO_2) і водяної пари. Найбільш важливі парникові гази, що є продуктом життєдіяльності людей, включають вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4) і дінітрогеноксид (N_2O). Парникові гази розрізняються за ступенем інтенсивності впливу на навколишнє середовище.

Встановлено, що надмірна кількість CO_2 в атмосфері призводить до порушення рівноваги між парниковими газами. В результаті виникає ситуація, за якої парникові гази починають повертати більше теплового випромінювання до поверхні Землі, що призводить до поступового підвищення середньої температури і зміни клімату. Встановлено, з часу до індустріального періоду в результаті життєдіяльності людства кількість CO_2 в атмосфері зросла на 29 %, а кількість CH_4 збільшилася більш ніж у два рази (Lammi et al. 2000).

Швидкий розвиток промисловості призводить до все більшого забруднення навколишнього середовища важкими металами, кадмієм (Cd), цинком (Zn), міддю (Cu), хромом (Cr) та токсинами. В результаті Чорнобильської катастрофи в Україні радіаційному зараженню піддалося близько 2 млн. га земель, з яких більше половини припадає на сільськогосподарські угіддя.

На забруднених територіях неможливо вирощувати культури харчового та кормового призначення. Ці території потребують рекультивації, в чому може допомогти вирощування рослин для промислових або енергетичних цілей. Такий спосіб рекультивації призведе до систематичного зниження рівня забруднення території. У світовому масштабі головним абсорбентом CO_2 та радіонуклідів виступають багаторічні рослини. Вирощування біоенергетичних культур, які інтенсивно зв'язують вуглекислий газ і дають високу врожайність біомаси для енергетичних цілей, дозволить значно зменшити емісію CO_2 .

Раціональними напрямками зниження викидів CO_2 , підвищення екологічної безпеки за виробництва енергії є:

- підвищення ефективності використання органічного палива;
- активне впровадження енергозберігаючих технологій;
- використання біомаси як енергетичного палива.

При цьому використання біомаси є одним з радикальних шляхів вирішення проблеми зниження викидів парникових газів (CO_2) в використовуючих паливних установках, а також зниження викидів інших шкідливих інгредієнтів:

- біоенергетичні культури становлять основний склад біомаси, самі поглинають викиди CO_2 , тобто в них відбувається рециркуляція: скільки CO_2 поглинено, стільки ж і виділяється за спалювання і при цьому не збільшується його вміст в атмосфері;

- в біомасі практично немає сірки, малий вміст азоту і золи.

Особливої уваги в екологічному плані приділяється викидам в атмосферу таких забруднень як SO_2 , NO_x , зольних частинок і важких металів. Розроблені норми для регламентування викидів важких металів, що потребують нових витрат для їх дотримання. При цьому буде здійснено перехід на обмеження викидів мікрочастинок (2,5 мікрона і менше), так як в них концентрується вміст шкідливих важких металів (ртуті та ін.). Ці норми потребують значно досконаліших і дорогих способів очищення газу. В останнє десятиліття особливої уваги в світі буде надалі приділятися викидам діоксиду вуглецю (CO_2) - кінцевого продукту спалювання викопного палива. Це пояснюється головним чином його впливом на зміну клімату. Шкоду природі завдають не самі викиди CO_2 , а їх накопичення в атмосфері. Згідно з аналітичними даними досліджень концентрація CO_2 в атмосфері зросла з 280 ppm (проміль) (в так званий доіндустріальний період, середина XVIII ст.) до 370 ppm в 2003 р. Більше половини викидів CO_2 , що утворилися за спалювання викопного палива, не поглинається біосферою і поверхнею океану, а накопичується в атмосфері. Зростання концентрації CO_2 становить 47 ppm / рік.

У такому випадку навіть за помірного зростання світової економіки (що не перевищує 2% на рік) концентрація CO_2 в атмосфері до 2050 р перевищить 500 ppm. Для припинення росту концентрації CO_2 в атмосфері необхідно в найближчі 10-20 років знизити його викиди до рівня в 3 рази нижче рівня викидів 1990 року.

Найбільш значним джерелом викидів парникових газів є спалювання викопного палива і палива транспортних засобів. За спалювання викопного палива, тобто нафти, вугілля і природного газу, виділяється вуглець, який протягом тривалого часу перебував під землею. Інші джерела викидів включають, наприклад, лісові пожежі, виробничі процеси, звалища, сільськогосподарська діяльність. Збільшення кількості вуглецю в атмосфері призводить до незворотних змін у вмісті в атмосфері вуглекислого газу. За існуючими оцінками на частку вуглекислого газу припадає 66% глобального потепління. У глобальному масштабі приблизно 75% викидів двоокису вуглецю припадає на виробництво енергії і транспортні засоби та на 20% загальний вміст вуглекислого газу збільшується в результаті знищення лісів.

Промислово розвинені країни можуть зменшити рівень викидів CO_2 за допомогою підвищення ефективності енергоспоживання, заміщення при виробництві енергії викопного палива відновлюваними джерелами енергії.

У дослідженнях кліматичних змін все ще існує певний елемент невизначеності. Парниковий ефект спричиняє різний вплив у різних регіонах, однак очевидно, що сумарний ефект впливу є негативним. У європейському регіоні викликає занепокоєння питання про подальшу поведінку течії

Гольфстрім. Експерти прогнозують, що протягом наступних 100 років рівень моря підвищиться на 20-80 см, що призведе до затоплення значної частини території Голландії, Англії, Бангладеш, і повного зникнення багатьох острівних країн (Lammi et al. 2000).

В цілому в наш час зміни клімату перевищують адаптаційну здатність багатьох екосистем. Важко передбачити напрями зміни кліматичних умов, тому можливо нашому поколінню доведеться зіткнутися з неприємними сюрпризами. Взаємодія різних факторів і механізмів зворотного зв'язку може призвести до того, що зміни будуть відбуватися швидшими темпами, ніж прогнозувалося раніше. Крайнім і найбільш загрозливим викликом можливого впливу потепління включають явища збільшення викидів метану в результаті танення шару вічної мерзлоти, зміна здатності океанів пов'язувати вуглець і підвищення числа лісових пожеж. В цілому зміна клімату може вплинути на:

- підвищення рівня моря, що призведе до затоплення багатьох острівних держав та прибережних районів;
- скорочення природного біорізноманіття;
- зменшення сільськогосподарських угідь у багатьох регіонах;
- посилення екстремальних погодних явищ - таких, як повені, посухи, смерчі й урагани.

Зміна клімату призведе до скорочення виробництва продуктів харчування і кількості прісної води в багатьох регіонах. Викликане підвищенням температури випаровування води спричиняє збільшення кількості опадів і більш тривалі періоди посухи в багатьох посушливих регіонах. Нестача прісної води може викликати серйозні конфлікти. Зниження врожаїв зернових культур може призвести до голоду в різних частинах світу, а підвищення рівня моря і повені - до скорочення і засолення орних земель (Lammi et al. 2000).

Дані вимірювань, отримані за допомогою супутників, температура глибинних шарів води в океані, зменшення льодовиків, танення айсбергів і шару вічної мерзлоти в Алясці і інших північних районах тундри, збільшення хмарності та підвищення нічної температури, ранній початок фотосинтезу рослин в Північній півкулі, "переміщення" рослин на великі висоти в Швейцарських і Австрійських Альпах і зміна шляхів міграції різних видів тварин є наочними доказами глобального потепління (Lammi et al. 2000).

Якщо суспільство хоче обмежити вплив зміни клімату, допустивши підвищення середньої температури Землі протягом наступних ста років тільки на 1° C, вміст CO₂ в атмосфері, що становить зараз 360 частин на мільйон, слід знизити до рівня 348 частин на мільйон (за даними Міжурядової комісії з спостереження за зміною клімату (IPCC)). Для досягнення цієї мети необхідно негайно знизити існуючий рівень викидів CO₂ на 50-70%. Існуючий рівень, що становить 360 частин на мільйон, можна зберегти в тому випадку, якщо кількість викидів буде скорочено вдвічі до 2035 року і ріст викидів буде повністю зупинений до 2060 року. Після цього буде потрібно забезпечити застосування високоефективних технологій, що зв'язують вуглець в атмосфері. Для досягнення навіть цього рівня обсяг викидів повинен бути скорочений

найближчим часом і зменшений вдвічі. Згідно з даними розрахунків екологічна норма викидів або допустима межа викидів CO₂ становить 1,7 т на душу населення в рік. Наприклад, у Фінляндії на кожного жителя припадає в середньому близько 12 т викидів CO₂ в атмосферу на рік (Lammi et al. 2000).

У промислово розвинених країнах, таких як Фінляндія, викиди від виробництва енергії складають 75% сумарних викидів двоокису вуглецю. Кількість викидів може бути знижено майже на 90% за допомогою таких технічних заходів:

- скорочення споживання енергії на 50% за рахунок підвищення ефективності використання енергії;
- збільшення комбінованого виробництва теплової та електричної енергії;
- збільшення ступеня використання поновлюваних джерел енергії, тобто деревини, вітрової та сонячної енергії.

Біопаливо характеризується більш високими питомими викидами двоокису вуглецю в порівнянні з викопними видами палива, які мають високу частку водню в енергетичному змісті палива. Однак біопаливо не збільшує вмісту CO₂ в атмосфері. Кількість CO₂, що виділяється при згорянні біопалива, дорівнює кількості CO₂, що поглинається рослинами. Зелені рослини, такі як дерева, використовують вуглець для створення нової біомаси в процесі фотосинтезу. Деякий внесок у викиди CO₂ вносять тільки машини і обладнання, що використовуються при вирощуванні та збиранні біомаси.

Крім технічних заходів у боротьбі зі зміною клімату, ми також можемо використовувати ряд політичних і фінансових заходів, таких як:

- цільове оподаткування, що застосовується у відношенні викидів CO₂, може знизити рівень викидів CO₂;
- надання державних субсидій, надання підтримки та розробка законодавства в сфері використання відновлюваних джерел енергії;
- комплексне планування в сфері енергетики, що передбачає субсидування проектів енергозбереження та виробництва енергії;
- встановлення загальнодержавних цільових показників рівня викидів для різних галузей і компаній з накладенням санкцій у разі їх порушення. Слід також зазначити, що поновлювані джерела енергії, у тому числі рослинна біомаса, відіграють або можуть відігравати визначальну роль у зниженні рівня викидів. Енергетичні плантації можуть стати ефективним чинником в боротьбі з глобальною загрозою зміни клімату.

Окислення. Виділення двоокису сірки (SO₂) і двоокису азоту (NO₂) є основними причинами окислення озер та інших водних об'єктів, а також лісів і ґрунтів.

Вугілля і нафта видобуваються з-під поверхні землі. За спалювання цих видів викопного палива виділяється сірка, яка потім випадає на поверхню землі разом з дощем у вигляді сірчаної кислоти (H₂SO₄). Спалювання деревного палива має незначний вплив на кількість сірки (S), яка випадає на поверхню

землі. Кількість сірки, яка виділяється при горінні деревини, практично дорівнює кількості сірки, що поглинається зростаючими деревами.

Однак заготівля лісосічних відходів призводить до деякого збільшення кислотності ґрунту, оскільки катіони луґу (NH_4^+ , Ca^{2+} , K^+), що зв'язуються деревиною зростаючих дерев, видаляються з лісу і не потрапляють у ґрунт, що зазвичай відбувається при падінні дерев під час лісових пожеж. Тому заготівля лісосічних відходів не рекомендується на ґрунтах, що характеризуються низькою стійкістю до зміни кислотності. Найбільш низьку мають ґрунти біотопів з низьким вмістом поживних речовин - такі, як ділянки пусток, гравійні та піщані ґрунти.

У деяких районах з високою концентрацією промислових підприємств, де на поверхню землі випадає велика кількість азоту, заготівля лісосічних відходів може надавати позитивний вплив на баланс поживних речовин у ґрунтах (SVEBIO 1998).

Детоксикація. Багато важких металів - такі, наприклад, як ртуть (Hg), мідь (Cu), кадмій (Cd) - токсичні по відношенню до людей і тварин. Проте деякі з цих речовин у дуже малих кількостях необхідні для забезпечення нормальної життєдіяльності рослин і тварин. Всі види палива містять важкі метали. Однак, так як вміст важких металів у деревної біомаси значно нижче, ніж у вугіллі і торфі, цей показник не відносять до числа критичних параметрів, наприклад, при утилізації деревної золи (SVEBIO 1998).

1.5. Використання біомаси в паливо-енергетичній галузі

Біомаса складається з органічних твердих речовин рослинного походження - таких як чагарники, дерева, злакові високопродуктивні культури. Біомаса, яка акумулює в собі сонячну енергію у формі вуглеводнів рослинного походження, служить вихідною сировиною для вироблення біопалива в твердому, рідкому і газоподібному вигляді. В залежності від технології переробки біомасу вважаються одним з найбільш чистих видів палива в багатьох країнах світу і розглядають як перспективне джерело енергії на найближче майбутнє. Щорічний потенціал біомаси, що відновлюється, оцінюється в 10 разів вище світового видобутку викопних палив, тому є перспективною та економічно ефективною сировиною для виробництва біопалива. Поряд з економічною доцільністю використання біомаси зберігаються природні ресурси, кардинально вирішується проблема викидів парникового газу CO_2 , зменшується забруднення атмосфери викидами SO_2 , NO_x .

Лігноцелюлозна біомаса є найбільш поширеним матеріалом у світі, її спектр є дуже широким - від різного виду сільськогосподарських відходів до спеціально вирощеної біомаси на основі високопродуктивних деревинних та злакових культур. Лігноцелюлозна сировина складається в основному з вуглеводних полімерів целюлози, геміцелюлози та фенольних - лігніну. В складі біомаси також присутні в низьких концентраціях різні інші сполуки,

такі як білки, кислоти, солі та мінерали. Енергія біомаси, має суттєві переваги порівняно з викопними видами палива і рядом інших поновлюваних джерел енергії, забезпечуючи енергопостачання, підвищення рівня життя, підвищення добробуту та зниження рівня бідності.

Енергетичні системи на основі біомаси забезпечують потенційний механізм усунення бідності в сільській місцевості, одночасно сприяючи сталому розвитку та охороні навколишнього середовища, і отримують все більшої уваги в усьому світі. Серед основних причин подібної уваги варто відзначити вичерпність викопних видів палива. Формування викопного палива відбувалося в ході геологічних процесів глибоко під землею протягом мільйонів років. Хоча викопне паливо також має рослинне походження, його не можна віднести до поновлюваних джерел енергії через повільний процес утворення такого палива. Неминучим є вичерпаність запасів викопного палива, особливо запасів нафти та газу. За існуючими оцінками запаси наявних на землі вуглеводнів вичерпаються через 50-100 років залежно від того, як будуть використовуватись. Освоєння нових родовищ в даний час є надзвичайно складним через відсутність необхідних для видобутку корисних копалин технологій у зв'язку з тим, що вони залягають на великій глибині, що потребує більше ресурсів та капіталовкладень (VTT Energia 1999).

Біомаса є найбільш важливим поновлюваним джерелом енергії в Європі – біоенергія становить близько 60% від валового обсягу споживання енергії, що виробляється з поновлюваних джерел в Європі. Біоенергія відіграє важливу роль в економіці північноєвропейських країн. У Фінляндії, Швеції та Австрії більше 12% споживання становить біоенергія і особливо енергія, що отримується з біомаси.

Заміщення викопних видів палива біомасою знижує рівень шкідливих викидів в процесі виробництва енергії і справляє позитивний вплив на рівень зайнятості місцевого населення. Необхідною умовою збільшення використання біомаси в країнах, що запроваджують нові технології вирощування біомаси енергетичних культур, є побудова повного виробничо-збутового циклу від виробництва і розподілу палива до виробництва і розподілу енергії.

На даний час у світі кількість споживаної енергії з відновлюваних джерел на основі біопалива складає близько 15% порівняно з іншими видами енергії. В окремих європейських країнах внесок біопалива в загальному споживанні первинних енергоносіїв становить значну частку – в Данії - 8%, Швеції - 19%, Фінляндії - 22%, незважаючи на те, що вони мають значні запаси викопних вуглеводнів. За існуючими оцінками в Україні частка ВДЕ не перевищує 2,7% від обсягів виробленої енергії. В Енергетичній стратегії України до 2030 р передбачається її збільшення до 10 %. Тому в основі пріоритетів оновленої стратегії є:

- раціональне використання і зниження темпів зростання споживання

наявних ресурсів викопного палива та залучення в паливно-енергетичний баланс відновлювальних джерел енергії;

- зниження темпів зростання антропогенного навантаження на навколишнє середовище і протидія кліматичним змінам при необхідності задоволення зростаючого споживання енергії.

Для досягнення намічених обсягів виробництва енергії на базі відновлюваних джерел енергії необхідно вже в найкоротший період збільшити площі вирощування біоенергетичних культур у декілька разів та забезпечити введення генеруючих об'єктів теплових електростанцій, що працюють з використанням біомаси та біопалива.

Одним з напрямів є вирощування біомаси на основі високопродуктивних сортів та гібридів енергетичної верби, що дозволяє отримувати значну кількість енергії. Верба може бути використана як джерело енергії на 2-3-й рік після закладання плантації. Середньорічний урожай за 2- 3-річної ротації верби за результатами, отриманими в ряді зарубіжних країн, може досягати до 10-15 т сухої речовини з гектара, а один раз закладена плантація може бути використана протягом 20-25 років, тобто забезпечувати 7-8 разовий збір деревини без значних додаткових витрат. Біомаса – найбільше джерело відновлюваної енергії в світі, її в перспективі розглядають як основний вид відновлювальних джерел енергії. Тому передбачено зростання обсягів використання біомаси у три рази. Деревинна біомаса не тільки відновлюване джерело енергії, процесами утворення якого, на відміну від традиційних (вугілля, нафти, газу), можна управляти, але ще й одне з не багатьох екологічно чистих видів палива. Внаслідок спалювання деревини не порушується тепловий баланс планети. Наявність задіяної землі для виробництва біомаси в будь-якій країні буде визначатися залежно від стійкості біоенергетичних систем в країні.

Біомаса на основі високопродуктивних культур в Україні протягом короткого часу із застосуванням відповідних технологій вирощування та перероблення може замінити використання до 10 млрд. м³ природного газу на рік.

1.6. Вплив ФАР на продуктивність біомаси енергетичної верби

Урожайність біомаси формується в процесі фотосинтезу, коли на основі діоксиду вуглецю, води, мінеральних речовин та сонячного випромінювання утворюється органічна речовина. Енергія сонячних променів переходить в енергію рослинної біомаси. Ефективність цього процесу і, в кінцевому рахунку, продуктивність культури, залежать від функціонування насадження як фотосинтезуючої системи і її основної частини – фотосинтетичної активної радіації (ФАР).

У польових умовах насадження (фітоценоз) як сукупність рослин на одиниці площі являють собою складну динамічну саморегулюючу фотосинтезуючу систему. Ця система включає в себе багато компонентів, які можна розглядати як підсистеми; вона динамічна, оскільки постійно змінює

свої параметри в часі та саморегулююча. Таку систему характеризують нові властивості в порівнянні з окремою рослиною. Так, для окремої рослини збільшення площі живлення і пов'язане з цим поліпшення освітленості призводять до підвищення продуктивності, а для фітоценозу важлива оптимальна густота рослин.

Управління процесом формування врожаю здійснюється на основі систематичного контролю за розвитком рослин і фотосинтетичною діяльністю насаджень відповідно до заздалегідь заданих параметрів. Фотосинтетично активна радіація (ФАР) (енергія сонячної радіації) є необхідною умовою фотосинтезу. Слід створювати такі насадження, в яких пагони з листям поглинали б енергію сонця з можливо більш високим коефіцієнтом корисної дії для створення високої продуктивності біомаси. У процесі фотосинтезу бере участь не вся сонячна енергія, а тільки її видима частина - фотосинтетично активна радіація (ФАР) з довжиною хвиль - 380 – 720 нм (нанометр). Ці промені поглинаються хлорофілом і є енергетичною основою фотосинтезу. Енергія ФАР становить близько 50 % загальної енергії сонячної радіації. Інфрачервона частина сонячного спектра, що складає близько 50 % загальної енергії сонця, не бере участі в фотохімічних реакціях фотосинтезу. Ці промені поглинаються ґрунтом, від якого нагріваються надземний шар повітря та значна частина площі рослини, при цьому посилюються транспірація і випаровування вологи з поверхні ґрунту. Кількість ФАР, що потрапляє на одиницю поверхні ґрунту, в середньому по місяцях року і по декадах місяця є різною за кількістю та силою потоку.

Високою продуктивністю використання ФАР вважається 1-2 %. При використанні сортів інтенсивного типу та оптимізації процесів формування врожаю можливо досягти акумуляції в урожаї понад 2,5-3,0 % ФАР. Надходження сонячної енергії за вегетаційний період залежить від географічної широти. Так, якщо порівнювати північні і південні райони України, то ФАР, що поступає за вегетаційний період відрізняється в 1,5-2,0 рази. Насадження являють собою оптичну систему, в якій листовий апарат поглинає ФАР. У початковий період розвитку рослин асиміляційна поверхня листків невелика і значна частина ФАР проходить повз них. Із збільшенням площі листя збільшується і поглинання ними енергії сонця. Коли індекс листової поверхні (величина, що показує, у скільки разів площа листя перевищує ту площу, на якій знаходяться рослини) дорівнює 4, то поглинає максимальне значення загальної радіації. За наступного збільшення площі листя поглинання ФАР не підвищується. В насадженнях, де формування площі листя є оптимальним, поглинання ФАР може скласти в середньому за вегетацію 50-60% поступаючої радіації. Отримана рослинним покривом ФАР є енергетичною основою для фотосинтезу. Однак у врожаї акумулюється тільки частина цієї енергії. Коефіцієнт використання ФАР зазвичай визначають по відношенню до падаючої на рослинний покрив ФАР. Якщо в урожаї біомаси в середньому акумульовано 1,0-1,5 % ФАР, то суха маса всіх органів рослин становитиме - 10-15т/га. У розріджених насадженнях коефіцієнт використання ФАР складає 0,4-0,6 %. За розгляду насаджень як фотосинтезуючої системи урожайності

сухої маси, створюваної за вегетаційний період, її приріст за певний період залежить від кількості пагонів у куці, площі листя, тривалості періоду і чистої продуктивності фотосинтезу за цей період.

$$Y = \Phi П * ЧПФ ,$$

де Y - урожайність сухої біомаси , т / га ;

$\Phi П$ - фотосинтетичний потенціал , тис. $м^2$ - днів / га ;

$ЧПФ$ - чиста продуктивність фотосинтезу , г / $м^2$ за добу.

Фотосинтетичний потенціал розраховують за формулою:

$$\Phi П = Sc T ,$$

де Sc - середня за період площа листя , тис. $м^2$ / га ;

T - тривалість періоду, дні.

У період найбільшої інтенсивності росту енергетичної верби, добові прирости загальної сухої біомаси на одному гектарі плантації складають в середньому 200-400 кг. Для її накопичення рослини споживають від 5 до 10 кг мінеральних речовин, 300-600 кг, вуглекислого газу CO_2 та значну кількість вологи. В процесі фотосинтезу листовим апаратом виділяється така ж кількість кисню.

Основні показники для фітоценозу та продуктивність визначають у розрахунку на одиницю площі - $1м^2$, або 1га. Так, площу листя вимірюють в тис. $м^2$ / га. Крім того, використовують такий показник, як індекс листової поверхні.

Основну частину асиміляційної поверхні складають листки, саме в них здійснюється фотосинтез. Фотосинтез може відбуватися і в інших зелених частинах рослин – пагонах; однак внесок цих органів у загальний фотосинтез зазвичай невеликий. Вважається, що при індексі листової поверхні 4-5 листків, як оптична фотосинтезуюча система, працює в оптимальному режимі, поглинаючи найбільшу кількість ФАР. За меншої площі листя частина ФАР не поглинається. Якщо площа листя пагонів енергетичної верби загущена, то верхні листки затінюють нижні, їх частка у фотосинтезі значно знижується, що негативно впливає на формування в цілому біомаси. Динаміка площі листків показує, що на різних етапах вегетації рослин фотосинтезуюча система функціонує неоднаково. Перші 20-30 днів вегетації, коли площа листків є незначною, більша частина фотосинтетичної радіації за рахунок відсутності листового апарату не поглинається, і тому коефіцієнт використання її є невисоким. В подальшому процесі вегетації рослин виростають пагони і площа листків починає швидко наростати, досягаючи максимуму. В осінній період під час зниження температури та ФАР площа листків починає швидко зменшуватися. У цей час переважають перерозподіл і відтік поживних речовин з вегетативних органів у генеративні.

На тривалість цих періодів і їх співвідношення впливають різні чинники, в тому числі агротехнічні. З їхньою допомогою можна регулювати процес збільшення площі листків і тривалість періоду вегетації. У посушливих ґрунтово-кліматичних умовах густоту рослин збільшують. При цьому площа листків збільшується і зменшується транспірація вологи з ґрунту та підвищується урожайність біомаси.

Занадто велике розростання пагонів при достатньому водопостачанні призводить до небажаних результатів. Біомаса в цьому випадку збільшується досить високими темпами за рахунок вегетативних органів, проте умови формування біомаси погіршуються. До подібних результатів може призвести і надмірне загущення та затінення значної частини листочків рослин.

У результаті фотосинтезу в рослинах накопичується 90-95 відсотків сухих речовин, тому управління цим процесом є одним з найбільш ефективних шляхів впливу на продуктивність біомаси. Науковими дослідженнями підтверджено, що основне завдання фотосинтезу – збереження та підтримка на більш високому рівні фотосинтетичної діяльності рослин та максимальне підвищення продуктивності рослин. Часто стримуючим фактором фотосинтезу є недостатня кількість вуглекислого газу. Зазвичай у повітрі близько 0,03 відсотка CO₂. Однак, над плантацією енергетичної верби, де відбувається інтенсивно фотосинтез, кількість CO₂ зменшується в три - чотири рази, що гальмує процеси накопичення органічних речовин. Таким чином, один із шляхів підвищення продуктивності фотосинтезу є збільшення концентрації вуглекислого газу в повітрі.

Сучасний рівень технології в цілому дозволяє вирішити це завдання в глобальних масштабах. На думку вчених та екологів високий рівень вмісту вуглекислого газу в повітрі призведе до зміни теплового балансу планети, до її перегріву внаслідок так званого «парникового ефекту». «Парниковий ефект» обумовлений тим, що при наявності великої кількості вуглекислого газу атмосфера починає сильніше затримувати генеровані поверхнею Землі теплові промені.

Інший шлях подолання негативного впливу низької концентрації вуглекислого газу в атмосфері на врожай – поширення таких форм рослин, які мають дуже інтенсивну фотосинтезуючу здатність. Це вирощування рослини групи C₃-C₄. У даних видів культур рекордні показники інтенсивності фотосинтезу.

Впровадження та інтродукція нових високопродуктивних культур з високим коефіцієнтом фотосинтезу є надзвичайно актуальним питанням в рослинництві. Рослинність земної кулі досить неефективно використовує сонячну енергію. Коефіцієнт корисної дії у більшості дикоростучих рослин складає всього 0,2 відсотка, у культурних він дорівнює в середньому 0,6 відсотка. За оптимального забезпечення культурних рослин водою, поживними речовинами коефіцієнт корисного використання світла підвищується до чотирьох - шести відсотків. Теоретично можливий ККД – три-чотири відсотки. Зіставлення наведених цифр свідчить про великі можливості у збільшенні

фотосинтетичної продуктивності рослин.

Підвищити ефективність використання сонячної енергії в ході фотосинтезу можна шляхом, розміщення рослин на оптимальній відстані одну від одної та формуванням густоти насадження під час садіння. У зріджених посадках значна частина світла не буде використана рослинами, а в загущених рослини затінують одні одних, їх стебла стають довгими і ламкими, легко вилягають від дії дощу й вітру. У тому і іншому випадку відбувається зниження врожаю. Ось чому дуже важливо вибрати для кожної культури найбільш оптимальну густоту стояння. На жаль, багато сільгоспвиробників, агрономів не беруть до уваги названі фактори, що негативно впливає на продуктивність певного виду чи сорту рослин. Найбільш часто рослини неефективно фотосинтезують через недостачу вологи та елементів мінерального живлення. Якщо поліпшити умови водопостачання і мінерального живлення то розміри листової поверхні рослин збільшаться, а між ними і продуктивністю біомаси існує пряма залежність. Однак існує межа зростання ефективності фотосинтезу, коли подальше поліпшення водозабезпечення і мінерального живлення не дає позитивних результатів. Результати наукових досліджень свідчать, що при значній площі листової поверхні (зазвичай коли на 1 квадратний метр площі припадає чотири п'ять квадратних метрів листя) рослини поглинають практично всю енергію світла. Якщо ж на одиницю площі поля приходить ще більша поверхня листя, то в результаті затінення рослин інтенсивність фотосинтезу зменшиться, тому надмірне забезпечення рослин водою та елементами мінерального живлення буде неефективним. Наукові дослідження доводять, що за використання нових сортів та гібридів енергетичної верби потрібно звертати увагу на саму будову куща та кількість пагонів у ньому. Зокрема, він повинен мати компактну рівну вертикально орієнтовану крону пагонів з широкими та довгими листочками.

За рахунок покращення умов для фотосинтетичної діяльності рослин енергетичної верби можна суттєво впливати на врожайність та якість сировини.

Існує залежність між видами енергетичної верби та інтенсивністю використання поживних речовин, які впливають на ріст та розвиток рослин в процесі вегетації переважно на початковому періоді – на органи живлення, пізніше – на формування пагонів та продуктивної частини. Тому важливим фактором в технології вирощування енергетичної верби є створення сприятливих, оптимальних умов для розвитку рослин та накопичення максимальної продуктивності біомаси.

1.7. Біологічні та екологічні особливості видів верб

Верби – дводомні роздільностатеві рослини. Квітки їх зібрані у суцвіття, що являє собою прямостоячу сережку або колос. У деяких видів суцвіття злегка пониклі, особливо під кінець цвітіння (верби тритичинкова, п'ятитичинкова). Сережка одностатева, може завершувати невеликий пагін поточного року (у

арктичних і альпійських видів), або розміщена на минулорічному пагоні. Квітки розміщені у пазухах приквіткових лусок, без оцвітини, замість якої є 1-3 нектарники, що у окремих видів зливаються в залозистий диск. Чоловічі квітки мають від 2 до 12 тичинок (у більшості видів - 2), жіночі – одну маточку. Пилок верб липкий, запилення відбуваються за допомогою комах. Деякі автори вважають, що окремі арктичні види верб, через недостатню кількість комах, пристосувалися до запилення вітром (Тахтаджян, 1966, Морозов, 1966).

Листки і бруньки верб розміщені на пагоні, як правило, чергово (спіралью). В літературі часто згадується, що супротивне (попарно зближене) їх розміщення характерне тільки для верби пурпурової. Ми спостерігали супротивні генеративні бруньки також у верб вушкатої, розмаринолистої і, особливо часто – у козячої.

У верби прутувидної іноді спостерігаються потрійно зближені вегетативні бруньки.

У цілому рід характеризується значною волого- та світлолюбністю і здатністю швидко заселяти місця, що з якихось причин позбавлені рослинності. Вологолюбність верб відображається в назві даного роду – *Salix*, яка походить від кельтських слів «*sal*» - біля та «*lix*» – вода.

За відношенням до аерації ґрунту О.К. Скворцов (1968) розділяє всі види верб на дві групи: алювіальні та неалювіальні. Перші потребують добре дренованого субстрату та проточного зволоження і заселяють наноси в заплавах річок та струмків. Види другої групи – невибагливі до аерації ґрунту, пристосовані до надмірного застійного зволоження і, в більшості випадків, зустрічаються поза заплавою.

Початком цвітіння того чи іншого виду вважається день, коли вперше була помічена хоча б одна сережка, що зацвіла. Найзручніше фіксувати початок цвітіння у чоловічих екземплярів через те, що пиляки тичинок мають яскраво-жовтий колір. У верб пурпурової та розмаринолистої вони спочатку дещо червонуватого (пурпурового) забарвлення. Жіночі сережки у всіх видів зелені і не такі примітні, як чоловічі, хоча і за ними можна спостерігати початок і кінець цвітіння. Початок цвітіння жіночих квіток настає тоді, коли повністю сформувалась маточка і приймочка маточки почала розкриватися. Кінцем цвітіння вважали момент, коли тичинки почали буріти і всихати та коли всихали приймочки на жіночих квітках.

Кінцем цвітіння вважається момент, коли відцвітають практично всі рослини даного виду, за якими ведеться спостереження. Різниця в термінах цвітіння різних особин буває значною. У всіх верб, за якими ми спостерігали, вона становить 5-7 днів. Очевидно, мають місце відхилення, що виникли на генетичному рівні. Крім того, різниця в строках зацвітання нерідко буває пов'язана з умовами місцезростання, а точніше – з температурним режимом середовища.

Раніше цвітіння верб настає того року, коли була найвища температура в місяці, що передує цвітінню, та коли середньодобова температура раніше перевищила 0⁰С і 5⁰С. Отже, для того, щоб настало цвітіння, необхідно, щоб рослина одержала певну кількість тепла. В агрометеорології кількість тепла

визначається, як сума активних (вищих 0°C) або ефективних (вищих за 5, 10, 15°C) середньодобових температур повітря.

При накопиченні певної кількості тепла – суми температур, вищих за температуру пробудження, рослина починає вегетацію, цвітіння, утворення насіння тощо. Температура 3°C , або дуже близька до неї, є температурою початку вегетації для більшості обстежуваних видів. Для пізно квітучих верб така температура є дещо вищою (на $1,0-1,5^{\circ}\text{C}$).

Під час проведення фенологічних досліджень прийнято визначати середню багаторічну дату настання фаз розвитку рослин для конкретної місцевості, як середнє арифметичне дат окремих років. За період спостережень температура повітря навесні була вища від середніх багаторічних показників (за 46 років спостережень), цвітіння починалося раніше, і при таких підрахунках неодмінно виникне похибка в бік більш раннього початку цвітіння. Середня тривалість періоду цвітіння верб за час спостережень склала 56,6 доби.

З кінця другої декади травня спостерігається найбільш інтенсивний лінійний приріст всіх верб. Особливо це помітно на рості подовжених пагонів. У липні подовжені пагони однорічних живцевих саджанців верб гостролистої, пурпурової та прутовидної здатні прирости на 1,4 – 1,5 см за добу.

У більш сприятливих умовах однорічні живцеві саджанці деяких видів у період інтенсивного росту досягають середньодобового приросту висотою до 3 см (Фучило, Ониськів, Сбитна, 2006).

Аналіз отриманих даних дозволяє зробити висновок, що максимальний приріст досліджуваних видів верб у дворічному віці відбувається в період з кінця травня до середини липня, але спостерігається значна відмінність динаміки середньодобового приросту у окремих видів. Так, у верби п'ятитичинкової та пурпурової максимум приросту приходить на другу частину цього періоду (з 12.06 по 16.07), а у тритичинкової та прутовидної – на середину (з 12.06 по 21.06). У тополі, на відміну від верб, найбільший приріст за висотою зміщений на більш пізній час (з 17.07 по 20.08). Максимальний середньодобовий приріст був зафіксований у верби пурпурової у період (з 22.06 по 16.07) – 3,82 см за добу (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Середньодобовий приріст дворічних плантацій верб (см на добу) протягом вегетаційного періоду 2013 року

№ п/п	Вид	Довжина живця, см	Діаметр живця, см	Періоди спостережень						Середній приріст, см
				15.04 - 24.05	25.05 - 11.06	12.06 - 21.06	22.06 - 16.07	17.07 - 20.08	21.08 - 21.09	
1	Верба п'ятитичинкова	15	0,98	1,03	1,74	2,19	2,16	1,42	0,14	1,20
2	Верба п'ятитичинкова	15	0,55	1,07	1,67	2,30	2,25	1,28	0,20	1,22
3	Верба тритичинкова	15	0,80	1,36	2,42	3,34	2,90	1,44	0,01	1,51
4	Верба тритичинкова	15	0,48	1,27	2,37	2,65	2,36	1,05	0,02	1,28
5	Верба. прутовидна	20	0,88	2,23	3,08	3,12	2,91	1,66	0,34	1,90
6	Верба прутовидна	20	0,66	1,93	2,64	2,93	2,57	1,56	0,20	1,66
7	Верба прутовидна	20	0,45	2,16	2,61	2,70	2,21	1,45	0,33	1,66

До середини серпня інтенсивність росту значно зменшується. В цей час верби попеляста, козяча та вушката повністю припиняють ріст і формують верхівкові бруньки. Решта верб продовжує давати невеликий приріст до кінця першої декади вересня. Найдовше росте і не формує верхівкової бруньки верба гостролиста. Листопад у верб починається після початку осінніх приморозків, які настають у Київському Поліссі наприкінці вересня. Найдовше не опадає листя у верби прутовидної. На верхній частині її пагонів зелене листя тримається до початку зими.

Крім того, що строки закінчення лінійного приросту, як уже згадувалося, залежать від виду верби, великий вплив на них мають також умови місцезростання: в несприятливих умовах (перезволожених, сухих, бідних на поживні речовини тощо) лінійний приріст закінчується значно швидше, ніж у сприятливих.

Швидкорослість верб забезпечується інтенсивним проходженням у їх органах біохімічних процесів, внаслідок чого утворюється велика маса пластичних речовин, які використовуються на формування вегетативних та генеративних органів. У значній мірі швидкість проходження цих процесів характеризують інтенсивність транспірації води та фотосинтезу.

Дослідження транспірації проводились за методом швидкого зважування зірваних листків на торсійних терезах одразу після зривання і після 2-хвилинної експозиції (Гордієнко, 1979). На час експозиції зірвані листки поміщалися якомога ближче до того місця, звідки їх зірвали. Зважування проводилися з точністю до 0,5 мг. Результати досліджень у мг випаруваної води з 1 грама живого листка наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Інтенсивність транспірації деяких видів верб і тополі, $\text{мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$

№ п/п	Вид	Статистики інтенсивності транспірації				
		M	m	σ	V	P
1	Верба прутовидна	795	87,5	195,7	24,6	11,0
2	Верба пурпурова х Верба прутовидна	1790	84,6	207,2	11,6	4,7
3	Верба тритичинкова	2552	161,1	322,2	12,6	6,3
4	Верба біла	2518	156,6	383,6	15,2	6,2
5	Верба п'ятитичинкова	1598	164,4	328,8	20,6	10,3
6	Тополя євроамер. «Dorskamp»	1537	193,0	386,1	25,1	12,6

З наведених даних видно, що у найжаркіший час вегетаційного періоду представники родини вербових з 1 грама живого листка випаровують від 0,80 до 2,55 грамів води за одну годину. Найбільш інтенсивно в цей період транспірація відбувається у верб тритичинкової, білої та пурпурової (від 2,08 до 2,55 $\text{г} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$). У верб п'ятитичинкової та тополі інтенсивність транспірації дещо нижча: від 1,54 до 1,79 $\text{г} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Найнижчим цей показник виявився у верби прутовидної – 0,80 $\text{г} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$. Порівняння транспірації гібридної верби (№3) і її батьківських форм (№1 і №2) показує, що інтенсивність транспірації

гібрида знаходиться між показниками транспірації його батьківських форм, причому – ближче до материнської (до верби пурпурової).

Інтенсивність фотосинтезу в листках верб і тополь визначалася (паралельно з визначенням транспірації) методом половинок (Гордієнко, 1979). Термін експозиції половинок листків, що залишені на рослинах, становив 4 години. Після висушування експонованих половинок листків і зрізаних половинок, що під час експозиції знаходились у вогкій тканині, зважування на аналітичних вагах, визначення їх площ та обробки отриманих даних з'ясувалося, що досліджувані рослини мають високу інтенсивність асиміляції органічних речовин.

Кількість сухої речовини, асимільованої одним квадратним дециметром листової поверхні досліджуваних видів за одну годину становить у найжаркіший період вегетації 21,7 – 59,2 мг.

Найвищим цей показник виявився у верби прутовидної ($59,2 \text{ мг} \cdot \text{дм}^2 \cdot \text{год}^{-1}$), а найнижчим – у тополі ($21,7 \text{ мг} \cdot \text{дм}^2 \cdot \text{год}^{-1}$). У решти досліджуваних форм він був практично однаковим: 41,7 – 44,7 $\text{мг} \cdot \text{дм}^2 \cdot \text{год}^{-1}$.

Таблиця 1.4

Вплив умов місцезростання на укорінення живців верб

Вид	Тип умов місцезростання			
	A ₂	B ₂	D ₃	C ₅
Верба п'ятитичинкова	$\frac{6,8 \pm 0,5}{40,0}$	$\frac{27,7 \pm 2,6}{35,0}$	$\frac{58,7 \pm 4,3}{92,1}$	$\frac{17,8 \pm 0,9}{100}$
Верба тритичинкова	$\frac{18,3 \pm 0,9}{65,3}$	$\frac{49,0 \pm 2,3}{85,0}$	$\frac{100,4 \pm 3,4}{100}$	$\frac{42,1 \pm 1,6}{96,7}$
Верба прутовидна	$\frac{15,2 \pm 0,8}{54,0}$	$\frac{72,6 \pm 3,8}{100}$	$\frac{103,5 \pm 3,7}{97,4}$	$\frac{26,4 \pm 1,6}{100}$
Верба пурпурова	$\frac{24,1 \pm 1,8}{48,0}$	$\frac{81,7 \pm 5,0}{100}$	$\frac{81,1 \pm 3,0}{100}$	$\frac{27,5 \pm 1,6}{100}$
Верба гостролиста	$\frac{27,5 \pm 2,1}{80,9}$	$\frac{71,6 \pm 3,9}{80,0}$	$\frac{96,6 \pm 4,5}{100}$	$\frac{39,8 \pm 1,8}{100}$

Примітка: У чисельнику вказано середнє значення висоти однорічних кущів та помилку середнього (у сантиметрах); у знаменнику – укорінення живців (у відсотках)

Отже, всі верби, взяті для досліджень, позитивно реагують на підвищення родючості ґрунту та (до певної міри) – його зволоженості. Насадження верб прутовидної, пурпурової, гостролистої та їх гібридів можна з успіхом створювати в Київському Поліссі у типах умов зростання лісу В₂₋₄ – D₃₋₄. Для верб тритичинкової та п'ятитичинкової необхідні більш багаті і вологі ґрунти (CD₃₄).

Надмірне зволоження ґрунту, порівняно з сухими та свіжими умовами, в перший рік вирощування забезпечує укорінення практично всіх посаджених живців. Це пояснюється тим, що живець не являє собою повноцінну рослину, у нього відсутня коренева система і, для підтримання життєдіяльності, до того часу, поки відросте коріння, йому необхідно багато вологи. В наступні роки надмірна, а особливо ще й застійна зволоженість призводить до пригнічення і загибелі уже укорінених рослин (табл. 1.4).

Із трьох, використаних для дослідження видів, найвищі показники продуктивності має верба прутovidна, яка найбільш інтенсивно зреагувала на збільшення торфності і зволоженості ґрунту і значно переважає решту видів за висотою кущів і продуктивністю однорічної фіто маси у сприятливих для усіх видів варіантах лісорослинних умов.

Більш зволожені, але менш дренажні едафічні умови (D₅) негативно впливають на продуктивність верб, але забезпечують високу їх збереженість, що вказує на негативний вплив надмірного застійного зволоження на розвиток саджанців верб, яке здатне навіть викликати їх загибель, хоча у перший рік – сприяє високому укоріненню їх живців.

У описаному нами випадку найвищий варіант зволоження забезпечив першим двом видам абсолютні показники збереженості. Досить високими вони є і у верби прутovidної. Відсутність значної зрідженості насаджень у даних перезволожених умовах, очевидно, була зумовлена прокладанням по периметру дослідної ділянки неглибокої дренажної канами (плугом ПКЛ-70), що покращувало умови росту рослин.

На важливе значення для успішного росту верб дренажності ґрунту вказує О.К. Скворцов (1968). За його спостереженнями верба п'ятитичинкова, яка в природі росте по лісових осоково-куничникових болотах, навколо сфагнових боліт, на мокрих луках та інших перезволожених місцях у вигляді невеличкого деревця з ознаками пригніченості, після осушення території може досягти розмірів верб ламкої та білої – дерев другої, або першої величини. Він також вказує, що в зоні позитивного балансу вологи навіть такі типові представники болотних верб, як лапландська та чорнична, в умовах культури на суходолі ростуть значно краще, ніж на болоті, якщо їх позбавити конкуренції інших деревних та трав'янистих рослин.

З усього вищевказаного можна зробити висновок, що всі види верб досягають найбільших розмірів на багатих, добре зволожених і насичених повітрям ґрунтах. Те, що багато видів даного роду в природі зустрічаються тільки в перезволожених місцях, не означає, що дані умови найсприятливіші для них. Вони ростуть тут тому, що лише за цих умов вони здатні, завдяки своїм біологічним особливостям, успішно конкурувати з іншими видами рослин.

Основним способом розмноження верб у природних умовах є насіннєве розмноження, хоча більшість з них мають здатність також чудово розмножуватися і вегетативно. Як уже згадувалось, у верб щорічно відзначається рясне цвітіння, як наслідок – вони рясно та стабільно плодоносять, продукуючи величезну кількість насіння.

Лабораторна схожість свіжозібраного насіння верб становить 78,3 – 87,3%. Низька схожість насіння верби попелястої пояснюється тим, що на час збору її сережок вони були вже переспілі, і пух з насінням, в основному, уже вилетів, а насіння, що залишилося в коробочках, почало втрачати життєздатність. Повторні досліді, проведені 1990 року, показали, що зібране на початок розтріскування коробочок насіння верби попелястої має схожість 84,7%.

Дозріле насіння верб дуже швидко втрачає здатність проростати. Ілюстрацією цього можуть слугувати наведені нижче результати досліджень зміни схожості насіння, що зберігалось в сухих пробірках при кімнатній температурі в темному місці. Свіжозібране насіння верб у 1999 році певний час (12-13 днів) зберігало високу схожість, після чого вона різко знижувалась, і приблизно на 19-21 день насіння повністю втрачало життєздатність.

При попаданні на сприятливий субстрат, насіння верб дуже швидко проростає (через 10-20 годин). Якщо субстрат протягом вегетаційного періоду не пересохне, особливо в перший місяць, то до осені з насінини виростає рослина висотою 15-20, а іноді 30-40 см.

Виняток серед інших верб становить насіння верби п'ятитичинкової, яке вилітає з сережок восени, а проростає навесні, зберігаючи високу життєздатність протягом зими. О.К. Скворцов (1968) вважає, що таким чином виражається пристосування даного виду до умов місцезростання – окраїн низових боліт з буйною трав'янистою рослинністю. Коли б насіння її дозрівало, як і в інших верб – у травні-червні, то сходи загинули б серед густої трави. А так воно проростає ранньою весною і, поки починає рости трава, сіянець уже має достатні розміри для успішної конкуренції з нею.

Отже, насіння верби п'ятитичинкової здатне, на відміну від насіння інших верб, зберігати життєздатність протягом 6-7 місяців, але твердження, що воно має період спокою, є не зовсім точним.

Насіння верб, оскільки воно не має періоду спокою і дуже швидко втрачає життєздатність, висівають одразу після заготівлі. В умовах виробництва це не завжди можливо. Тому велике практичне, а також і наукове значення має розробка способів його зберігання протягом тривалого часу. К.А.Тімірязєв (1950) вказував, що для проростання насіння всіх рослин необхідна наявність води, кисню і сприятливої температури середовища.

Саме насіння містить мало води, коли ж воно потрапляє у вологе середовище, то набухає і розриває оболонку, даючи можливість розвиватися зародку. Крім того, під впливом води, в зародку і сім'ядолях проходять біохімічні процеси перетворення нерозчинних у воді пластичних речовин у розчинні і переміщення їх від сім'ядолі до зародка, де вони знову перетворюються на водонерозчинні і відкладаються у клітинах зародка.

Кисень необхідний насініні, що проростає, для дихання: вона його вбирає і виділяє вуглекислий газ. Все це проходить одночасно з процесами, описаними вище. Внаслідок дихання насінина помітно нагріваються, очевидно це також корисно для розвитку зародка.

Період проростання, за К.А. Тімірязєвим (1950), закінчується після закінчення запасу поживних речовин у сім'ядолях. Самостійне життя рослин починається тоді, коли починає проявлятися діяльність листків, а для цього вони повинні піддатися впливу сонячного світла. У насіння верб період проростання практично відсутній, поживних речовин у сім'ядолях дуже мало, проте самі сім'ядолі, при наявності води і світла, одразу починають синтезувати пластичні речовини, що використовуються як матеріал для росту зародка.

Отже, для проростання насіння верб необхідна наявність таких основних факторів: води, світла, кисню та оптимальної температури середовища. Коли ж на насіння діють тільки кілька із наведених факторів, за виключенням хоча б одного, то воно не може прорости, але в ньому відбуваються незворотні біохімічні процеси, що призводять до втрати життєздатності.

До того ж, щоб зберегти його життєздатність якнайдовше, необхідно якнайповніше нейтралізувати дію на насіння всіх чотирьох названих чинників, особливо – води, як фактора визначального. На перший погляд таке твердження може здатися парадоксальним, тим більше, що О.А. Ситникова (1950) вбачала втрату життєздатності насіння верби козячої в тому, що при сухому середовищі протоплазма клітин насіння різко зменшується і клітини гинуть від механічного розриву протоплазми.

Аналіз результатів експериментів, проведених дослідниками різних країн, свідчить, що саме зменшення вологості насіння сприяє підтриманню його життєздатності. Так, досліди японського вченого Накашімі (Крокер, 1950) показали, що насіння *Salix japonica* та *Salix Reinii* краще зберігає життєздатність в ексикаторі, де роль підсушуючої речовини виконує 50% за об'ємом розчин сірчаної кислоти. Відносна вологість повітря підтримувалася таким чином в межах 10%. У пізніших роботах Накашіма встановив, що при зберіганні насіння верб П'єро та японської (*S. Pierottii* та *S. Japonica*) в такому ж ексикаторі, але поміщеному в льодовик, після 360 днів зберігання воно мало схожість 53%, в той час, коли на відкритому повітрі схожість повністю втрачалася за один тиждень. Як бачимо, такий спосіб зберігання забезпечує практично повну відсутність вологи, позитивної температури і світла. Кисню в ексикаторі також, очевидно, була незначна кількість.

Отже, оптимальними умовами для проростання насіння верб є наявність достатньої кількості вологи та кисню, освітленість не нижче 1000 Лк та температура в межах 25-30⁰С. При відсутності хоча б однієї з цих умов насіння не зможе прорости, проте під дією решти факторів, сприятливих для проростання, воно дуже швидко втратить життєздатність, що пов'язано з незворотними біохімічними процесами, які при цьому відбуваються. Для довготривалого підтримання життєздатності насіння верб необхідно захистити його від дії всіх чотирьох факторів. Для цього насіння можна помістити, наприклад, в ексикатор, витіснивши попередньо з нього повітря вуглекислим газом, і перенести його в темне та холодне місце (до -10⁰С).

Вирощування насінневого садивного матеріалу верб не набуло у виробничих умовах значного поширення внаслідок ряду біологічних причин: швидка втрата насінням життєздатності, вибагливість проростків до зволоження ґрунту при поганому прикріпленні до нього, що викликає їх змивання під час поливу; значна світлолюбність сіянців тощо. Все це призводить до значних матеріальних витрат і перешкоджає масовому вирощуванню вербових сіянців. У той же час, насіннєве розмноження має важливе значення при проведенні селекційних робіт з метою створення нових цінних форм верб.

За Ф.А. Павленком (1958) для успішного вирощування сіянців верби ламкої на виробничих розсадниках необхідно свіжозібране і очищене від пуху насіння висіяти в борозенки шириною 4-6 см та глибиною 1,5-2,0 см, з рівним дном. Схема сівби 50х30х30х30 см. Перед сівбою дно борозенок потрібно добре зволожити. На 1 погонний метр (пог. м) доцільно висівати 0,4-0,5 г насіння і злегка замульчувати його торфом. Якщо стоїть суха і жарка погода, то посіви вкривають гілочками без листків (хмизом), але можна обійтись і без покриття. В першу декаду посіви поливають 3-4 рази на день за нормою 2-3 л/м². На 10-12 день гілочки забирають і до 30-35-денного віку поливають 1-2 рази на день. При появі бур'янів грядки прополнують та розпушують ґрунт. У 40-денному віці посіви потрібно прорідити, залишивши по 100-120 шт. сіянців на 1 пог. м. Через 15-20 днів прорідження можна повторити, залишивши по 70-80 шт./пог. м. Така густина забезпечує хороший ріст і розвиток рослин і може дати з 1 га близько 2 млн. сіянців, придатних для садіння.

За умов сівби насіння верб у відкритий ґрунт, вихід сіянців становить 60-80 шт. на 1 пог.м., а в закритому – 200-250 шт./м².

При збільшенні довжини живця у всіх видів верб підвищується збереженість живцевих саджанців і збільшуються розміри їх надземної частини, але після довжини 25-30 см спостерігається уже деяке зниження більшості показників. При цьому така залежність простежується протягом багатьох років.

Садіння надто довгих живців важче виконувати, також для їх заготівлі необхідно витратити значно більше вербового пруту, що теж вказує на доцільність використання при створенні плантацій верб живців довжиною 20-30 см. При цьому, коротші живці слід застосовувати у більш вологих умовах, а довші – у сухіших.

Простежується пряма залежність між товщиною живців і їх приживлюваністю, висотою та кількістю пагонів, що відростають від одного живця. Так, з найтовстіших живців верби прутувидної, при однаковій (100 %-ній) приживлюваності, порівняно з тоншими живцями, відростає на 15,8% більше пагонів, середня висота яких, у свою чергу, на 5,2-8,2% більша, ніж у пагонів з тонших живців. Товщі живці у верби п'ятитичинкової, порівняно з тонкими, мають на 34,9% кращу приживлюваність і на 18,7% більшу висоту. Також більшу висоту мають живцеві саджанці з товстіших живців у верб пурпурової та тритичинкової. Виняток при цьому становить верба п'ятитичинкова. У неї дещо вищі показники розмірів однорічних живцевих саджанців виявилися у варіанті з використанням тонших живців.

В цілому, отримані результати вказують на доцільність використання для створення плантацій верб живців довжиною від 20 до 30 см і товщиною у верхньому зрізі – від 4 до 15 мм.

За вирощування деревоподібних верб у перезволожених лісорослинних умовах, де для проведення лісокультурних робіт неможливо застосувати техніку, а площа швидко заростає небажаною рослинністю, у якості садивного матеріалу використовують кілки – живці, що значно більші за розмірами від вищеописаних. Як правило, їх довжина становить 1,0-1,5 м, а товщина у верхньому зрізі – 2-5 см.

Садивний матеріал – кілки довжиною 60 і 100 см, товщиною у верхньому зрізі від 1,5 до 4 см (середній діаметр довгих – $2,5 \pm 0,05$ см, а коротких – $2,4 \pm 0,07$ см), були заготовлені 18 квітня 2000 року в кварталі 53 цього ж лісництва у 4-річному насіннєвому вербовому насадженні природного походження (самосів на місці колишнього ставка) і одразу висаджені у ґрунт. Обробіток ґрунту під садіння не проводився. Кілки було посаджено під меч Колесо́ва на глибину 30 см. Схема розміщення садивних місць – $3,0 \times 1,0$ м.

Як видно з наведених даних, в умовах густої трав'янистої рослинності і рясної порослі деревних і чагарникових порід (вільха, крушина, бруслина тощо) у перший рік багато живців не прижилося – 21,6% довгих і 40,4% коротких.

Вища приживлюваність кілків у варіанті з довжиною 100 см пояснюється значно вищою надземною частиною цих кілків (70 см), порівняно з кілками довжиною 60 см (тут вона складає лише 30 см).

Оскільки пагони від кілків вирости з верхньої їх частини: у середньому – на висоті 58,9 см на довгих і 29,4 см на коротких (явище «поляризації» живця), ті з них, що відростали від довших кілків менш потерпали від конкуренції з іншими рослинами за світло. Також у варіанті з довшим садивним матеріалом на 17,7% була більшою середня висота рослин.

Важливо відзначити, що приріст за рік (без врахування висоти, з якої відрости пагони) виявився значно більшим у коротших кілків (на 26,9%). Це явище можна пояснити тим, що у 60-сантиметрових живців надземна і підземна частина приблизно однакові за розмірами, що сприяє кращому забезпеченню всього живця вологою і, відповідно, інтенсивнішому росту пагонів. Велика ж надземна частина довших кілків спричиняє більше обезводнення живцевих рослин і негативно впливає на їх ріст.

Можна зробити висновок про доцільність вирощування культур деревоподібних верб на перезволожених і забур'янених ділянках з використанням живців (кілків). Без проведення освітлення в цих умовах краще ростуть дерева з довгих кілків (1,0-1,5 м). При ретельному проведенні освітлень, починаючи з першого року вирощування, доцільніше використовувати короткі кілки (0,5-0,7 м), що дозволить зекономити до 40-50% садивного матеріалу.

Бажано утримуватися від використання клонів верби ламкої з підвищеною ламкістю пагонів, тому що це часто призводить до обламування верхівок дерев.

Таблиця 1.5

Вплив просторової орієнтації в ґрунті живців верби пурпурової на їх укорінення та ріст після першого року вирощування

Варіант садіння живців	Ступінь укорінення, %	Середня висота кущів, см		Діаметр кореневої шийки, мм
		М	м	
Горизонтально на глибину 3 см	53,5	12,3	0,4	$2,6 \pm 0,4$
Під кутом 45° на всю довжину	67,5	15,0	0,5	$3,8 \pm 0,4$
Вертикально на всю довжину	80,0	16,0	0,5	$4,5 \pm 0,5$

Це частково пов'язано з вертикальною орієнтацією всіх процесів, що відбуваються в рослинах. Зовнішньо це проявляється в тому, що пагони ростуть вертикально вгору, а корені – вниз, відхилення ж, які ми бачимо в природі – ріст пагонів та коренів у горизонтальному напрямку – пов'язані з конкуренцією за світло і поживні речовини. За значного відхилення рослини від вертикалі, фізіологічні процеси, що протікають в ній, дуже гальмуються. При садінні живця верхнім кінцем вниз, можливе повне його відмирання.

За садіння живців під кутом або горизонтально, коренева система формується тільки з нижнього боку живця і через те розвивається тільки половина кореневих зачатків. При вертикальному ж розміщенні живця корені розвиваються з усіх кореневих зачатків, і тому коренева система є більш розгалуженою, що сприяє кращому приживанню і росту пагонів. Головною ж причиною кращого укорінення і росту вертикально посаджених живців, як і у випадку з тонкими довгими живцями, є їх краще забезпечення вологою (табл. 1.5).

Живці, взяті з верхівки, мають найменшу товщину, а отже і менші об'єм, площу поверхні й запас поживних речовин. Крім того, саме на верхівці пагонів містяться генеративні бруньки, які розвиваючись забирають із живця значну частину пластичних речовин, яких в ньому і так недостатньо.

Найменш чітко просліджується різниця приживання й росту живців з верхівки та нижньої частини пагонів верби тритичинкової. Причина тут, очевидно, в тому, що верхівкова частина прута верби тритичинкової значно товща, ніж у інших видів, використаних у цих експериментах, і у живцях, нарізаних з неї, є достатньо великий запас поживних речовин.

Різниця приживання й росту живців з середньої та нижньої частин пагона статистично вірогідно не проявляється. Живці, взяті з середини середньої та верхівкової частин пагона, у цьому досліді практично не відрізняються між собою за ступенем укорінення та висотою.

Отже верхівкову частину пагона (приблизно 1/6 частину довжини) не бажано використовувати для заготівлі живців. Хоча при дефіциті садивного матеріалу, а також при достатньо товстій верхівці прута, можна нарізати живці і з верхівки. Бажано тільки, якщо це можливо, видалити з таких живців генеративні бруньки, або робити їх якомога довшими.

Кореневі системи рослин, що утворилися з укорінених живців, спочатку розвивають один стрижневий корінь, що росте вертикально вниз. При цьому він, як правило, відростає саме з нижньої частини живця, незалежно від його довжини і орієнтації в ґрунті. В даному випадку чітко проявляється явище поляризації живця. У наступні роки активно розростаються також бокові корені, і коренева система формується в залежності від характеру ґрунту і підґрунтя, а також – від глибини залягання ґрунтових вод. При значній глибині їх залягання чагарникові верби формують добре розгалужену потужну кореневу систему, яка дозволяє їм витримувати посушливі кліматичні умови. Коріння верб досягає водоносних горизонтів дуже швидко, вже на 2-3 рік після садіння.

Мала кількість горизонтальних і вертикальних коренів пояснюється практично повною відсутністю гумусового горизонту. В умовах свіжого субору

(ділянка 2), де гумусовий горизонт має товщину 25 см, значна маса коренів знаходиться саме в ньому, але і в цих кореневих системах є чітко виражені стрижневі корені, що ростуть вертикально вниз.

Оскільки на першому році вирощування важливо, щоб живці прижилися, то висока концентрація азоту в ґрунті небажана. На основі цих досліджень можна зробити висновок, що на першому році вирощування верб вносити мінеральні добрива недоцільно. На бідних ґрунтах перед садінням потрібно внести необхідну кількість торфу і гною. На середніх суглинках оптимальна кількість внесення торфу – 150 т/га, гною – 25-40 т/га в залежності від нестачі поживних речовин у ґрунті (Правдин, 1952). Надалі внесення добрив проводять одночасно з доглядом за ґрунтом.

За зрізання прута протягом кількох років, з пеньків, що залишаються, формується так звана «булава». З часом вона починає загнивати, що негативно впливає на кількість та якість прута, тому приблизно через 7-10 років від початку експлуатації плантації булавки зрізують. Така операція стимулює появу зі сплячих бруньок нових високопродуктивних пагонів, тому вона отримала назву «омолодження».

Як і більшість рослин, верби краще ростуть на багатих, добре дренованих ґрунтах, тут вони продукують більше деревної маси. Оптимальними для отримання великої кількості деревної маси верб є умови, що сформувались у середній частині заплав річок. Результати хімічного аналізу ґрунту на одній з таких ділянок, яка розташована в заплаві річки Тетерів, показали, що у їх ґрунті міститься наступна кількість гумусу і основних макроелементів:

- у верхньому 30-сантиметровому шарі: гумус – 4,31%, P_2O_5 – 6,7 мг/100 г, K_2O – 6,5 мг, азот лужногідролізований – 20,8 мг/100 г;

- на глибині 30-60 см: гумус – 2,16%, P_2O_5 – 18,0 мг/100 г, K_2O – 2,0 мг/100 г, азот – 4,2 мг/100 г.

Зважаючи на те, що в цих умовах відзначається інтенсивний ріст вербових плантацій, такий хімічний склад ґрунту можна вважати оптимальним для вирощування на ньому енергетичних плантацій і в поза заплавної умови.

Також слід відзначити, що важливим є проведення аналізу ґрунту не лише верхнього горизонту, а і на глибину 30-60 см, так як рослини верби формують глибоку кореневу систему і здатні добре розвиватись при умові залягання ґрунтової породи на глибині не менше 40 см та при заляганні ґрунтових вод на глибині 0,5-2,0 м.

Аналізуючи результати ґрунтових досліджень, можна зробити висновок, що в зв'язку з горбистим рельєфом ґрунтоутворюючі процеси проходили нерівномірно, з чим пов'язані значна різниця в потужності гумусового горизонту та нерівномірний розподіл елементів живлення. Спостерігається вихід породи (глина) на глибину до 20 см, що є негативним для росту рослин та розвитку їх корневих систем, так як розвиток центральної кореневої системи з нижньої частини живців затруднений, а бічне коріння не має достатнього запасу вологи в посушливі періоди вегетації. В цих місцях спостерігається значне зниження таксаційних показників рослин та значно знижується відсоток їх укорінення.

Під час огляду насаджень були помічені незначні порушення технології садіння садивного матеріалу, такі як: садіння з порушенням орієнтації живців та недотримання строку садіння. На ділянці спостерігається висока забур'яненість, що є результатом садіння без проведення парової системи підготовки ґрунту.

Серед шкідників значне поширення мають травневий хрущ та вербовий шовкопряд листовійка. Спостерігається також пожовтіння та підсихання листових пластинок, що може бути результатом дії хімічних препаратів, та поодинокі ураження попелицею. Серед листогризух комах на дослідній ділянці спостерігається пошкодження вербовим шовкопрядом листовійкою та попелицею. Рослини, які зростають у більш бідних умовах є ослабленими і більшою мірою пошкоджуються шкідниками, що вказує на необхідність ретельного підходу до вибору площ майбутніх плантацій.

Рослини верби формують глибоку кореневу систему, тому під час підбору полів слід звертати увагу на товщину гумусового горизонту та робити аналіз зразків ґрунту, не лише з верхнього шару, а й з глибини 30-60 см.

Для вирощування високопродуктивних насаджень важливим є утримання полів у чистому від бур'янів стані, тому підготовку ґрунту слід проводити за системою чорного пару з використанням гербіцидів системної дії.

Для створення плантацій слід використовувати різні клони верби, які є найбільш продуктивними в умовах даної площі, у кількості не меншій п'яти. До того ж, на полях, відведених для створення плантацій верби слід проводити обстеження ґрунту на щільність заселення личинками коренегризух шкідників, та в разі перевищення допустимих норм їх кількості на одиницю площі – проводити заходи боротьби з ними.

Для регулювання росту рослин на площах з нерівномірним розподілом елементів живлення доцільно використовувати системи диференційованого внесення добрив на основі картографування полів та миттєвого аналізу стану листових пластинок. Загалом, для створення плантацій з високою продуктивністю слід володіти показниками біологічної особливості енергетичної верби та вимогами до ґрунтово-кліматичних умов (табл. 1.6).

Таблиця 1.6

Біологічні особливості енергетичної верби

№ з/п	Абіотичні фактори та біологічні особливості	Показники
1	2	3
1	Тепло: - мінімальна температура проростання живців, °C - температура, що спричиняє пошкодження сходів, °C - оптимальна температура росту і розвитку, °C - сума активних температур за вегетаційний період (вище +5°C), °C - середня тривалість періоду цвітіння верби, діб	0...+5 -5...-6 від 6 1900-3500 56,6
2	Волога: - оптимальна вологість ґрунту, % - транспіраційний коефіцієнт - коефіцієнт водоспоживання мм/(га, ц)	70 397 80-110

1	2	3
3	На утворення 10 тонн свіжозрізаної верби з ґрунту виноситься, кг	
	NO ₃	50
	P ₂ O ₅	15
	K ₂ O	30
	CaO	40
4	Рівень залягання ґрунтових вод, м	0,5 – 2,0
5	Середня річна кількість опадів, мм	600-700
6	Вимоги до реакції ґрунтового розчину	5,5-7,0
7	Відношення до світла (довжина дня)	Довгого дня
8	Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,0-1,2 – на чорноземах; 1,2-1,3 – на сірих лісових
9	Індекс листкової поверхні	3,0-5,0
	Оптимальна площа листкової поверхні на 1 га, тис. м ²	30-50
10	Тип кореневої системи	Мичкуватий
11	Заглиблення коренів у ґрунт (перший рік), см	30-60
	Горизонтальне розростання кореневої системи, см	До 60
12	Використання ФАР, %	1,5-4,0
13	Тривалість вегетаційного періоду, днів	200
14	Вміст гумусу в ґрунті (шар 0-20 см)	2,1-3,0%
15	Рівень рухомого азоту в ґрунті має бути	150-200 мг/кг за Корнфільдом
16	Вміст фосфору в ґрунті	50-100 мг/кг за Кірсановим
17	Вміст калію в ґрунті	80-120 мг/кг за Кірсановим

Регіон вирощування енергетичної верби компанією Салікс Енерджі відноситься до західного Лісостепу. Південно-західна межа Лісостепу проходить через Добромил, Снятин, Чернівці, потім по кордону з Молдовою до Дубосар, звідти південна межа проходить через Олександрію, Калі берду, північніше Червонограда і Чугуєв. Межа між західним та правобережним лісостепом проходить біля Могилів-Подільська, Тульчина, Гайсина, Вінниці, Бердичева. Північна межа західного Лісостепу проходить по лінії Луцьк, Рівне, Житомир, Київ, Ніжин, Глухів.



Рис. 1.3. Плантація енергетичної верби (Салікс Енерджі, 2013 р.)

У цілому Лісостеп є перехідним типом ландшафту, в якому поєднані степові та лісові ділянки. Для Лісостепу характерними ознаками є наявність на вододілах масивів або гаїв серед степових ділянок, значна кількість опадів при сильному випаровуванні вологи з ґрунту, непостійне зволоження ґрунту, широке розповсюдження змішаної флори та фауни. Вся територія зони розділена неглибокими балками і долинами річок. Опадів випадає стільки, скільки випаровується. Тривалість вегетаційного періоду зменшується з 207 днів в західному Лісостепу до 200 днів у лівобережному.

В західному Лісостепу розповсюджені сірі та темно-сірі лісові суглинки в комплексі з опідзоленими малопотужними чорноземами. Середня річна кількість опадів становить 580 мм. В окремі роки їх кількість збільшується до 1000 мм, або зменшується до 300 мм. Відносна вологість повітря в теплий період коливається в межах 77 (березень) – 49 (липень). Середня річна температура $+7,5^{\circ}\text{C}$, найхолоднішого місяця (січень) – 4°C , найтеплішого (липень) – 19°C . Влітку температура підіймається до 38°C , взимку знижується до -35°C .

Аналізуючи вищенаведені дані, можна зробити висновок, що середня річна кількість опадів за 5-річний період становила 702 мм, середня річна температура повітря становила $8,6^{\circ}\text{C}$, що є сприятливим для вирощування енергетичної верби. Також слід відмітити, що абсолютний мінімум температури повітря у квітні може становити $-4,7^{\circ}\text{C}$, у травні опускається до $-3,5$, що може спричиняти пошкодження рослин заморозками.

Регіон дослідження є сприятливим для вирощування плантацій верби з огляду достатньої кількості опадів та середньорічної температури (оптимальні показники для верби: кількість опадів – 600 мм, середньорічна температура $-+6^{\circ}\text{C}$).

Для зменшення ризику втрати продуктивності під час ранньовесняних та пізньоосінніх заморозків слід створювати поліклональні насадження з використанням не менше 5 різних сортів верби, що дасть змогу компенсувати втрату продуктивності плантацій за рахунок сортів більш стійких до заморозків при змішаному їх садінні.

Інтенсивність приростів сортів верби у значній мірі залежить від погодних умов, зокрема кількості опадів. Спостерігається стійка тенденція до посилення інтенсивності росту після випадання опадів та зменшення його у посушливий період. Це вказує на високу вибагливість верби до умов зволоження та необхідність приділення цьому чиннику першочергової уваги під час вибору полів для створення плантацій.

У більшості сортів верби приріст за висотою спадає у другій декаді вересня і становить 0,2-0,5% на тиждень. Сорт 1047 зберігає приріст на рівні 3,5-2,2% в тиждень протягом вересня. У сорту Tora спостерігається від'ємний приріст з другої декади вересня, що пов'язано із зменшенням розмірів рослин після завершення вегетації за рахунок втрати вологи.

Терміни завершення вегетаційного періоду не є постійними і залежать від конкретних погодних умов та відрізняються у різних сортів, що може враховуватись при їх визначенні, так як послідовність настання фенофаз зберігається. Раніше вегетаційний період завершують клони шведської селекції – Tora, Inger (12 XI), а Tordis та польські сорти 1057, 1047 завершують вегетацію пізніше – з 15 по 18 листопада. Останнім листя скидає сорт 082 (20 XI).

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що сорти шведської селекції на 2-річній плантації у всіх випадках переважають по продуктивності польські сорти, наприклад між 1047 і Tordis різниця у прирості становить 38,8%, Tordis і 1057 – 62%, Tora і 1047 – 30,4%, Inger і 1057 – 85%. Серед шведських сортів найпродуктивнішим є Tora (переважає Tordis на 32,5%), далі йде Inger (переважає Tordis на 2 – 93,2%, особливо різниця відчутна в бідних ґрунтових умовах), третє місце посідає Tordis. А серед польських сортів у більшості випадків сорти 1057 та 1047 переважають 082 за продуктивністю на 13,6-78,4%.

Також слід відмітити, що в умовах дослідної ділянки за рахунок високої строкатості ґрунтових умов спостерігається велика різниця і продуктивності сортів у різних частинах ділянки. Наприклад, сорт 1057 у нижній та верхній частині ділянки мав різницю у продуктивності 85,8%.

Для досягнення високої стійкості та продуктивності плантацій українські та закордонні спеціалісти рекомендують використовувати не менше 3-5 різних сортів рослин. Визначення найбільш продуктивних сортів проводять шляхом створення випробувань плантацій (невеликих за площею насаджень з використанням різних сортів) на різних типах земель.



Рис. 1.4. Енергетична верба перший місяць вегетації (*травень 2015 р.*)

Приживлюваність є одним з основних факторів, що впливає на продуктивність плантацій верби протягом періоду її експлуатації. Приживлюваність має становити не менше 85%. За приживлюваності від 25 до 84% необхідно проводити додаткове насадження, а за приживлюваності менше 25% - реконструкцію насаджень.

Аналізуючи наведені вище рисунки, можна зробити висновок, що продуктивність 2-річних плантацій верби знаходиться в прямолінійній залежності від приживлюваності та при значеннях приживлюваності від 70 до 100% може виражатися залежністю:

$$y = 0,108x - 7,400$$

Тобто за збільшення приживлюваності від 70 до 100% продуктивність плантацій зростає від 0,16 до 3,4 т/га – на кожен відсоток приживлюваності припадає 0,11 т маси. Проте добрі показники приживлюваності не можна вважати гарантією високої продуктивності плантацій, так як вона буде значною мірою залежати від якості доглядів у перші роки.

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що надмірний вміст фосфору негативно впливає на продуктивність плантацій верби. При цьому, продуктивність плантацій зростає зі збільшенням вмісту фосфору від 10 до 20 мг/100 г ґрунту. Подібну залежність спостерігали і за 1-річного приросту.

Отже, надмірний вміст фосфору негативно впливає на продуктивність плантацій верби, оптимальний вміст фосфору становить 10-20 мг/100 г ґрунту (за Кірсановим). Слід відмітити, що високу продуктивність було отримано як на ділянках з середнім вмістом рухомого фосфору в ґрунті – 10 мг/100 г ґрунту (Д №8 Самоволя), так і за високого вмісту – 18,5 мг/100 г (Д №3 Дослідна).

Аналізуючи отримані дані, за вмістом калію в ґрунті, можна зробити висновок, що надмірний вміст калію також негативно впливає на продуктивність плантацій верби. Слід відмітити, що на полі № 10 з високим вмістом калію спостерігається також високий вміст фосфору та низький вміст азоту, який швидше за все виступає лімітуючим фактором.

З наведених даних можна зробити висновок, що плантації верби мають добрий ріст на слабо кислих (рН 5,1-5,5), близьких до нейтральних, та навіть сильно кислих (Д8 – рН 4,15) ґрунтах. Гірший ріст спостерігається на нейтральних ґрунтах (рН 6,1-7).

На однорічних плантаціях добрий ріст рослин спостерігається в більш ширшому діапазоні – реакція ґрунтового розчину від слабо кислої (5,17) до нейтральної (6,6).

Отже, реакція ґрунтового розчину сама по собі не є показником потенційної продуктивності ґрунту, критичні її показники – дуже сильно кислі (менше 4,1) та близькі до нейтральних – дуже сильно лужні (7,1 і більше) можуть сигналізувати про непридатність ґрунту для вирощування верби.

Отже, для отримання високої продуктивності плантацій в перші роки вирощування вирішальними факторами є забезпеченість вологою, якість підготовки ґрунту, терміни садіння та якість доглядів. Це також підтверджують результати росту на 1-річних плантаціях.

Ґрунти з більш потужним ґрунтовым профілем мають більший запас поживних речовин, особливо азоту та гумусу, кращу структуру, водопроникність та аерацію, що створює сприятливі умови для росту рослин.

Аналізуючи вищенаведені дані, можна зробити висновок, що кращий ріст, як і в попередніх дослідях, спостерігається на ґрунтах з потужним родючим горизонтом та з порівняно високим вмістом у ньому азоту (більше 5 мг/100 г) та гумусу (0,75%). При цьому спостерігається залежність між потужністю родючого горизонту та висотою рослин. Це зв'язано з тим, що рослини на родючих ґрунтах мають змогу використовувати поживні речовини з більш глибоких горизонтів.

Як видно з наведених даних добрий ріст рослин спостерігається за реакції ґрунтового розчину з рН 4,2 – 7,0, при значеннях рН більше 7 на карбонатних ґрунтах ріст рослин може погіршуватись.

Вміст гумусу не завжди може бути показником потенційної продуктивності плантацій. Так, розглянувши ґрунти 1, 2, 5 з високим вмістом гумусу, можна зробити висновок, що продуктивність рослин не була реалізована через: 1- закис заліза, 2- глинисті ґрунти з дуже високою щільністю, 5- глинисті погано структуровані ґрунти, 6- торфові ґрунти (останні позбавлені калію і мікродобрив).

Отже, вміст гумусу у ґрунті впливає на продуктивність плантацій верби на легкосуглинистих добре структурованих ґрунтах. Для забезпечення висоти рослин 2 м після першого року вирощування вміст гумусу в ґрунті має бути не меншим 1%. Встановлено, що ріст рослин за висотою залежить від вмісту азоту у ґрунті. Для отримання висоти рослин до 2 м після першого року вирощування рівень азоту в ґрунті повинен мати високу забезпеченість.

Для аналізу вмісту фосфору в ґрунті також були відкинуті точки 1, 2, 5, 6. З отриманих даних можна зробити висновок, що вміст фосфору в ґрунті значно впливає на ріст рослин у висоту. Для забезпечення висоти рослин 2 м після першого року вирощування вміст фосфору має бути на рівні 8-12 мг/100 г ґрунту.

Отже, як видно з наведених даних, високі показники вмісту елементів живлення в ґрунті не завжди можуть забезпечити добрий ріст рослин. Важливим є баланс поживних елементів та фізико-механічні властивості ґрунтів (щільність, структурність), забезпеченість вологою та якість проведених доглядів. Так, пп. №1 за високих запасів азоту та калію має недостатню кількість фосфору, малопотужний родючий ґрунтовий профіль, який обмежується ортштейновим горизонтом (водонепроникний горизонт закису заліза). Пп №2 за високих показників азоту, фосфору та достатніх калію, не реалізували потенційну продуктивність через високу щільність та важкий (глинистий) механічний склад. На таких ґрунтах варто проводити глибоку оранку та поглиблення орного шару. Пп №5 за відносно кращої забезпеченості елементами живлення має важкий механічний склад та погану структуру ґрунту, що перешкоджає аерації (диханню кореневої системи). Пп №6 за високого вмісту азоту та калію, спостерігається низький вміст фосфору, що в даному випадку є обмежуючим фактором. За однакового вмісту елементів живлення (пп. 7, 13) кращий ріст спостерігали на ділянці з потужнішим гумусовим горизонтом, так як запас елементів живлення в ньому більший.

В цілому, добрий ріст рослин спостерігали на середніх (гумусовий горизонт 40-80 см), потужних (гумусовий горизонт 80-120 см) багатих елементами живлення, добре структурованих, супіщаних, легко та середньо суглинистих ґрунтах з достатнім забезпеченням вологою.

Основна частка приросту насаджень верби припадає на першу половину вегетаційного періоду (травень-червень) і станом на першу декаду липня становить 75-87%. Це слід враховувати під час проведення підживлень плантацій, особливо малостійкими азотними добривами, приурочуючи ці операції до періоду найбільш інтенсивного росту. При цьому, інтенсивність росту верби у значній мірі залежить від погодних умов і може збільшуватись більш ніж у двічі після регулярного випадання опадів.

Для забезпечення росту рослин верби за висотою до 2 м після першого року вирощування вміст азоту у верхньому шарі ґрунту (0-20 см) має становити не менше 5-7 мг/100 г ґрунту за Корнфілдом. Збільшення його вмісту до 10-15 мг/100 г ґрунту суттєво підвищує продуктивність насаджень.

Для забезпечення росту рослин верби за висотою до 2 м після першого року вирощування вміст калію у верхньому шарі ґрунту (0-20 см) має становити не менше 6-8 мг/100 г, що відповідає середньому вмісту за Чириковим. Збільшення вмісту калію до 12-15 мг/100 г ґрунту позитивно впливає на продуктивність плантацій верби. До того ж, при створенні плантацій верби слід відбирати ґрунти з реакцією ґрунтового розчину від середньоокислої до нейтральної (рН 4,6-7,0), а для забезпечення висоти рослин до 2 м після

першого року вирощування вміст гумусу у верхньому шарі ґрунту (0-20 см) має бути не меншим 1%.

Кращі результати росту були отримані на полях, посаджених живців восени (поля 18, 11Б, 19, 21), їх продуктивність вища майже в 3 рази порівняно з полями, де живці садили навесні. Поля 10 та 11а 2011 р., де посадки створені в останню чергу (23-25 травня), характеризуються найнижчою врожайністю.

На ґрунтах з малопотужним родючим профілем (менше 40 см) в горизонті 30-60 см спостерігається різке зниження вмісту азоту (до 2-2,5 мг/100 г) та гумусу (до 0,25-0,5%), так як підстилаючі ґрунтові породи бідні на ці речовини. Коренева система рослин не може розвиватись на таких ґрунтах за пересихання верхнього, більш родючого шару.

Ґрунти з середнім (40-80 см) та потужним (80-120) родючим профілем мають більший запас поживних речовин, у порівнянні з ґрунтами малопотужним родючим шаром (до 40 см), їх вміст у шарі 30-60 см становить: азоту – більше 4,3-5 мг/100 г, гумусу – 0,75-1%. Подібні ґрунти більш придатні для створення плантацій верби.

Крім високого вмісту елементів живлення в ґрунті, важливим є їх баланс та фізико-механічні властивості ґрунтів (щільність, механічний склад, структурність, аерація, забезпеченість вологою) та якість проведення доглядів.

Найважливішими заходами зі створення високопродуктивних енергетичних плантацій є: вибір місця під плантацію, ретельний обробіток ґрунту, вибір оптимального для рослинних умов виду (клону) верби, виду садивного матеріалу, сезон і спосіб садіння, догляд за ґрунтом, внесення добрив, захист рослин від шкідників і хвороб, способи і терміни зрізання деревної маси.

Як видно з наведених даних, кращі результати отримано на полях з використанням оранки, найгірші – з проведенням лише дискування та культивування. Кращий ефект від застосування оранки зумовлений в першу чергу тим, що за рахунок перевертання скиби забезпечується краще знищення бур'янів у порівнянні із застосуванням чизелювання та дискування.

Застосування міжрядного механічного обробітку ґрунту після використання хімічного догляду дозволяє отримати додаткове збільшення приросту кущів на 29%, бічних пагонів на 15,6% та збільшує кількість бічних пагонів на 20%.

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що застосування хімічних та механічних доглядів дозволяє збільшити приріст за висотою кущів на 75%, приріст бічних пагонів – на 47% у порівнянні з варіантом без застосування доглядів. Для досягнення позитивних результатів росту в перший рік вирощування верби слід рекомендувати 3-5 доглядів, та 2-3 після технічного зрізання, залежно від стану забур'яненості полів.

Кращим методом підготовки ґрунту для створення плантацій верби є оранка, так як забезпечує покращення фізико-механічних властивостей ґрунту та найбільш ефективно знищує бур'яни. Підготовка ґрунту цим методом забезпечила більшу продуктивність у 3 і більше разів у порівнянні з варіантами підготовки ґрунту чизелюванням та дискуванням.

Під час проведення доглядів за плантаціями верби в перші роки вирощування ефективним є суцільне внесення гербіциду Пантера у дозі 2 л на га через тиждень після садіння рослин, збільшує висоту кущів на 46,4%, висоту бічних пагонів – на 32% та зменшує кількість бічних пагонів на 26%.

Застосування міжрядного механічного обробітку ґрунту після використання хімічного догляду дозволяє отримати додаткове збільшення приросту кущів за висотою на 29%, бічних пагонів – на 15,6% та збільшує кількість бічних пагонів на 20% за рахунок пошкодження кущів культиватором, що стимулює ріст додаткових пагонів зі сплячих бруньок.

На землях, що тривалий час не оброблялись, для якісної підготовки ґрунту слід використовувати глибоку оранку, що забезпечить максимальне знищення бур'янів та розпушення ґрунту.

Підживлення рослин мікроелементами слід проводити з розрахунку їх кількості, яка буде засвоєна рослинами з ґрунту. Для забезпечення більш раціонального використання добрив слід застосовувати системи диференційованого внесення добрив на основі картографування полів та миттєвого аналізу стану листкових пластинок.

Під час відбору полів слід віддавати перевагу ділянкам з вологими умовами та неглибоким заляганням ґрунтових вод (0,5-2,0 м). На ділянках з глибоким заляганням ґрунтових вод слід віддавати перевагу ґрунтам глинистого та суглинистого механічного складу, які краще затримують вологу опадів.

1.8. Характеристика верб

Рід верба (*Salix* L.) разом з родами тополя (*Populus* L.) і чозенія (*Chosenia* Nakai), складають родину вербові (*Salicaceae* Mirbel). За своїми морфологічними ознаками: спрощена будова квітки, наявність суцвіття у формі сережки (колоса), дводомність та інші особливості ця родина значно відрізняється від інших родин класу дводольних, що дало підставу для виділення її в окремий порядок – вербоцвіті (*Salicales* Lindley).

Загальна характеристика верб.

Рід верба об'єднує дерев'янисті дводомні рослини найрізноманітніших форм і розмірів: від дрібненьких чагарничків із зануреними в субстрат стовбурцями, довжиною всього кілька сантиметрів і товщиною менше 1 см (полярні та альпійські верби) до могутніх дерев, висотою до 30 м та діаметром 1–3 м (верба біла). Переважна ж більшість представників даного роду – чагарники. Нерідко деякі види формують так звану деревно-чагарникову форму, коли їхні особини в однакових умовах можуть рости у вигляді куща і дерева (верби козяча, п'ятитичинкова, гостролиста тритичинкова та ін.).

У деяких видів суцвіття злегка пониклі, особливо під кінець цвітіння (верби тритичинкова, п'ятитичинкова). Сережка одностатева, може завершувати невеликий пагін поточного року (у арктичних і альпійських видів), або розміщуватися на минулорічному пагоні. Квітки сидять у пазухах приквіткових лусок, без оцвітини, замість якої є 1–3 нектарники, що у окремих

видів зливаються в залозистий диск. Чоловічі квітки мають від 2 до 12 тичинок (у більшості видів – 2), жіночі – одну маточку. Пилок верб липкий, запилення відбувається за допомогою комах. Деякі автори вважають, що окремі арктичні види верб, через недостатню кількість комах, пристосувалися до запилення вітром [11].

У квітках та суцвіттях верб досить часто спостерігаються відхилення від одностатевості – від однодомності до двостатевості, а також різного типу аномалії [3,20,21].

Листки і бруньки верб розміщені на пагоні, як правило, чергово (спірально). В літературі часто згадується, що супротивне (попарно зближене) їх розміщення характерне тільки для верби пурпурової. Ми спостерігали супротивні генеративні бруньки також у верб вушкатої, розмаринолистої і, особливо часто – у козячої. У верби прутovidної іноді спостерігаються потрійно зближені вегетативні бруньки.

Наявність у представників роду *Salix* L. великої кількості форм і гібридів у значній мірі визначаються характерним для цього роду явищем поліплоїдії. Число хромосом у верб коливається від $2n = 38$ до $10n = 190$ [20].



Рис. 1.5. Вид плантації енергетичної верби на Ялтушківській ДСС



Рис. 1.6. Енергетична верба роду *Salix* L Ялтушківська дослідна станція ІБКіЦБ НААН 2014 р.

За відношенням до аерації ґрунту О.К. Скворцов [15]. розділяє всі види верб на дві групи: алювіальні та неалювіальні. Перші потребують добре дренованого субстрату та проточного зволоження і заселяють наноси в заплавах річок та струмків. Види другої групи – невибагливі до аерації ґрунту, пристосовані до надмірного застійного зволоження і, в більшості випадків, зустрічаються поза заплавою.

Основним способом розмноження верб у природних умовах є насіннєве розмноження. Вони щорічно рясно цвітуть і плодоносять, продукуючи величезну кількість насіння. Так, середні за розмірами кущі найпоширеніших в Україні чагарникових видів верб: гостролистої, попелястої та тритичинкової утворюють відповідно 2,3–3,1, 2,0–3,6 і 3,2–5,8 млн. насінин. Насіння верб дуже дрібне. Довжина його у більшості видів знаходиться у межах від 0,8 до 1,8 мм, ширина - від 0,4 до 0,7 мм, а маса 1000 насінин – від 0,09 до 0,25 г.

При дозріванні та розтріскуванні коробочок, насіння, за допомогою пучка волосинок, що прикріплені до нього, розлітається від материнського куща. Підхоплене вітром, або течією річки, воно розноситься від нього на значну відстань.

Уже до кінця першого вегетаційного періоду з насіння, яке попало у сприятливі для проростання умови, виростають значних розмірів рослини.

Характерною ознакою практично всіх верб є здатність легко розмножуватися вегетативним шляхом, але кореневих паростків, що так характерні для тополь, верби не дають. Єдиний виняток з цього правила – північноамериканська верба довголиста.

Даний рід поділяють на три підроди: верба (*Salix*), хаметія (*Chamaetia*) і ветрікс (*Vetrix*). До підроду верба відносяться дерева та великі кущі з

рівномірно-пильчастими, загостреними плоскими листками, жилки яких не виступають над поверхнею. Приквіткові луски сережок незабарвлені, тичинок часто більше двох, нитки їх опушені. Всі види даного підроду в свою чергу розділені на 8 секцій. В Україні зустрічаються 4 автохтонних види трьох секцій.

Підрид хаметія об'єднує головним чином альпійські та арктичні види – низькорослі та сланкі чагарнички. У них сережка з'являється на уже сформованому цьогорічному нагоні, тому цвітіння відбувається відносно пізно, а насіння встигає дозріти лише в кінці вегетаційного періоду. Підрид поділяється на п'ять секцій. З них в Україні зустрічаються 4. Представлені вони п'ятьма видами.

До підроду ветрікс відносяться чагарники та дерева помірної лісової зони, вологих місць степів, напівпустель та пустель, а також, частково – субальп та лісотундри. Крім більших, порівняно з підродом хаметія розмірів, видам цієї групи властива помітна різниця між вегетативними та генеративними бруньками, відсутність або слабкий розвиток листків на генеративних пагонах і темне забарвлення приквіткових лусок. Підрид ветрікс, за кількістю видів та секцій, значно більший за попередні. Всього відомо 18 секцій даного підроду, з них в Україні – 10, при кількості видів – 17 [2,13,15,16,17].

Для створення енергетичних плантацій придатні види підродів верба і ветрікс.

Морфологія, поширення та використання верб, придатних для вирощування на енергетичних плантаціях

Верба біла (*S. alba* L.). Народні назви (тут і далі – за Г.К. Смиком [19]): біловерба, білоталь, верба срібна, ветла, ветловник, вітла, вітла біла, заверба, завербник, лоза біла, ракита, чернолоза – дерево першої величини, що досягає у висоту 30 м з широкою округлою кроною. Кора старих дерев темно-сіра, тріщинувата. Пагони різного забарвлення: бурі, зеленуваті, червонуваті, яєчно-жовті, червонувато-жовті, гнучкі, голі, молоді – на верхівці пухнасті. Бруньки притиснуті до пагона, гострі, шовковисті. Листя шириною 1–3 см і довжиною 5–15 см, лінійно-ланцетне, ланцетне, часто витягнуте в довге вістря, краї дрібнопилчасті, з обох боків сріблясто-шовковисті або зверху голі, знизу слабо опушені, молоді – майже завжди сріблясто-волосисті. Черешки із залозками (у великих листків). Прилистки вузькі, залозисті, шовковисті. Сережки 3–6 см завдовжки. Зав'язь гола. Тичинок 2, вільних, знизу опушених. Цвіте одночасно з розпусканням листя, в Україні, в залежності від регіону, – з кінця березня по початок травня (рис. 1.7.).

Зростає по берегах і заплавах річок, уздовж проток, у місцях періодичного затоплення. В культурі – по каналах, біля ставків і водойм, поблизу жител, в садах, парках тощо.

Ареал верби білої займає Середню і Південну Європу, Західний Сибір, Західний Казахстан, Середню Азію, Малу Азію, Іран і Північну Африку. В Україні верба біла зустрічається по всій території [15, 16, 17].

Верба біла – одна з найчастіше використовуваних і швидкокорослих автохтонних верб України. Її стовбурова деревина використовується на будівельні матеріали, господарський інвентар, а молоді стовбури і пагони — на плетені вироби. Деревина порівняно багата целюлозою (близько 40 %), а вміст голоцелюлози досягає 89 %, тому верба біла, нарівні з тополями, може бути використана для створення сировинних баз целюлозно-паперової, деревопереробної та енергетичної промисловості. У корі містяться дубильні і лікарські речовини, вона широко використовується у народній медицині. Кора використовується також для фарбування шерсті, шовку і шкури у червоно-коричневий та жовтий кольори. Даний вид незамінний у захисному лісорозведенні при залісенні ярів, русел річок, водосховищ, ставків і водойм. Медонос і пергонос. Широко застосовується в озелененні, особливо декоративні її форми *S. alba* L. var. *argentea* і *S. alba* L. var. *vitellina* [6,11,18].



Рис. 1.7. Верба біла (*Salix alba* L.)

Верба біла може використовуватися для створення енергетичних плантацій на добре дренованих свіжих, вологих та сирих ґрунтах в умовах сугрудів і грудів.

Верба ламка (*S. fragilis* L.) – верба, верба крихка, верба крушна, верба ломка, круха, круховерб, круш, солсин – дерево заввишки 12–20 м із зморшкуватою корою і широкою розкидистою кроною. Пагони голі, блискучі,

сірувато-зелені, червоно-бурі, жовтуваті; гілки біля основи ламкі. Бруньки притиснуті до пагона, довгі, злегка загнуті, блискучі, голі. Листя шириною 1,5–2,5 см, довжиною 5–15 см, яйцевидно-ланцетне, звужене, з найбільшою шириною нижче за середину, на верхівці витягнуте у довге вістря, голе, молоде (при розпусканні) злегка клейке і трохи опушене, зверху темно-зелене, знизу сизувате, по краях залозисто-пилчасте. Черешки до 1,5 см завдовжки, із залозками зверху, поблизу пластинки. Прилистки частіше ниркоподібні, довго зберігаються. Серезки на довгій ніжці з листочками довжиною 4–7 см, зігнуті. Зав'язь гола. Тичинок 2, вільних, знизу опушених. Цвіте одночасно з розпусканням листя, в Україні, в залежності від регіону, – з кінця березня по початок травня (рис. 1.8.).



Рис. 1.8. Верба ламка (*Salix fragilis* L.)

Росте по берегах річок у сирих незаболочених місцях. Зустрічається відносно рідко. У культурі широко насаджується навколо ставків, водоймищ, вздовж доріг, у садах, парках.

Для створення енергетичних плантацій придатна в більш вологих і багатших ґрунтових умовах, ніж верба біла.

Названі два види утворюють між собою низку гібридів, які відрізняються від вихідних форм вищою інтенсивністю росту та декоративністю.

Первинним ареалом верби ламкої вважаються гірські райони Північної і Східної Туреччини, звідки вона поширилась на захід і північ. На даний час зона розселення виду включає Західну Європу, Прибалтику, Білорусь, Україну і

басейн Середньої Волги (Росія).

В Україні південна межа поширення верби ламкої проходить по лінії: Таганрог (Росія)–Пологи–Каховка–Цюрупинськ–Очаків і далі на захід – по узбережжю Чорного моря [15,16,17].

Верба ламка, завдяки швидкому росту та накопиченню значної кількості деревної маси є придатною для вирощування деревної маси на целюлозу, енергетичну та хімічну сировину. Стовбурова деревина здавна використовується на будівельні, господарські матеріали та паливо. Кора верби ламкої – якісна сировина для отримання дубильних речовин (містить до 12 % танідів), з неї виробляють також пурпурову фарбу і саліцин та інші лікарські препарати. Кора тонких гілок і листя широко застосовуються у народній медицині, а також є кормом для свійських і диких тварин. Медонос і пергонос. У лісовому господарстві корисна при залісненні перезволожених площ. У захисному лісорозведенні використовується при залісненні річок, водосховищ, балок, ярів, ставків та інших водойм. Досить часто використовується в озелененні [6, 11, 18]. Придатна для створення енергетичних плантацій на перезволожених ґрунтах.

Верба тритичинкова (*S. triandra* L.) – один з найпоширеніших видів верб в Україні. Народні назви: білолоз, білоталь, верба затрійка, верболіз, лоза біла, верба мігдалова, тала. Це великий кущ, зрідка – деревце висотою до 7 м. Пагони верби тритичинкової довгі, тонкі, жовтувато-зелені, матові, голі. Кора дорослих пагонів відділяється тонкими пластинками. Бруньки яйцеподібні, притиснуті до пагона, гострі голі. Листки шириною 1–3 і довжиною 4–12 см, ланцетні, яйцевидно-ланцетні, коротко- або довго-загострені, залозисто-пилчасті, голі, зверху темно-зелені, знизу – зелені або сизі. Черешки до 1,5 см у довжину, з двома бородавчастими залозками зверху біля листової пластинки. Прилистки яйцевидні, зубчасті, довго не опадають. Сережки на довгих ніжках: жіночі – до 4 см, чоловічі – до 10 см у довжину, часто зігнуті. Зав'язь гола, сизувато-зелена. Тичинок – три. Цвіте в квітні-травні, плодоносить у червні-липні (рис. 1.9).

Зустрічається на берегах річок та струмків, озер, стариць, на вологих луках, у канавах та в інших достатньо вологих місцях. Часто утворює суцільні зарості.

Верба тритичинкова являє собою євросибірський бореально-середземноморський вид, ареал якого займає більшу частину території Іспанії, Франції, Англії, Ірландії, Італії, країн Середньої Європи і Балкан (крім Греції), всю Східну Європу (крім Карелії та лісотундри), Північний та Східний Казахстан, Західний і Середній Сибір (до 65⁰ пн.ш.), Південне Забайкалля, південні райони Амурської області, Приморський край, Середній Сахалін, Північно-Східний Китай, Корейський півострів, Японію. Через Кавказ та Закавказзя ареал верби тритичинкової поширюється на територію Малої Азії та Північного Ірану. Ізольовані місцезнаходження значних розмірів відомі в Південному Ірані, Східному Афганістані, а також у Копет-Дазі та в басейні річки Лена біля Іркутська. [12,13,15,16,17]



Рис. 1.9. Вербa тритичинкова (*Salix triandra* L.)

Деревина верби тритичинкової, завдяки своїй надзвичайно високій гнучкості, разом з вербами прутovidною, пурпуровою, гостролистою та деякими іншими, здавна використовується для виготовлення дуг, обручів, риболовних снастей, плетених меблів, кошиків тощо.

Крім того, молоді пагони з листям використовують для годівлі тварин, а з деревини одержують целюлозу, вміст якої становить 47,7 %. Кора використовується для дублення шкір. Дубильних речовин у корі міститься від 2,4 до 21,0 %. Витяжка з кори фарбує тканини в жовтий колір. [4,14,18]

Насадження верби тритичинкової успішно застосовують в меліоративних цілях і для одержання високоякісного вербового прута. Вербa тритичинкова, як вид, що стабільно з року в рік рясно цвіте, представляє інтерес для бджільництва. Культивується в парках Тростянця, Києва і Львова як декоративна рослина [6,11,18]. Один з найбільш продуктивних видів верб при вирощуванні у міні-ротаційних насадженнях, в тому числі – енергетичних, особливо – на перезволожених ґрунтах.

Вербa п'ятитичинкова (*S. pentandra* L.) – лаврова, чорна, верба п'ятернка, вербовник, верболіз, лоза, лозина, синетал, тала, шелюг – великий кущ висотою 4–5 м, рідше – дерево до 12 м у висоту. Саме такої висоти екземпляр ми виявили в заплаві річки Тетерів у Радомишльському районі Житомирської області. Його діаметр на висоті 1,3 м становив 23,6 см. [21].

Кора в нижній частині стовбура цього виду шорстка, потріскана, на молодих гілках – гладка, блискуча, темно-коричнева, або зеленкувато-

коричнева. Бруньки відхилені від пагона, конусо- або яйцевидні, різного кольору, дуже блискучі. Листки шириною 2–5 і довжиною 4–15 см, яйцевидно-еліптичні, в основі округлі, на верхівці коротко-загострені, гладкі, ніби лаковані, блискучі, по краях – дрібно-залозисто-пилчасті.

Черешки до 1,5 см у довжину з бородавчастими залозками на верхньому кінці. Прилистки яйцевидні, дрібнозубчасті. Серезки довжиною від 1 до 7 см, майже повислі. Зав'язь гола. Тичинок зазвичай 5, іноді – 12. Цвіте у квітні-травні, плодоносить у жовтні-листопаді (рис. 1.10.).



Рис. 1.10. Вербa п'ятитичинкова (*Salix pentandra* L.)

Європейсько-західносибірський бореальний вид, ареал якого в межах Європи встановити складно, оскільки він тут здавна культивується. Відсутній на Піренейському півострові, північному заході Франції, в Південній Італії, Греції та на океанічному узбережжі Норвегії. У Східній Європі та Західному Сибіру верба п'ятитичинкова зустрічається в усіх фізико-географічних зонах від лісотундри до напівпустинь. Східна межа поширення даного виду проходить по басейну річки Іртиш [15, 16, 17].

Деревина верби п'ятитичинкової містить 45 % целюлози і тому може використовуватися як сировина для одержання целюлози і паперу, для виготовлення різних виробів а також як паливо. Однорічні пагони її придатні

для грубого плетіння, тобто для виготовлення кошиків, фашин, огорож. При цьому немає потреби знімати кору. Літні пагони з листям поїдаються свійськими та дикими тваринами. В корі міститься від 2 до 18 % дубильних речовин, а також цінна для медичної промисловості сировина – саліцин (0,1-1,0 %), який є основою для одержання таких медичних препаратів як аспірин, бесалол, салол тощо [4, 18].

В народній медицині відвар кори використовують як в'яжучий та протилихоманковий засіб; присипку з кори – для тамування кровотеч. У лісовому господарстві вербу п'ятитичинкову можна використовувати для створення лісових насаджень на вологих та заболочених площах [11], як медонос [1, 6]. Завдяки високій декоративності цей вид досить широко використовується при озелененні. Культивується в парках Києва, Львова, Кам'янця-Подільського, Вінниці, Білої Церкви та Тростянця [9].

Верба сива (*S. eleagnos* Scop.=*S. incana* Schrank) – кущ висотою 3–6 м, зрідка невелике деревце (до 10 м). Листки вузьколінійні, завдовжки 4–7 см, загострені з дрібними віддалено-пилчастими або хвилясто-виїмчастими, загорнутими вниз краями, зверху темно-зелені, тонко зморшкуваті, зісподу білоповстисті. Серезки тонкоциліндричні з блідими неоппадаючими великими приквітковими лусками (довжиною до 3,5 мм), у чоловічих квітках луски жовтуваті, у жіночих – на верхівці іноді червонуваті. Тичинок дві, їх нитки при основі волосисті, зрілі. Зав'язь гола, на короткій ніжці. Цвіте одночасно з розпусканням листя, у квітні-травні (рис. 1.11.).



Рис. 1.11. Верба сива (*Salix eleagnos* Scop.)

Бруньки і листя за формою близькі до верби прутовидної (*S. viminalis* L.), відрізняється білоповстистим опушенням нижнього боку листка, а також

структурою сережки.

Зустрічається в Карпатах над потоками, у теплих долинах, іноді по вологих кам'янистих схилах, по дну вузьких ущелин (приблизно до висоти 800 м над рівнем моря) доволі розсіяно, зрідка на прилеглий рівнині.

Ареал охоплює Північну Африку (Атлаські гори), більшість Піренейського півострова (крім південного заходу), Південну Францію, Альпи, Західні Балкани, Південні, Східні та Західні Карпати. Зрідка зустрічається також у горах на півночі Малої Азії [15, 16, 17].

Верба сива може використовуватися на паливо, для отримання дубильних речовин, виробництва плетених виробів і для інших побутових потреб. Листя і пагони поїдаються свійськими і дикими тваринами. Медонос. Декоративна рослина. Культивується у багатьох ботанічних садах та парках. Заслужує на усестороннє вивчення з метою більш широкого використання в штучних насадженнях та в промисловості, зокрема – для створення енергетичних плантацій.

Верба козяча (*S. cargea* L.) – бредина, багниця, рокита, верболіз, тала, смолоза) – великий кущ або дерево до 10–15 м у висоту. Тогорічні пагони сірувато-зелені, голі, влітку – зеленувато- або червонувато-бурі, слабо опушені. Бруньки великі, тупі, голі. Листки 5–8 см у ширину і 8–11 см у довжину, різні за формою, найчастіше – обернено-яйцевидні, коротко-загострені, зверху темно-зелені, зморшкуваті, знизу сіроповстисто опушені. Черешки – до 2 см. Сережки великі: чоловічі – до 6-7 см у довжину, а жіночі – до 10 см. Зав'язь на довгій ніжці, повстисто опушена. Тичинок – дві. Зустрічається по всій Україні на галявинах, узліссях, а також в якості підліску або другого ярусу на достатньо зволжених, але незаболочених місцях (рис. 1.12.).

Верба козяча – євразійський бореальний вид. Її ареал займає Західну та Центральну Європу, крім південної частини Піренейського півострова та Балкан. Східніше зустрічається в лісових та лісостепових районах Східної Європи, Сибіру та Далекого Сходу, включаючи Японію та Камчатку. Значний острівний ареал виду займає північ Малої Азії та Кавказ. Через Україну південна межа поширення виду проходить приблизно по лінії Миколаїв–Запоріжжя–Донецьк. Острівний ареал – у горах Криму [12, 13, 15, 16, 17]. Верба козяча – один із небагатьох видів роду *Salix* L., а серед вітчизняних верб – практично єдиний, який здатен витримувати значне затінення і рости під наметом деревостанів. Як швидкоросла у молодому віці піонерна деревна порода, вона відіграє важливу роль у формуванні та функціонуванні лісових насаджень.

Верба козяча приваблює різних представників дикої фауни: від парнокопитних, що поїдають її листя та гілки, до різноманітних комах, які збирають з суцвіть нектар і пилок. Як ранній і стабільний медонос вона має велике значення у бджільництві. Медопродуктивність верби козячої сягає 75–150 кг/га. У зв'язку з цим біля пасік вважається за доцільне створювати її насадження [1, 6, 7].



Рис. 1.12. Верба козяча (*Salix caprea* L.)

Потужні кореневі системи цього виду здатні надійно зупиняти ерозійні процеси, тому їх саджають на схилах, та інших місцях, де можлива водна ерозія ґрунту [14].

Верба козяча використовується також як декоративна рослина [9, 12].). Напоровесні дуже ефектний вигляд мають її квітучі золотисті "котики". Крона даного виду теж досить декоративна, зазвичай куляста, рідше – пірамідальна або плакуча.

Дуже широке використання має кора верби козячої. Вона містить від 6 до 21 % дубильних речовин і застосовується при вичинці шкур [8, 11, 14]. Саліцин, що також входить до складу кори (0,1–1,0 %) є основою для виготовлення медичних препаратів (аспірин, бесалол тощо). В народній медицині настойка кори вживається при кашлі, болях, лихоманці, суглобовому ревматизмі, подагрі, малярії, різних кровотечах та шлунково-кишкових захворюваннях, відвар кори – при високій температурі, болях, запаленнях, цинзі, лихоманці, розладі шлунка. Відвар і порошок кори – як зовнішній засіб при виразках, фурункулах, кровотечах [18]. Примочки з відвару кори верби козячої застосовують для лікування опіків. З лікувальною метою вживають також суцвіття даного виду, при серцевих захворюваннях.

Деревину верби козячої використовують для виготовлення різних гнутих виробів, як будівельний матеріал і паливо. Однорічні пагони придатні для плетіння грубих виробів – загорож, фашин, тари тощо.

Уже відносно давно в країнах Західної Європи деревину верби козячої використовують як сировину для целюлозно-паперової промисловості.

У перспективі, через надзвичайно швидкий ріст у перші роки, можливе вирощування цього виду в плантаційному режимі, зокрема – для вирощування енергетичної сировини. Серед недоліків слід відзначити низьку здатність до вегетативного розмноження.

Верба попеляста (*S. cinerea* L.) – верба сіра, івина, лоза, лоза біла, тал, тальник сивий, чорнотал, чорнолоз, шилига – високий кущ, звичайно до 5 м заввишки. У кварталі 53 Хотівського лісництва Боярської лісової дослідної станції ми спостерігали екземпляр висотою 6,9 м. Пагони товсті, з темно-сірою жолобчастою корою. Молоді пагони сіроповстисті. Листки 1,5–3,0 см у ширину, 5–12 см у довжину, обернено-яйцевидні, коротко- або довго-загострені з найбільшою шириною вище середини, зверху темно-зелені, знизу світліші, з обох боків повстисто опушені. Черешки – до 1 см, опушені. Прилистки – зубчасті, коротші ніж черешок. Сережки – до 4 см у довжину. Зав'язь – повстиста. Тичинок – дві. Цвіте до розпускання листя – у березні-квітні (рис. 1.13.).



Рис. 1.13. Верба попеляста (*Salix cinerea* L.)

Росте, як правило, у вигляді суцільних заростей на берегах річкових стариць, окраїнах низових та перехідних боліт, вологих луках та інших малопроточних вологих місцях. Одна з найпоширеніших верб України. Разом з тритичинковою і гостролистою складає основний фон чагарникової рослинності заплавл та інших достатньо зволжених місцезростань на всій території країни.

Верба попеляста – європейсько-західносибірський бореальний вид. Ареал її охоплює Південно-Східну Англію, Східну Францію, Італію, крім південної частини та островів, Балканський півострів, всю Середню та Східну Європу, крім Північної Скандинавії, басейну річки Печори та Нижньої Волги. В Азії верба попеляста росте в басейнах Уралу й Обі: середня та верхня частини, Забалхашся, Нижня та Середня Сирдар'я [12, 13, 15, 16, 17]. Зарості верби попелястої – основних об'єкт заготівлі вербової кори. Вміст танідів у ній становить від 9 до 17 %. Деревина містить до 52,7 % целюлози, використовується також на паливо, а однорічні пагони – на грубе плетиво. Літні пагони з листям – корм для свійських та диких тварин. Верба попеляста один з найкращих ранніх медоносів [6, 7]. Може використовуватися для закріплення берегів водойм, гребель, а також для вирощування в парках на понижених місцях. Культивується в ботанічних садах та парках Києва, Львова та Тростянця [9].

Верба пурпурова (*S. purpurea* L.) – верба червона, верба багряна, верболіз червоний, верба рокитина, жовтолоз, жовтолозник, заверб, зарінка, тальник, шелюг, шелюга) – середньої величини кущ, рідше – невеличке деревце висотою 6–8 м. Пагони довгі, гнучкі, завжди голі. Кора зсередини лимонно-жовта, ззовні нерідко вкрита сизим нальотом. Бруньки маленькі, жовтуваті або бурі, голі, нерідко супротивні. Листки – 1,0–1,5 см у ширину, 3–12 см у довжину, тонкі, зворотно-лінійно-ланцетні з найбільшою шириною вище середини, сизувато-зелені, цілокраї. Черешки – до 0,5 см, голі. Прилистків часто не буває (рис. 1.14).

Сережки – сидячі, до 3 см у довжину. Зав'язь – шовковиста. Тичинок – дві, що зрослися ніжками, пильники – пурпурові. Верба пурпурова зустрічається в приуслівій частині заплавл річок, або на річкових островах. Ми також спостерігали її на бідних і сухих ґрунтах поза заплавою. В умовах застійного зволоження не росте. Основні місцезнаходження приурочені до басейну ріки Дністер.

Природний ареал верби пурпурової займає Північну Африку, всю Західну та Центральну Європу, за винятком атлантичного узбережжя Португалії, Франції, більшої частини Британських островів, Данії та Балкан. Північно-східна межа поширення проходить через Північну Латвію та Південно-Східну Естонію і досягає околиць Пскова. Далі на сході поширена на значній частині Білорусі та є звичайною рослиною для Лісостепу та Степу України та Російської Федерації [2, 12, 13, 14].

Верба пурпурова ціниться за довгі тонкі прутки, які в очищеному від кори вигляді використовуються для виготовлення найтонших високоякісних плетених виробів. З неочищеного (зеленого) пруту виготовляють також риболовні знаряддя. Кора містить багато саліцину – до 5,2 %, танідів – від 5 до 9 %.



Рис. 1.14. Верба пурпурова (*Salix purpurea* L.)

У народній медицині відвар кори молодих пагонів вживають, як в'яжучий, гемостатичний, дезинфікуючий і діуретичних засіб, а ванни з відвару рекомендують для хворих на варикозне розширення вен. Порошок з кори використовують як присипку при кровотечах. Верба пурпурова здавна і широко культивується, особливо в Середній Європі для одержання прута, а також як ґрунтозахисна рослина [5, 14]. Дуже декоративний кущ, але рідко культивується в такій якості [9]. Заслуговує на використання у селекційних дослідженнях для створення відносно посухостійких форм для вирощування на енергетичних плантаціях.

Верба прутовидна (*S. viminalis* L.) – верба лоза, верболіз, верба конопляна, білоталь, верба ветлина, вербинець, витва, в'язинник, кузовиця, верба лозова, верба кошикова, лозина, луг, луговина, лужина, талажчаник – високий кущ, або кущоподібне деревце до 6–8 м у висоту. Пагонит – довгі, гнучкі, сірувато або жовтувато-зелені, голі, на верхівці сильно опушені. Бруньки прилягають до пагона, сплюснуті, із загнутим кінчиком, сірувато-опушені. Листки вузькі, лінійно-ланцетні, шириною 1–2 см, довжиною 12–20 см, довго-загострені, цілокраї, зверху темно-зелені голі, знизу майже білі, шовковисто-опушені. Черешки довжиною до 1 см, опушені. Прилистки шилоподібні, залозисто-зубчасті (рис. 1.15.).



Рис. 1.15. Верба прутовидна (*Salix viminalis* L.)

Сережки сидячі, до 6 см у довжину. Зав'язь густо-шовковисто-опушена. Тичинок – дві. Цвіте одночасно з розпусканням листя у березні-квітні.

Заселяє, в основному, приуслову частину заплав. Зрідка росте також по канавах, луках, насипах тощо. Нерідко трапляється на Поліссі та в Лісостепу, рідше – в південних районах.

Верба прутовидна – євразійський бореальний вид, ареал якого займає Середню Європу (відсутня на Піренейському, Апеннінському, Балканському, Скандинавському півостровах та в Данії). На схід поширена аж до річок Лена і Алдан, від верхньої межі лісової зони до межі Степу. По долинах річок доходить до тундри та напівпустель. В Україні поширюється на південь до лінії Харків–Черкаси–Балта [15, 17].

Верба прутовидна в Україні здавна використовується, як матеріал для плетіння кошиків, тому більш відома під назвою "кошикова лоза". Різні сорти та гібриди її культивуються для одержання високоякісного прута [5, 14]. Прути з природних заростей придатні в основному лише для грубого плетіння, бо є відносно ламкими. Кора коріння і надземної частини містить багато дубильних речовин (відповідно 18,4 і 14,5 %) і дуже багато саліцину – до 5,17 %. [14, 18]. У народній медицині порошок кори використовують як присипку при кровотечах, а відвар і настойку – для лікування різних хвороб. Насадження використовують для фітомеліорації заболочених місць, а також, як хороший засіб проти ерозії берегів водойм. Ранній медонос, декоративна рослина [9, 10].

Верба гостролиста (*S. acutifolia* Willd.) – шелюга червона, верба інеїста, краснолоз, красноталь, лоза красна, лоза задніпровська, шелюг, шелюжина) – високий кущ, або дерево до 12 м у висоту. Пагони довгі, тонкі, темно-червоні або червоно-бурі, вкриті голубуватим восковим нальотом або без нього. Бруньки темно-червоні, голі, прилягають до пагона. Листки лінійно-ланцетні, довго-загострені, шириною 0,5–1,5 см, довжиною 6–14 см, залозисто-пильчасті, голі, блискучі, знизу блідо-зелені. Черешки – до 1,5 см у довжину, червонуваті. Прилистки – ланцетні, гострі, пильчасті. Сережки – сидячі, до 3,5 см у довжину. Зав'язь – гола. Тичинок – дві. Цвіте у березні-квітні, плодоносить у травні (рис. 1.16.).



Рис. 1.16. Верба гостролиста (*Salix acutifolia* Willd.)

Одна з найпоширеніших в Україні верб (крім південно-західних областей). Віддає перевагу піщаним ґрунтам. Найкращі умови для росту – в прирусловій частині заплави, але зустрічається часто поза заплавою: обабіч доріг, на насипах, узліссях тощо.

Верба гостролиста – східно-європейський бореальний вид. Її ареал займає басейн верхньої та середньої течій Північної Двіни, Малоземельську тундру, верхню Печору, басейн Волги, за винятком річки Білої), середній та нижній Дон, Донець та інші річки Приазов'я, Нижній та Середній Дніпро з притоками, включаючи басейн Прип'яті, по течії Західного Бугу заходить на територію Польщі. Південно-східна частина ареалу охоплює піски Західного Казахстану майже до Аральського моря. В Криму верба гостролиста не зустрічається [12, 13, 15, 16, 17].

Верба гостролиста здавна дуже широко використовується для закріплення рухомих пісків. Для плетіння використовують не тільки пагони, а

також і коріння, яке досягає до 10–15 м у довжину. Верба гостролиста – другосортний дубитель: у корі від 5 до 9 % танідів. Листя і літні пагони – корм для тварин. Хороший медонос, декоративна рослина [9, 10, 11].

Верба вовчегідна (*Salix daphnoides* Vill.) – шелюга жовта – дерево до 12–15 м висоти, рідше високий кущ. Кора чорнувата, з дрібними повздовжніми складками, з середини лимонно-жовта. Крона часто пірамідальна. Пагони зеленкуваті, жовто-зелені або зеленувато-бурі, покриті сизим восковим нальотом, голі, молоді – опушені. Листя продовгувате, продовгувато-ланцетне, на вершині коротко загострене, завширшки 1,5–3,5 см, завдовжки 6–10 см, залозисто-пилчасте, зверху блискуче, зісподу сизувато-зелене, голе, молоде – злегка опушене. Черешки – до 1,5 см завдовжки, пухнасті. Прилистки – дрібні, коротші черешків, залозисто-пилчасті (рис. 1.17.).



Рис. 1.17. Верба вовчегідна (*Salix daphnoides* Vill.) (І.Р.Морозов, 1966)

Сережки – пухнасті до 5 см завдовжки. Зав’язь – жовто-зелена, гола. Тичинки – дві, голі, не зрослі між собою. Цвіте в Карпатах у квітні-травні, плодоносить у травні-червні.

Зростає вздовж гірських річок (по долинах великих рік виходить на рівнину) і на відкритих дюнних пісках. В Україні природно росте лише в Карпатах, дуже рідко (в районі м. Коломия). Ареал виду диз’юнктний, включає три фрагменти: Південну Скандинавію, гори Середньої і частково Південної Європи і Східну Прибалтику [15, 16, 17].

Верба вовчегідна в Україні, не дивлячись на своє незначне природне поширення, в штучних насадженнях зустрічається практично по всій території країни, особливо – на піщаних аренах, де здавна використовується з метою закріплення рухомих пісків, а також при створенні інших протиерозійних насаджень, зокрема – при захисті русел річок та берегів водосховищ від замулювання. Декоративна рослина. Медонос. Стовбури та пагони використовують для виготовлення різних виробів та для плетіння. Інтенсивний ріст у молодому віці і низька вибагливість до ґрунту роблять даний вид

перспективним для створення плантацій на деревну масу, енергетичну сировину, прут для плетення тощо [9, 10, 11].

Верба мірзинолиста, або чорніюча (*S. myrsinifolia* Salisb.=*S. nigricans* Sm.) – великий кущ, зрідка деревце до 8 м у висоту. Однорічні пагони червоно-бурі, бурувато-зелені, темно-бурі, блискучі, до верхівки сіроповстисті. Листки – 2–4 см у ширину, 3–10 см у довжину, різноманітні за формою, переважно яйцевидно-ланцетні, пильчасті, зверху темно-зелені, знизу сизуваті, при висушуванні чорніють. Черешки короткі, опушені. Прилистки – ниркоподібні або ланцетні, зубчасті. Сережки на коротких ніжках: чоловічі – до 3 см, а жіночі – до 6 см у довжину. Зав'язь гола або волосиста. Тичинок – дві. На Поліссі та в Карпатах зустрічається нечасто, в Лісостепу – дуже рідко. Росте, в основному, вздовж канав, доріг, на вологих узліссях та в інших добре зволжених місцях (рис. 1.18.).



Рис. 1.18. Верба мірзинолиста (*Salix myrsinifolia* Salisb.)

Верба мірзинолиста – європейсько-західносибірський бореальний вид. Її ареал охоплює північну частину Британських островів, всю Скандинавію, Данію, північні райони Німеччини, Альпи, Судети, Західну Польщу. В Східній Європі верба мірзинолиста поширена від Лісотундри до Лісостепу, в Західному Сибіру – до середньої течії Обі.

Природні зарості верби мірзинолистої внаслідок незначної кількості промислового значення не мають, хоча вид може культивуватися як хороший танідонос: танідів у корі від 6 до 13 %. Кора містить також значну кількість саліцину – 0,1–1,0 %. Деревина придатна для палива, а гілки – для грубого плетіння; дрібні гілки з листям – на корм для тварин. Медонос. Як декоративна рослина культивується в ботанічних садах Києва, Кривого Рогу, Кам'янця-

Подільського, Асканії Нової [9, 10, 11].

Швидкий ріст у молодому віці дозволяє використовувати вербу мірзинолисту в міні-ротаційних енергетичних плантаціях, а також у селекційних дослідженнях для створення швидкорослих гібридів.

Серед інтродукованих видів високою продуктивністю відзначаються клони **верби шерстистопагінцевої** (*Salix dasyclados* Wimm.). Це дерево або високий чагарник до 9–15 м заввишки, іноді до 20 м. Кора – темно-сіра або бура. Однорічні пагони товсті, зеленуваті, голі, літні – сірі, густо-повстисто-опушені. Бруньки великі, з відтягнутим заломленим кінчиком, повстисті. Листки завширшки 2–3 см, завдовжки 7–18 см, ланцетні, широколанцетні, часто нерівнобічні із загорнутим краєм, суцільнокрайні або залозисто-зубчаті, зверху темно-зелені, голі, знизу сірувато-опушені, неблизкучі. Черешки – короткі, пухнасті (рис. 1.19.).



Рис. 1.19. Верба шерстистопагінцева (*S. dasyclados* Wimm.)

Прилистки – великі, серповидні, пильчасті, часто розділені на дві лопаті. Квітне раніше появи листя. Сережки рясні, великі, до 5–6 см, майже сидячі. Зав’язь на дуже короткій ніжці, густо білоопушена. Тичинок – 2, вільних, голих [11, 14, 15].

У природі заселяє береги і заплави рік і річок в межах лісотундри, лісової, лісостепової зон і північно-степової смуги Євразії. Південна межа поширення виду проходить північніше кордонів України по території Білорусі та Росії. Утворює чагарникові зарості разом з іншими вербами.

Деревина, кора і пагони використовуються на місцеві господарчо-побутові потреби. Листя і гілки – корм для худоби. У корі міститься до 14 % танінів. У захисному лісорозведенні застосовується в боротьбі з ерозією і при

залісенні річок і водосховищ, ставків і інших водойм. Як швидкоросла і високопродуктивна порода, часто вирощується на енергетичних плантаціях у країнах Європи.

1.9. Колекція генофонду верб Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків

Метою є створення генофонду верби різного еколого-географічного походження, вивчення зразків за ознаками продуктивності, високої енергетичної цінності, виділення джерел цих ознак, як цінного вихідного матеріалу для селекції.

Використання джерел високої продуктивності та елементів, що її обумовлюють, енергетичної цінності як вихідного матеріалу для селекції; сприяє підвищенню результативності селекційної роботи. В колекції інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків налічується 17 зразків верби різного еколого-географічного походження (табл.1.7).

Таблиця 1.7

Колекція верб та їх розподіл за секціями і підродами.

№ з/п	Українська назва верби	Латинська назва	Секція	Підрід
1.	Верба біла	<i>Salix alba</i> L.	<i>Salix</i>	<i>Salix</i>
2.	Верба ламка	<i>S.fragilis</i> L.	<i>Salix</i>	<i>Salix</i>
3.	Верба тритичинкова	<i>S. triandra</i> L.	<i>Amygdalinae</i>	<i>Salix</i>
4.	Верба п'ятитичинкова	<i>S. pentandra</i> L.	<i>Pentandrae</i>	<i>Salix</i>
5.	Верба шерстистопагінцева	<i>S.dasyclados</i> Wimm.	<i>Vetrix</i>	<i>Vetrix</i>
6	Верба повзуча	<i>S. repens</i> L	<i>Vetrix</i>	<i>Vetrix</i>
7	Верба кангінська	<i>S. congensis</i> L.	<i>Chamaetia</i>	<i>Chamaetia</i>
8	Верба Матсуда (звивиста)	<i>S. matsudana</i> L.	<i>Vetrix</i>	<i>Vetrix</i>
9	Верба уральська	<i>S. uralensis</i> L.	<i>Chamaetia</i>	<i>Chamaetia</i>
10	Верба сива	<i>S. elegnos</i> Scop.	<i>Canae</i>	<i>Vetrix</i>
11	Верба козяча	<i>S. caprea</i> L.	<i>Vetrix</i>	<i>Vetrix</i>
12	Верба попеляста	<i>S. cinerea</i> L.	<i>Vetrix</i>	<i>Vetrix</i>
13	Верба пурпурова	<i>S. purpurea</i> L.	<i>Helix</i>	<i>Vetrix</i>
14	Верба прутувидна	<i>S. viminalis</i> L.	<i>Vimen</i>	<i>Vetrix</i>
15	Верба гостролиста	<i>S. acutifolia</i> Willd.	<i>Daphnella</i>	<i>Vetrix</i>
16	Верба вовчегідна	<i>S. daphnoides</i> Vill.	<i>Daphnella</i>	<i>Vetrix</i>
17	Верба мірзинолиста	<i>S. myrsinifolia</i> Salisb.	<i>Nigricantes</i>	<i>Vetrix</i>

Вирізняльні ознаки, які використовуються при характеристиці (описі) зразків верб. Зразки базової колекції роду *Salix* - від чагарничків до великих дерев.

У деревовидних верб висота коливається в залежності від віку, умов росту і спадкових ознак виду.

Серед чагарникових видів є високі (до 8 м) і низькорослі (до 1,5 м).

Дерева і чагарники розрізняються на видовжені і вкорочені пагони та забарвленням кори зелене, жовте, коричневе, сіре, біле та інші.

Бруньки верб характеризуються за розміром, формою, кольором, опушенню, положенням відносно до пагона та розрізняються на листові і квіткові.

У деяких видів генеративні бруньки чітко відрізняються від вегетативних: як правило, генеративні бруньки більші і розміщені ближче до верхівки пагона. Бруньки у верб одиничні, сидять в пазухах листків розміщуються спіралью впродовж пагона, окрім пурпурової, яка має супротивне чергування.

Для листків верб характерне широке варіювання за розміром, формою, кольором, відсутністю чи наявністю опушення, характеру поверхні листової пластинки, відсутністю чи наявністю прилистків. У мезофільних видів, як правило, листки більші, мають округлу форму, прилистки великі, довго зберігаються. Для інших видів типовим є видовжені листки з шоловидними прилистками, що рано опадають. Листкова пластинка цілісна, жилки виступають, або сховані на поверхні листка, за формою - від лінійної до округлої. Краї листової пластинки цілісні або зубчасті, зазубрені.

Квітки одностатеві, розміщуються поодинокі на стержні сережки в пазухах приквіткових лусок.

Вивчення біологічних та господарсько цінних ознак у зразків верб для виділення донорів.

Основні елементи продуктивності видів рослин верб - вкоріненість живців середньодобовий та середній за вегетаційний період прирости рослин, середня кількість пагонів куща. Чим більше генотип відповідає умовам середовища, тим вищою буде його продуктивність.

За результатами досліджень вкоріненість живців верб залежить від генотипу виду і від чинників навколишнього середовища. В інтродукованих рослин вкоріненість змінювалась в межах від 82,7 у верби ламкої *Salix fragilis* L. до 98,7% верби повзучої *Salix repens* L. Причиною слабкої вкоріненості живців верби можна вважати посушливу весну.

Щодо висоти рослин, діаметру стебел та кількості пагонів з куща, то можна припустити, що в більшій мірі ці показники залежать від генотипу рослин і менше підлягають впливу ґрунтово кліматичних умов. Незважаючи на жаркі й посушливі умови вегетаційного періоду приріст пагонів у верб сягав від 53 до 204 см. та від 2 до 3 шт. першого порядку, 3 -5 шт. другого порядку з діаметром від 11,5 до 14,9 мм.

Встановлено зворотню залежність між показниками висоти, діаметру

пагонів у кущі. Вищій середній висоті відповідає менший діаметр пагонів у кущі. Подібна закономірність спостерігається і між показникам галуження 1-го і 2-го порядків.

Найвищі показники висоти куща, кількості пагонів у кущі діаметру стебла на висоті 5 см над поверхнею ґрунту було зафіксовано у верби ламкої *Salix fragilis* L. (203 см заввишки; 3,0/5,0 пагонів; 14,7 мм у діаметрі).

Впродовж вегетаційного періоду проводились вимірювання довжин пагонів.

Високий показник середньодобового приросту зафіксовано у верби п'ятитичинкової. *Salix pentandra* L. (1,07 см/доба), нижчу величину у верби повзучої *Salix repens* L. (0,83 см/доба).

Рівень вмісту води в рослинах визначає направленість і інтенсивність всіх фізіолого-біохімічних процесів, в тому числі і фотосинтезу.

Визначення вмісту хлорофілів **a** та **b** рослин є специфічною ознакою для генотипів верби.

В порівнянні хлорофіл **a** у генотипах верб змінювався від 0,296 Вербі повзуча *Salix repens* L. до 0,426 В. п'ятитичинкова. *Salix pentandra* L.

Процес утворення та накопичення органічної речовини є інтегральним показником усіх фізіологічних процесів, що відбуваються в рослинному організмі. Накопичення сухої речовини рослинами - це відбиток життєдіяльності рослинного організму на кожному етапі його росту та розвитку в конкретних умовах навколишнього середовища. Накопичення сухої речовини за однакових умов зовнішнього середовища є специфічним для кожного виду, гібриду, генотипу рослин.

З'ясовано, що вміст сухої речовини у генотипів верб коливався від 13,0 у верби пурпурової (*S. purpurea* L.) до 15,5% Вербі тритичинкова, класична (Фучило) (*S. triandra* L.).

Впродовж вегетаційного періоду визначено біометричні та якісні показники у зразках верб.

Виділено зразки Вербі гостролиста (*S. acutifolia* Mild.), Вербі пурпурова (*S. purpurea* L.), Вербі козяча (*S. caprea* L.) за біометричними показниками. Виділено зразки з підвищеним приростом вегетативної маси та накопичення сухої речовини у вербі тритичинкова, класична (Фучило) (*S. triandra* L.) ST 5-14, вербі козяча (*S. caprea* L.) SC 17-14.

Виділено еталонний зразок верби прутовидної (*Salix viminalis* L.) за ознаками швидкого (9,6 см/доба) наростання вегетативної маси, вміст сухої речовини, 14,5%, урожайність сухої маси стебел 15,8 т/га.

Виділено джерело біологічних ознак (вміст сухої речовини, високої урожайності, накопичення енергії у зразка верби тритичинкової, місцева форма (*S. triandra* L.).

База даних роду *Salix* передана до Національного центру генетичних ресурсів рослин України.

Вегетативні частини роду *Salix* зберігаються в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків та його селекційних відділках Білоцерківської ДСС, Веселоподільської ДСС, Ялтушківської ДСС.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

Найважливішими заходами зі створення високопродуктивних плантацій верб є: вибір місця для посадок, ретельний обробіток ґрунту, вибір оптимального для лісорослинних умов лісокультурної площі виду (клону) верби, придатного для вирощування запланованих асортименту і виду садивного матеріалу, сезону і способів садіння, догляд за ґрунтом, внесення добрив та захисту рослин від шкідників і хвороб.

Зважаючи на високу порослеву здатність верб, після зрізання вирощеної сировини з порослі формується наступна генерація плантації. Таких генерацій, в залежності від вирощуваного сортименту, може бути від кількох десятків (плантації на прут) до двух-трьох, за вирощування балансової деревини, пиловника та інших середніх та грубих сортиментів. У зв'язку з цим важливе значення у підтриманні високої продуктивності і стійкості вербових плантацій мають також способи і терміни проведення їх рубок.

2.1. Вибір місця під плантацію верби

Верби, зважаючи на їхні різні екологічні особливості, можливе практично на всіх типах ґрунту, але для вербових плантацій будь-якого призначення оптимальним є вологий, багатий на гумус, добре дренований супіщаний або суглинистий ґрунт. Це відповідає типам умов місцезростання від В₂₋₄ до Д₂₋₄. Такої думки дотримуються практично всі відомі автори, і це ще раз підтвердили наші дослідження (табл. 2.1).

Дещо розходяться думки різних авторів у питанні про оптимальну глибину залягання ґрунтових вод. К.К. Вебер (1911) вказує, що ґрунтові води не повинні підніматися вище 30 см, Д. Вісман (1930) стверджує, що рівень ґрунтових вод не повинен перевищувати 60 см і не опускатися нижче 125 см, І.Р. Морозов (1966) вважає, що оптимальний рівень ґрунтових вод для лісової зони – 1,5 – 4,0 м, для Лісостепу – 1,0 - 3,0 м. Таку ж глибину А.І. Голиков (1958) вважає оптимальною для зони нестабільного зволоження. За М.Д. Кобезьським (1936) оптимум рівня ґрунтових вод для успішного росту вербових плантацій становить 0,5 – 2,0 м, а за В.І. Саутіним та ін. (1986) – 1 – 2 м.

В цілому значних розходжень між цими даними немає, а виникли вони, можливо, через нестабільність рівня ґрунтових вод, який в значних межах коливається протягом року та залежно від типу ґрунту. За нашими даними, оптимальні умови для росту верби створюються за залягання ґрунтових вод у липні на глибині 0,6 - 2,0 м. У природі це – заплави річок, крім приматерикової частини, дно балок, вибалків, ярів, конуси виносу ярів, нижні частини пологих схилів та ін. Ділянка повинна бути по можливості плоскою, без мікропонижень, де може застоюватися вода. Розташування плантації в саме таких місцях доцільне також з погляду на те, що снігові та дощові води зносять у низини верхній, найбагатший шар ґрунту, що зменшує необхідність внесення добрив, а отже, і витрати на вирощування пруту. Ґрунт повинен бути слабо кислим або

нейтральним. Більшість дослідників вважають оптимальним рН 5-6 (Морозов, 1966; Анциферов, 1970; Сатин та ін., 1986), а башкирські вчені вважають оптимальним рН 6,5-7,0 («Рекомендації...», 1986).

Таблиця 2.1

Характерні елементи ландшафту, на яких розповсюджена верба, та оптимальні умови її вирощування

Вид верби	Елементи ландшафту	Тип лісорослинних умов	
		у природі	в культурі
Верба біла	Береги і долини річок, на піщаних і особливо – на піщано-мулових наносах	B ₃₋₄ – D ₃₋₄	B ₃₋₄ – D ₂₋₄
Верба ламка	Береги рік та інших водойм, вогкі долини, канави	C ₃₋₅ – D ₃₋₅	C ₃₋₅ – D ₂₋₅
Верба тритичинкова	Понижені місця в прирусловій частині заплави, рідше – береги стариць	C ₄₋₅ , D ₄₋₅	B ₃₋₅ – D ₂₋₅
Верба пурпурова	Прируслова та середня частина заплави	C ₃₋₄ , D ₃₋₄	B ₂₋₄ – D ₁₋₄
Верба прутувидна	Прируслова та середня частина заплави	C ₃₋₅ – D ₃₋₅	B ₂₋₄ – D ₁₋₅
Верба гостролиста	Піщані ґрунти в заплаві і поза заплавою	A ₁₋₃ , B ₁₋₃	A ₁₋₃ – D ₁₋₃
Верба вовчегідна	Береги і долини гірських річок	B ₃₋₄ – D ₃₋₄	A ₁₋₄ – D ₁₋₄
Верба п'ятитичинкова	Окраїни низових та перехідних боліт, мокрі луки	C ₄₋₅ , D ₄₋₅	C ₃₋₅ , D ₂₋₅
Верба козяча	Узлісся, розріджені сосняки, вирубки	A ₂₋₄ – D ₂₋₄	A ₂₋₄ – D ₁₋₄
Верба попеляста	Береги застійних водойм, окраїни боліт, мокрі луки	B ₄ , C ₃₋₅ , D ₃₋₅	B ₃₋₅ – D ₂₋₅
Верба вушката	Окраїни болі, мокрі, заболочені ліси	A ₄₋₅ – C ₄₋₅	A ₃₋₅ – C ₂₋₅
Верба сиза (в Старке)	Розріджені сосняки, березняки, узлісся, луки, болота	B ₂₋₄ – C ₂₋₄	B ₂₋₄ – D ₂₋₄
Верба мірзинолиста (в. чорніюча)	Окраїни низових та попередніх болі, вологі розріджені ліси, луки	B ₃₋₄ – D ₃₋₄	B ₃₋₄ – D ₁₋₄
Верба розмаринолиста	Піски, луки, низинні та перехідні болота	A ₁₋₅ – C ₁₋₅	A ₁₋₅ – D ₁₋₅
Верба лапландська	Низові та перехідні болота	B ₃₋₄ , C ₄₋₅ , D ₃₋₄	A ₂₋₅ – D ₂₋₅
Верба чорнична	Перехідні болота	A ₄₋₅ – C ₄₋₅	A ₂₋₅ – D ₂₋₅

2.2. Основний обробіток ґрунту, підготовка ґрунту та садіння верби

Основні завдання обробітку ґрунту полягають в активному впливі на фізичні, хімічні та біологічні процеси, що відбуваються в ньому, на фізичний стан та структуру орного шару, водоповітряний режим та режим живлення.

Технологічні операції з основного обробітку ґрунту за вирощування енергетичної верби необхідно розглядати в комплексі, як важливі засоби боротьби з бур'янами, шкідниками та збудниками хвороб. Всі системи обробітку ґрунту під енергетичну вербу успішно виконуються в рамках

загальної системи обробітку ґрунту в тісному зв'язку зі всіма іншими підсистемами (сівозміни, удобрення, засоби захисту рослин) системи землеробства конкретної зони, району, підприємства.

Важливе значення має пошук та реалізація найбільш сприятливих, енергетично вигідних та екологічно прийнятних способів обробітку ґрунту під енергетичну вербу з урахуванням ґрунтово-кліматичної зональності, структури системи, місця та глибини поверхневого та глибокого обробітків, строків їх здійснення та якості виконання.

Основний обробіток ґрунту під енергетичну вербу повинен відповідати сучасному технічному та організаційному рівням. Тому найбільш важливо і адекватно слід підходити до конкретних ґрунтово-кліматичних умов зони, підприємства й поля, погодних умов та фітосанітарного стану ґрунту.

Основний обробіток ґрунту – це один із головних технологічних процесів, який є фундаментом технології вирощування енергетичної верби. Нині в структурі технології витрати на основний обробіток ґрунту становлять в середньому 5-6%. В структурі основного обробітку ґрунту найбільші витрати займають мінеральні добрива і становлять майже 59%. **Ці показники показують, що основний обробіток ґрунту є основним технологічним засобом, направленим на підвищення продуктивності енергетичної верби.**

Теоретичними дослідженнями і практикою рекомендовані так звані класичні системи основного обробітку ґрунту – напівпаровий та поліпшеного зябу. Поліпшений зяб використовується в зонах недостатнього та нестійкого зволоження, особливо за засміченості ґрунту багаторічними бур'янами, який включає:

- 2-3 разове лушення площ дисковими лушильниками, а через 10-12 днів проводиться повторне дискове лушення, потім третє глибоке лушення на глибину 12-15 см;

- зяблеву оранку проводять наприкінці вересня – на початку жовтня після внесення мінеральних добрив.

Напівпаровий обробіток використовується в зоні достатнього зволоження і на полях, сильно забур'янених однорічними бур'янами. Він включає:

- 2-3 разове лушення поверхні поля дисковими лушильниками;
- внесення гербіциду суцільної дії;
- глибоку оранку проводять після внесення мінеральних добрив у кінці липня – на початку серпня;
- культивуацію, дискування або боронування при з'явленні бур'янів, після випадіння опадів протягом усього осіннього періоду (вересень – жовтень).

На основі ретельного аналізу агрокліматичної ситуації та стану ґрунту необхідне остаточне визначення зі способом основного обробітку ґрунту.

В останні роки на практиці більше використовується напівпаровий обробіток ґрунту. Він дешевший і технологічні операції виконуються період, пік використання технічних засобів ще не наступив.

Лушення площ відведених для садіння верби. Технологія вирощування енергетичної верби включає комплекс технологічних операцій, у тому числі і лушення. У структурі технологічного комплексу напівпарового способу

основного обробітку ґрунту лушення здійснюється переважно дисковими лушильниками або дисковими боролами (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Основні агротехнічні вимоги до лушення площ в системі основного обробітку під енергетичну вербу

Показники	Вимоги	Допуски
Агротехнічні вимоги до лушення стерні: трактор ХТЗ-121, Джон Дір; с/г машини: ЛДГ-10, ЛДГ-15, БДВ-6, БДТ-7,0, БДВП-7		
Строк проведення технологічної операції	Квітень - травень	
Тривалість роботи на одному полі, днів	2	+ 1
Глибина обробітку, см	10 – 12	± 2
Глибина впадин після поперечного проходу агрегату, см	До 4	+ 1
Кількість непідріганих бур'янів на 1 м ²	Не допускається	-
Огріхи між суміжними проходами	Не допускається	-
Перекриття між суміжними проходами, см	10 – 15	+ 2
Кількість обробітків	2	+ 1
Спосіб руху агрегату	Човниковий	-
Напрямок руху агрегату при повторному обробітку	Перпендикулярно (під кутом 90°) до напрямку першого обробітку	Під кутом 45° до напрямку першого обробітку
Розряд роботи	V	

Основною метою лушення площ за обох способів обробітку ґрунту під енергетичну вербу є розпушування його верхнього шару, підрізування бур'янів, їх подрібнення для кращого загортання під час оранки, запобігання втратам вологи від випаровування та створення сприятливих умов для її накопичення в період між лушенням та оранкою, створення агрофізичних передумов для оптимізації кришення пласта ґрунту та зменшення тягового зусилля при проведенні оранки. На полях, де переважають кореневищні бур'яни (осот, пирій, хвощ польовий, свинорий, чумай та інші), застосовуються важкі дискові бороли в два сліди одразу після збирання попередника. Лушення стерні проводять агрегатами у складі дискових лушильників ЛДГ-5, ЛДГ-10, ЛДГ-15,

ЛДГ-20, або важких дискових борін БДТ-3,0, БДТ-7,0, БДТ-10 та БДВ-6, БДВП-7, БДВМ-4,2, БДВ-3,2.

За необхідності лушення площ може проводитися в три сліди, збільшуючи глибину обробітку до 10-12 см. Кут атаки дисків регулюють за допомогою розсувних тяг, глибину обробітку – зміною положення рамок секцій або натягу пружин на штангах. Основна вимога до лушення полягає в досягненні рівномірної глибини обробітку ґрунту по всій ширині захвату агрегату.

Своєчасне і якісне лушення забезпечують знищення значної кількості наявних збудників хвороб та личинок шкідників сільськогосподарських культур, що зимують у верхніх шарах ґрунту. Ці фактори сприяють підвищенню продуктивності енергетичної верби.

На полях, де переважають багаторічні коренепаросткові бур'яни (осот, гірчак, берізка польова та інші), проводять дво-триразове лушення площ, перше – дисковими знаряддями на глибину 8-10 см, друге – після масової появи бур'янів на глибину 12-14 см, а за потреби – третє також дисковими луцильниками після відростання бур'янів. Така система обробітку дозволяє зменшити кількість бур'янів на 80-90%.

Якість лушення визначається такими показниками, як своєчасність проведення, глибина, повнота підрізання бур'янів, відсутність огріхів, вирівняність поверхні поля. Останній показник можна поліпшити збільшенням глибини лушення.

Для боротьби з бур'янами за основного обробітку після лушення і відростання бур'янів застосовують гербіциди раундап-макс, амінну сіль 2,4 Д та інші. Оптимальний строк для обробки бур'янів раундапом-макс, коли пирій відростає до висоти 10-12 см. Норма внесення гербіциду – 6 л/га (витрата робочої рідини 200 – 250 л/га). За настання побуріння пирію після внесення гербіциду проводять внесення мінеральних добрив і глибоку оранку.

За сильного засмічення полів стійкими до раундапу-макс широколистими бур'янами (берізка польова, осоти та інші) до розчину додають 2 л/га 2,4 Д у формі ефіру. Можна застосовувати будь-яку форму 2,4 Д у нормі витрати 1,0 – 1,5 кг діючої речовини на гектар, якщо обприскування проводити через 10-20 днів після обробки раундапом-макс.

2.3. Система удобрення енергетичної верби

Енергетична верба відноситься до деревних рослин з інтенсивним циклом розвитку і потребує значної кількості елементів живлення. На утворення 10 тонн вегетативної маси рослини верби виносять із ґрунту 42 кг азоту, 25 кг калію, 15 кг фосфору, 45 кг кальцію та ряд інших елементів.

Вирощування енергетичної верби у промислових цілях потребує застосування мінеральних добрив, які здатні забезпечити інтенсивний ріст і розвиток рослин у рік садіння живців та наступні роки. Дози внесення мінеральних добрив під заплановану врожайність енергетичної верби визначають нормативним (за результатами польових досліджень) або

балансово-розрахунковим методом. У таблиці 2.3 наведені оптимальні дози мінеральних добрив за вирощування енергетичної верби у різних ґрунтово-кліматичних умовах на ґрунтах з середнім рівнем забезпечення елементами живлення. За низького рівня забезпечення ґрунту елементами живлення дозу внесення мінеральних добрив збільшують в 1,2 рази, за підвищеного та високого – зменшують відповідно в 1,1 та 1,2 рази.

Головне завдання системи удобрення полягає у тому, щоб у рік садіння живців створити помірне азотне живлення рослин на ранніх етапах росту і розвитку з поступовим його покращенням у пізніші фази розвитку.

Фосфор у рослинах енергетичної верби входить до складу важливих біологічних структур генетичного та структурно-функціонального апарату. На ранніх етапах росту і розвитку рослин фосфор забезпечує інтенсивний ріст кореневої системи і, тим самим, формує фундамент її високої продуктивності. Пік потреби у фосфорі припадає на період інтенсивного росту і розвитку енергетичної верби, оскільки з фосфорною кислотою пов'язана макроенергетична акумуляція та перенесення енергії фотосинтезу.

Калій, на відміну від азоту та фосфору, не входить до складу органічних структур рослини, однак, його роль як одного з іонних регуляторів метаболічних мембран активно проявляється в усі періоди росту та розвитку енергетичної верби.

Кальцій – необхідний елемент у живленні рослин енергетичної верби, який поглинається у кількостях, які можна порівняти з виносом основних макроелементів: азоту, фосфору, калію та сірки. За достатнього забезпечення рослин кальцієм забезпечується цілісність та механічна міцність клітинних стінок. Кальцій входить до складу всіх клітин рослини і відкладається в них у формі щавлевої кислоти ($\text{Ca}_2\text{C}_2\text{O}_4$). Фізіологічна роль кальцію полягає у активації роботи ферментних систем, посиленні вуглеводного обміну, регуляції проникності мембран і в'язкості протоплазми клітини. За даними останніх досліджень зарубіжних і українських вчених оптимальний рівень кальцію в клітинній протоплазмі сприяє активізації синтезу фітоауксинів (специфічних противітопатогенних речовин), а зміцнення клітинних стінок запобігає пошкодженості зовнішніх покривів і листового апарату комахами-шкідниками.

Для енергетичної верби першого року (садіння) найефективнішим є внесення мінеральних добрив з осені під глибоку оранку. Це забезпечує рівномірний розподіл поживних речовин у верхньому 0-30 см шарі ґрунту і створює сприятливі умови мінерального живлення рослин упродовж першого року вегетації. Добрива вносять розкидним способом по поверхні поля на передодні оранки з наступним їх заорюванням у ґрунт.

Кращими видами азотних добрив у основне удобрення визначено амідні (сечовина) та амонійні форми (сульфат амонію, безводний аміак, аміачну воду, КАС та ін.).

При виборі фосфорних добрив враховують ступінь їх розчинності у воді та кислотно-лужний баланс ґрунту. Водорозчинні добрива, до яких відносять суперфосфати (простий порошковидний та гранульований, подвійний та

потрійний суперфосфат), є найкращим видом фосфорних добрив для застосування в основне удобрення на всіх типах ґрунтів. Фосфорні добрива розчинні у слабких кислотах (преципітат, фосфатшлак, томасшлак) та важкорозчинне добриво (фосфоритне борошно) рекомендується вносити на ґрунтах з підвищеною кислотністю.

Таблиця 2.3

**Орієнтовані дози внесення мінеральних добрив
під енергетичну вербу**

Зона	Типи ґрунтів	За режимом зволоження	Внесення мінеральних добрив, кг/га, д.р. (без гною)	
			садіння	догляд
Полісся	Урожайність – 40-45 т/га			
	сірі та світло-сірі лісові	автоморфні	N ₇₅ P ₆₀ K ₈₅	N ₈₀
	дерново-підзолисті		N ₈₅ P ₆₀ K ₉₀	N ₉₀
	дерново-підзолисті глейові	гідроморфні	N ₇₀ P ₅₅ K ₈₀	N ₉₀
	дернові, лучно-болотні, торфувато-болотні		N ₈₀ P ₆₅ K ₈₅	N ₁₀₀
Лісостеп	Умови достатнього зволоження, урожайність – 50 т/га			
	чорноземи опідзолені, темно-сірі лісові	автоморфні	N ₆₀ P ₅₀ K ₈₀	N ₆₀
	сірі лісові		N ₇₀ P ₆₀ K ₈₅	N ₇₀
	чорноземно-лучні, лучно-чорноземні, лучні	гідроморфні	N ₅₀ P ₄₀ K ₇₀	N ₆₀
	дернові, лучно-болотні, торфувато-болотні		N ₈₀ P ₆₅ K ₉₀	N ₈₀
	Умови нестійкого зволоження, урожайність – 45 т/га			
	чорноземи опідзолені, темно-сірі лісові	автоморфні	N ₆₀ P ₄₅ K ₇₀	N ₆₀
	сірі лісові		N ₆₅ P ₅₀ K ₈₀	N ₇₀
	чорноземно-лучні, лучно-чорноземні, лучні	гідроморфні	N ₅₀ P ₄₅ K ₆₅	N ₆₀
	дернові, лучно-болотні, торфувато-болотні		N ₇₅ P ₆₀ K ₈₅	N ₈₀
	Умови недостатнього зволоження, урожайність – 40 т/га			
	чорноземно-лучні, лучно-чорноземні, лучні	гідроморфні	N ₅₅ P ₄₀ K ₆₀	N ₆₀
	дернові, лучно-болотні, торфувато-болотні		N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	N ₈₀

Примітка: у процесі догляду за енергетичною вербою вносяться тільки азотні добрива один раз у три роки (після зрізування верби)

Кращими видами калійних добрив для енергетичної верби є добрива, які містять у своєму складі іони кальцію і не містять хлору. В основне удобрення рекомендується застосовувати «Калимаг-30» (30-32% K_2O), «Каліймагнензія», сульфат калію (48-54% K_2O) та ін. Внесення калію хлористого (60% K_2O) чи 30% та 40% калійної солі є менш ефективним, оскільки наявність у їх складі хлору негативно впливає ріст і розвиток рослин. Калійні добрива мають добру розчинність у воді, а тому легко засвоюються рослинами.

Ефективним для енергетичної верби є внесення комплексних добрив – амофосу, діамофосу, нітрофоски, нітроамофоски та ін. Ці добрива доцільно використовувати в основне удобрення.

У процесі вирощування енергетичної верби найгострішою є проблема азотного живлення. Тому через кожні два роки після зрізування верби проводять підживлення рослин азотними добривами. Доза внесення азотних добрив коливається від 60 до 100 кг/га діючої речовини і залежить від ґрунтово-кліматичних умов її вирощування.

Амонійну селітру, яка є одним із найпоширеніших азотних добрив, краще вносити весною у підживлення по мерзлоталому ґрунту або пізні (травень) підживлення у міжряддя з наступним зароблянням у ґрунт шляхом дискування чи фрезерування.

В останні роки стали широко застосовувати **рідкі азотні добрива** – безводний аміак, аміакати, водний аміак (аміачна вода). За ефективністю рідкі азотні добрива не поступаються іншим їх видам. Щоб не допустити втрат аміаку, рідкі азотні добрива потрібно зберігати у герметичній тарі зі спеціальними клапанами, а за внесення їх відразу необхідно загортати в ґрунт.

Кращими рідкими азотними добривами під енергетичну вербу є вуглеаміакати, що являють собою водні розчини нітрату амонію, карбаміду, бікарбонату амонію та інших компонентів. У сільськогосподарському виробництві широко застосовують амонізований розчин нітрату кальцію, що містить від 9,0 % до 13,5% азоту (масова частка нітрату кальцію – 30-53%, нітрату амонію – 2-8%), а також карбамід-аміачну селітру (КАС) – рідке азотне добриво, що є сумішшю концентрованих водних розчинів карбаміду та аміачної селітри, масова частка яких становить – відповідно 31-46% та 40-44%. Промисловість випускає три форми цього добрива: КАС-28, КАС-30 та КАС-32 з вмістом азоту – відповідно 28%, 30% та 32%.

За промислового вирощування енергетичної верби широко застосовують азотні добрива КАС в період інтенсивного її росту і розвитку (кінець травня-початок червня) в дозі 80-100 кг/га д.р. Добрива вносять у міжряддя з наступним зароблянням у ґрунт. Для внесення рідких азотних добрив (аміачна вода, КАС) використовуються агрегати Топдаунг (фірма Вадерштад, Далтон (США), безводного аміаку – АСА-2 та ін..

Досягненню високої продуктивності енергетичної верби сприяє поєднане внесення мінеральних добрив та проведення заходів хімічної меліорації. Внесення меліорантів вапняного борошна (56% CaO) та гіпсу (32% CaO) є одним з найдешевших і дієвих способів підвищити вміст кальцію у ґрунті. Агрономічний інтерес внесення гіпсу полягає ще й у тому, що в 100 кг

меліоранта міститься 47,6 кг сірки (у перерахунку на SO_3). Виходячи з вчення класичної агрономічної науки, на ґрунтах підзолистого типу (темно-сірий опідзолений, дерново-підзолистий та ін.) вносять вапняні матеріали, а на ґрунтах солонцевих (каштанові і світло каштанові, засолені та солонці) – гіпс. Внесення помірних, науково обґрунтованих доз кальцієвмісних меліорантів на чорноземних ґрунтах підвищує в ґрунтовому розчині вміст доступного кальцію, посилює доступність елементів живлення з ґрунту та добрив внаслідок поліпшення фізичних властивостей і поживного режиму ґрунту. Результати досліджень свідчать про високу ефективність використання гіпсу в основне внесення і передпосівну культивуацію, а також сумісне внесення меліорану з аміачною селітрою і карбамідом.

Ефективнішим і агрохімічноціннішим меліорантом на засолених і солонцевих ґрунтах України є фосфогіпс. Фосфогіпс вноситься 1 раз на 5-7 років у дозах 5-20 т/га (розрахунок дози проводиться за змістом натрію). У США провели дослідження рівня радіації рослин за внесення фосфогіпсу. Встановлено, що в ґрунті і рослинах рівень радіації був набагато нижче допустимого.

Фосфогіпс, рівномірно змішаний з вапном у співвідношенні 80/20 не злежується за тривалого зберігання і може бути використаний в якості меліоранта і добрива. За дози фосфогіпсу 10 т/га в ґрунт вноситься 110-130 кг P_2O_5 . Приготування компостів з гною і пташиного посліду з додаванням фосфогіпсу суттєво підвищує мінеральну цінність у удобрювальні властивості органічних добрив.

2.4. Глибока оранка

Глибока оранка проводиться оборотними плугами з метою якісного, глибокого розпушування ґрунту, загортання органічних і мінеральних добрив, поживних решток, бур'янів і шкідників та створення умов для тривалого поліпшення водно-повітряного й поживного режимів ґрунту, якісного проведення подальших польових робіт.

Проведення глибокої оранки поліпшує водопроникність ґрунту і накопичення в ньому води.

Висока якість оранки досягається за проведення її оборотними плугами з передплужниками. Це пояснюється тим, що поживні рештки попередника краще загортаються у глибший, завжди вологий шар ґрунту, де вони мінералізуються з утворенням підвищеної кількості гумусу, а біологічно менш активний шар вивертається на поверхню, де в умовах вільного доступу повітря збагачується доступними для рослин елементами живлення. Завдяки кращому загортанню в ґрунт поживних решток, бур'янів та органічних добрив поліпшується якість роботи сівалок та культиваторів на догляді.

За ранньої оранки насіння бур'янів, що вивертається з глибоких шарів ґрунту, за сприятливих умов інтенсивно проростає, а сходи їх знищуються наступними культивуаціями або гинуть від морозів. А за пізньої оранки

здебільшого насіння бур'янів не встигає прорости і дає сходи тільки наступної весни, засмічуючи поля енергетичної верби.

Глибина оранки визначається видом висіваючої культури, товщиною гумусового шару ґрунту, засміченістю поля та іншими умовами. Багаторічними дослідженнями та виробничою практикою доведено, що глибока оранка чорноземів (28-32 см) під енергетичну вербу ефективніша, ніж звичайна (20-22) та мілка (14-16 см). За глибокої оранки створюються кращі умови для життєдіяльності культурних рослин, а саме: зменшується рівень забур'яненості, ураження хворобами, ушкодження шкідниками та ін.

За мілкої оранки спостерігається тенденція зменшення весняних запасів вологи в ґрунті (особливо в шарі 100-150 см), а також певні зміни в накопиченні елементів живлення. Так, у шарі ґрунту 0-60 см кількість їх однакова як за глибокої (30-32 см), так і мілкої оранки, але в шарі 0-15 см завжди їх більше за мілкої оранки, особливо на удобрених полях. Це сприяє більш інтенсивному росту в початковий період бур'янів. З ростом кореневої системи рослин перевага мілкої оранки зникає і врожайність верби стає вищою за глибокої оранки.

Кращою є оранка, після якої на полі не утворюються звальні гребені та роз'ємні борозни. Для такої оранки застосовують оборотні плуги з двома секціями корпусів. Одна секція корпусів відвалює скибу праворуч, друга — ліворуч. Глибоку оранку можна виконати оборотними плугами ПНО-3,35, ПОНП-6. Оранка здійснюється човниковим способом без розбивки на загінки. Фірма Лемкен випускає начіпні оборотні плуги «Ональ» та напівначіпні «Варідіамана».

Основними агротехнічними вимогами до оранки є — виконання її в оптимальні строки, достатнє обертання скиби, відсутність огріхів, висота гребенів не більше 5 см, висота звальних гребенів і глибина борозен не більше 7 см, відхилення глибини - до 2 см, добре розпушення ґрунту, повне загортання верхнього шару, пожнивних решток, бур'янів та добрив, (табл. 2.4).

Основний обробіток ґрунту поєднується із внесенням добрив. Оранку проводять слідом за внесенням добрив, не допускаючи його висушування і втрат поживних речовин.

Ефективним є застосування оборотних плугів, особливо з удосконаленою формою леміша та корпусу (наприклад, виробництва компаній Лемкен та Фогель унд Ноот з Німеччини та Австрії відповідно). Останні суттєво зменшують тягові зусилля, що дозволяє економити енергоресурси при здійсненні цього технологічного заходу.

Особливі вимоги до якості глибокої зяблевої оранки під енергетичну вербу впливають, крім всього іншого, з необхідності збільшення норм органічних добрив як одного з найважливіших факторів підвищення ефективності інтенсивних технологій їх вирощування.

Агротехнічні вимоги до глибокої оранки

Показники	Нормативи	Допуски
Агрегат для глибокої оранки: трактори ХТЗ-121, Джон Дір; оборотний плуг – ПОНП-6 + борона ланцюг, ПЛН-5-35		
Початок виконання робіт	вслід за внесенням добрих	1-2 дні після внесення добрих
Тривалість роботи в одному полі, днів	6	± 2
Прямолінійність, м	без відхилень від прямої лінії	+1м на 500м гону
Оборот пласта	повний	-
Загортання післяжнивних решток, бур'янів, добрих, %	не менше 95%	+2
Гребені, см	не більше 5	-2
Огріхи, не оброблені поворотні смуги	не допускаються	-
Глибина оранки, см	30 - 35	-2
Розряд роботи	V	

Підготовка агрегатів до роботи на оранці починається з підготовки самого поля, налаштування та регулювання плугів. Їх робота в загінці під час основного обробітку ґрунту під енергетичну вербу не має яких-небудь специфічних особливостей та здійснюється відповідно загальноприйнятим схемам та інструкціям для зяблевої оранки як такої.

До комплексного догляду за зябом за вирощування енергетичної верби рекомендовано включати також його щілювання як додатковий захід для підвищення вологозберігаючої ефективності системи обробітку ґрунту і знищення «підшви». Для цього застосовують щілиноутворюючі ЩП-000 та ЩП-3-70 один раз за ротацію сівозміни. Щілювання завжди здійснюють по діагоналі та поперек напрямку оранки на полях з безпечним для ерозії ґрунту рівнем схилу. На схилових землях та вирівняному зябу щілювання, як і оранка, також повинне бути контурним. У два сліди (вздовж та поперек) щілювання варто проводити на ділянках, де є загроза утворення так званих «блюдець». Глибина щілин має становити 45-50 см, відстань між ними – 140 см.

Система основного обробітку ґрунту під енергетичну вербу за напівпаровим способом з самого початку була зорієнтована на переваги тривалого та ретельного літньо-осіннього догляду за глибоко зораним у кінці липня - на початку серпня полем. У багатьох сучасних зональних технологій при вирощуванні енергетичної верби застосовують напівпаровий обробіток

грунту з суттєвим удосконаленням. Традиційно літньо-осінній догляд за ріллею включає одне - два боронування важкими чи середніми зубовими бородами (ВНЦ-Р, ЗБЗТС-1,0, ЗБЗСС-І) під кутом 20 - 30° до напрямку оранки з метою руйнування ґрунтової кірки, провокації проростання бур'янів, загального поліпшення аерації ґрунту, оптимізації протікання біологічних та хімічних процесів його життєдіяльності з урахуванням того, що мінералізації підлягають пожнивні рештки.

2.5. Вирівнювання ґрунту

Після глибокої оранки у міру випадання дощів і появи сходів бур'янів поле обробляють широкозахватними агрегатами. Запізнення з обробітком призводить до укорінення бур'янів, що робить необхідним застосування культивачів. Це збільшує витрати, ущільнює ґрунт, погіршує його фізичні властивості. При вирівнюванні поверхні ґрунту слід дотримуватися певних агротехнічних вимог (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Агротехнічні вимоги до вирівнювання ґрунту

Показники	Нормативи	Допуски
Агрегат для вирівнювання ґрунту: Трактор ХТЗ-121, МТЗ-82, с.-г. машини: СП-16А+ВНЦ-Р+ЗБСС-1,0 або АРВ-8, 1-01; ЗПГ-24		
Час проведення роботи	при появі бур'янів	
Тривалість роботи, дні	2	± 1
Глибина обробітку ґрунту, см	5-6	± 1
Швидкість руху агрегату, км/год.	7-8	+1
Напрямок руху агрегату до оранки, градусів	10-15	+20
Розряд роботи	IV	

За вирівнювання поля восени необхідно, щоб його поверхня до зими не набула надто дрібної структури, оскільки в такому випадку виникає небезпека глинизації поверхні ґрунту та ущільнення – і створення умов для виникнення водної ерозії. Тому восени не потрібно вирівнювати ґрунти, бідні на гумус і багаті на мул, бо вони легко запливають.

Осінній обробіток (вирівнювання ґрунту) забезпечує більш ранню весняну стиглість ґрунту, активізацію біологічних процесів, а також швидке проростання бур'янів. А повесні необхідний лише дуже мілкий обробіток ґрунту (закриття вологи), що зберігає вологу і запобігає потраплянню насіння бур'янів з нижніх шарів ґрунту у верхні.

Отже, на полях, сильно засмічених однорічними бур'янами (мишій, куряче просо, щиріця, лобода біла та ін.), найбільш ефективним є напівпаровий обробіток ґрунту. Слід пам'ятати, що проведена боротьба з бур'янами, вирівнювання поверхні поля після глибокої оранки дає можливість весною

виключити технологічні операції «Передпосівний обробіток ґрунту» і «Внесення ґрунтових гербіцидів».

2.6. Підготовка ґрунту для садіння пагонів

Пересадильний обробіток ґрунту є складовою частиною єдиного процесу вирощування маточного садивного матеріалу та промислового вирощування енергетичної верби і повинен здійснюватися без розриву в часі випереджаючи садіння на два-чотири проходи садильного агрегату. Передсадильний обробіток ґрунту спрямований на максимальне збереження вологості, прогрівання ґрунту, створення оптимальних умов для живців, забезпечення дрібно грудкуватого стану верхнього шару ґрунту.

Для обробітку ґрунту доцільно застосовувати агрегат АРВ-8,1-01, що забезпечує якісне без перемішування розпушування ґрунту на задану глибину садіння живців (5-6 см). Робоча швидкість – 7-10 км/год. Агрегатується з трактором класу 20 кН.

Перший прохід агрегату проводять по лінії, визначеній віхами, що забезпечує прямолінійність руху. При цьому перевіряють якість його роботи: глибину обробітку ґрунту, гребнистість поверхні розпушеного шару, якість підрізання бур'янів. Якість роботи агрегату на передпосівному обробітку ґрунту необхідно постійно перевіряти згідно агротехнічними вимогами (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Агротехнічні вимоги до передсадильного обробітку ґрунту

Показники	Нормативи	Допуски
Агрегат для виконання передпосівного обробітку ґрунту: трактори ХТЗ-121, ХТЗ-170, с/г машина АРВ-8,1-01		
Строки виконання роботи	одночасно з садінням живців	
Тривалість роботи в одному полі	1	+ 1
Глибина розпушеного шару ґрунту, см	5 – 6	+ 2
Знищення бур'янів, %	не менше 98%	+ 2
Висота гребенів або глибина бороздок, см	1,5	± 0,2
Швидкість руху агрегату, км/год.	7 – 10	± 1
Напрямок руху агрегату	під кутом 3-4° до напрямку садіння	-
Забезпеченість підготовки ґрунту	на 3 – 4 проходи до напрямку садіння	-
Розряд роботи	V	

Верби, зважаючи на їх різні екологічні особливості, можуть рости практично на всіх типах ґрунтів, але для вербових плантацій будь-якого призначення оптимальним є вологий, багатий на гумус, добре дренований супіщаний або суглинистий ґрунт. Ґрунт має бути слабо кислим або нейтральним (рН 5-6).

Отже, основна мета передпосівного обробітку – створити для верби сприятливі умови росту: покращити аерацію ґрунту, різко зменшити кількість бур'янів та створити оптимальні умови для росту живців енергетичної верби.

2.7. Заготівля пагонів та живців

Вербу прутувидну можна вирощувати на різних типах ґрунтів. Цей вид відрізняється великою пластичністю і росте на ґрунтах з реакцією рН від 4,5 до 7,6. При цьому для вирощування верби бажаніші легкі ґрунти. Проектуючи закладання плантацій верби прутувидної, необхідно підбирати відповідний різновид, який дасть максимальний урожай за короткий час. Вибір саджанців енергетичної верби має тісний зв'язок з умовами росту і розвитку рослин.

Верба прутувидна розмножується вегетативно за допомогою живців від пагонів продуктивних форм верби. Правильно підготовлений живець має бути 18-19 см. При цьому пагони мають бути висотою 1,4-2,5 м, сатування (товщина) пагонів – 2,0-0,8 см. Пагони для живців заготовлюються від другої половини листопада до першої березня. Живці повинні мати 5 сплячих бруньок, бути чистими, здоровими і мати відповідну вологість.

Для створення вербових насаджень на отримання дрібних асортиментів використовуються 1-2 річні живцеві саджанці. Нарізати живці необхідно з однорічних пагонів, що вирощені на спеціальних маточних плантаціях, при цьому бажано утримуватися від заготівлі живців з верхівкової частини пагонів.

Підготовлені живці, пагони необхідно зберігати у контрольованих умовах, аби вони не висохли і зберігати здоровими – в погребях, холодильних камерах, спеціально обладнаних сховищах тощо.

Таким чином, за садіння на плантаціях навесні, з заготівлею живців безпосередньо перед садінням, тобто коли вже почався сокорух і почали розвиватися листки, можна отримати високий ступінь укорінення живців та досить інтенсивний ріст пагонів. Однак продуктивність таких насаджень, принаймні у перші три роки, значно поступається продуктивності аналогічних насаджень, проведених восени або навесні при заготівлі живців у кінці періоду зимового спокою. Заготівля живців у період сокоруху негативно впливає на життєздатність материнських кущів.

Осіньне садіння з заготівлею живців безпосередньо перед садінням та ранньовесняне з заготівлею садивного матеріалу в кінці періоду зимового спокою і зберіганні його до садіння – найбільш придатними для вирощування плантацій верб. До позитивних сторін першого варіанту належить швидкий початок росту, краще використання ґрунтової вологи, можливість проводити садіння не в стислі строки, відсутність витрат на зберігання садивного матеріалу, а до негативних – можливість висушування живців у малосніжні зими морозами та вітром. При весняному садінні цієї небезпеки немає, але збільшуються витрати на зберігання живців протягом 1,0 – 1,5 місяців, і скорочується оптимальний термін створення плантацій, так як навесні швидко пересихає ґрунт. Восени та навесні можна саджати вербу прутинкову та тритичинкову, які мають високу продуктивність за обох строків садіння.

Ділянки з високим рівнем ґрунтових вод доцільно засаджувати восени, коли він найнижчий. Для забезпечення в підприємстві промислового вирощування енергетичної верби слід займатися маточним вирощуванням садивного матеріалу. Для цього застосовується придбаний сортовий матеріал (пагони при механізованому садінні живців розміром 20-22 см саджаються на глибину 18-19 см, а восени живці доцільно заглиблювати на кілька сантиметрів від поверхні або присипати ґрунтом на 3-4 см, що запобігає їх вимерзанню, висушуванню та витисканню з ґрунтом морозами). Корисною така операція вважається також і при весняному садінні. При цьому відстань між живцями в рядку – 0,30 м, між рядками – 0,70 м, між рядами – 1,4 м. Густота насадження – 30000 шт./га.

За промислового вирощування енергетичної верби на щепу садіння живців потрібно проводити на глибину 18-19 см, з відстанню між саджанцями в рядку – 0,60 м, між рядками – 0,70 м, між рядами – 1,4 м. Густота насадження – 15000 шт./га.

2.8. Найбільш поширені схеми закладання плантацій енергетичної верби

Для забезпечення механізованої технології вирощування і збирання біомаси енергетичної верби плантації цієї культури закладають смугами по 2 рядки. Для кращого забезпечення сонячним світлом рядки рекомендується розміщувати паралельно лінії меридіани (у північно-південному напрямку). На сьогодні відомо декілька схем садіння енергетичної верби (рис. 2.1), які відрізняються між собою за шириною міжряд між смугами та між рядками у смузі, а також віддалю між рослинами в рядку (табл. 2.7).

За європейською технологією, за якою енергетична верба вирощується у більшості країн Західної та Центральної Європи, ширина міжряд між смугами становить 2,5 м, а між рядками у смузі – 0,75 м. За такої схеми довжина лінії рядків, які розміщуються на одному гектарі, становить 6154 м. Площа живлення, яка припадає на одну рослину за європейською технологією, має форму витягнутого прямокутника (рис. 2.1), сторони якого за щільності розміщення рослин 15 тис.шт./га становитимуть: $L=163$ см, $n=41$ см, а індекс форми площі живлення – $k_{\phi}=3,96$ (табл. 2.7).

Таблиця 2.7

Параметри відомих схем садіння енергетичної верби, м

Параметри	Технології			
	Європейська	Скандинавська	Американська	Українська*
<i>a</i>	2,5	1,5	1,52	1,4
<i>b</i>	0,75	0,75	0,76	0,7
<i>n</i>	0,3...0,6	0,3...0,6	0,3...0,6	0,3...0,6

Примітка *- пропонована

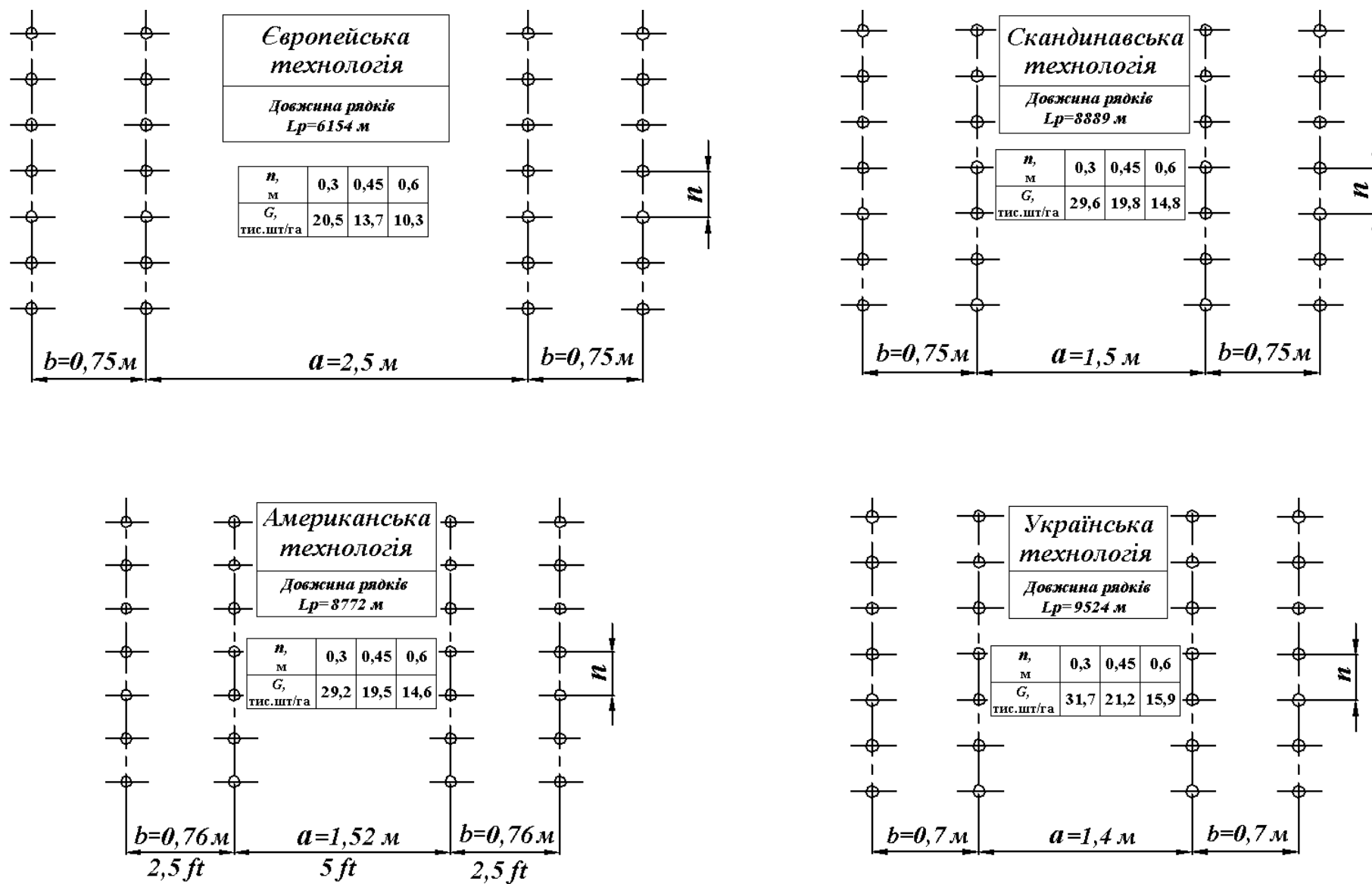


Рис. 2.1. Розміщення рослин енергетичної верби за різних технологій вирощування
(a – ширина міжрядь між смугами, b – ширина міжрядь у смузі, n – відстань між рослинами в рядку).

Проаналізувавши недоліки та переваги відомих закордонних технологій, а також врахувавши ґрунтово-кліматичні умови України та традиційну для нашої країни систему машин, зорієнтовану на міжряддя 70 см, нами пропонується Українська технологія вирощування енергетичної верби з шириною міжрядь між смугами $a=1,4$ м та шириною міжрядь у смугі $b=0,7$ м (рис 2.2.)

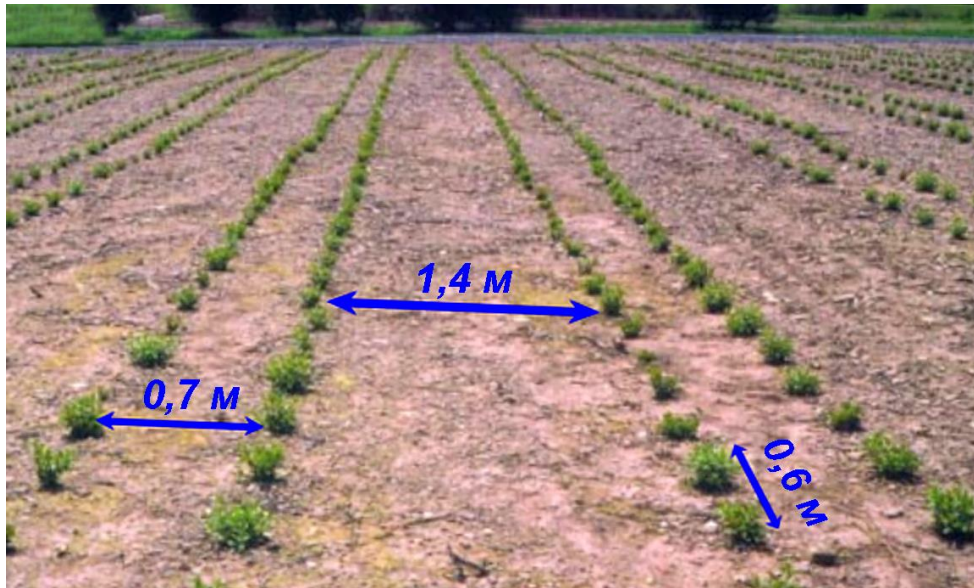


Рис. 2.2. Розміщення рослин за пропонованою Українською технологією вирощування енергетичної верби

2.9. Методика розрахунку потреби в садивному матеріалі

Згідно з механізованою технологією енергетична верба саджається смугами по 2 рядки (рис. 2.3.). Загальна довжина смуг на одному гектарі визначається за формулою:

$$L_c = \frac{10000}{c} = \frac{10000}{a+b}$$

де L_c – довжина смуг на 1 га, м;

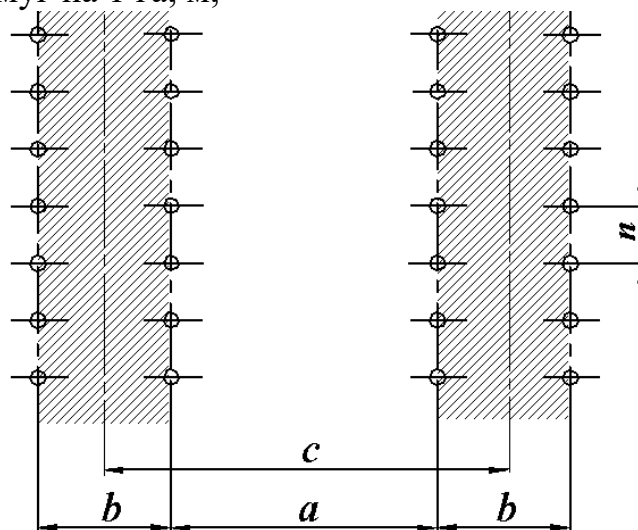


Рис. 2.3. Схема до визначення густоти насаджень рослин

Оскільки у смузі 2 рядки, то довжина рядків енергетичної верби на гектарі буде вдвічі більшою за довжину смуг:

$$L_p = 2 \cdot L_c = \frac{20000}{a+b}$$

де L_c – довжина рядків на 1 га, м

Розділивши загальну довжину рядків на відстань між рослинами в рядку (крок садіння) отримаємо густоту стояння рослин (рис. 2.4):

$$G = \frac{L_p}{n} = \frac{20000}{(a+b) \cdot n}, \quad (1)$$

де G – густота стояння рослин, шт./га;

a – ширина міжрядь між смугами, м;

b – ширина міжрядь в смузі, м;

n – відстань між рослинами в рядку (крок садіння), м

Таблиця 2.8

Розрахунок густоти насаджень живців верби за різними технологіями, шт./га

Крок садіння n , см	Європейська ($a=2,5$ м; $b=0,75$ м, $L_p=6154$ м/га)	Скандинавська ($a=1,5$ м; $b=0,75$ м, $L_p=8889$ м/га)	Американська ($a=1,52$ м; $b=0,76$ м, $L_p=8772$ м/га)	Українська ($a=1,4$ м; $b=0,7$ м, $L_p=9524$ м/га)
15	41026	59259	58480	63492
20	30769	44444	43860	47619
25	24615	35556	35088	38095
30	20513	29630	29240	31746
35	17582	25397	25063	27211
40	15385	22222	21930	23810
45	13675	19753	19493	21164
50	12308	17778	17544	19048
55	11189	16162	15949	17316
60	10256	14815	14620	15873
65	9467	13675	13495	14652
70	8791	12698	12531	13605
75	8205	11852	11696	12698
80	7692	11111	10965	11905
85	7240	10458	10320	11204
90	6838	9877	9747	10582
95	6478	9357	9234	10025
100	6154	8889	8772	9524

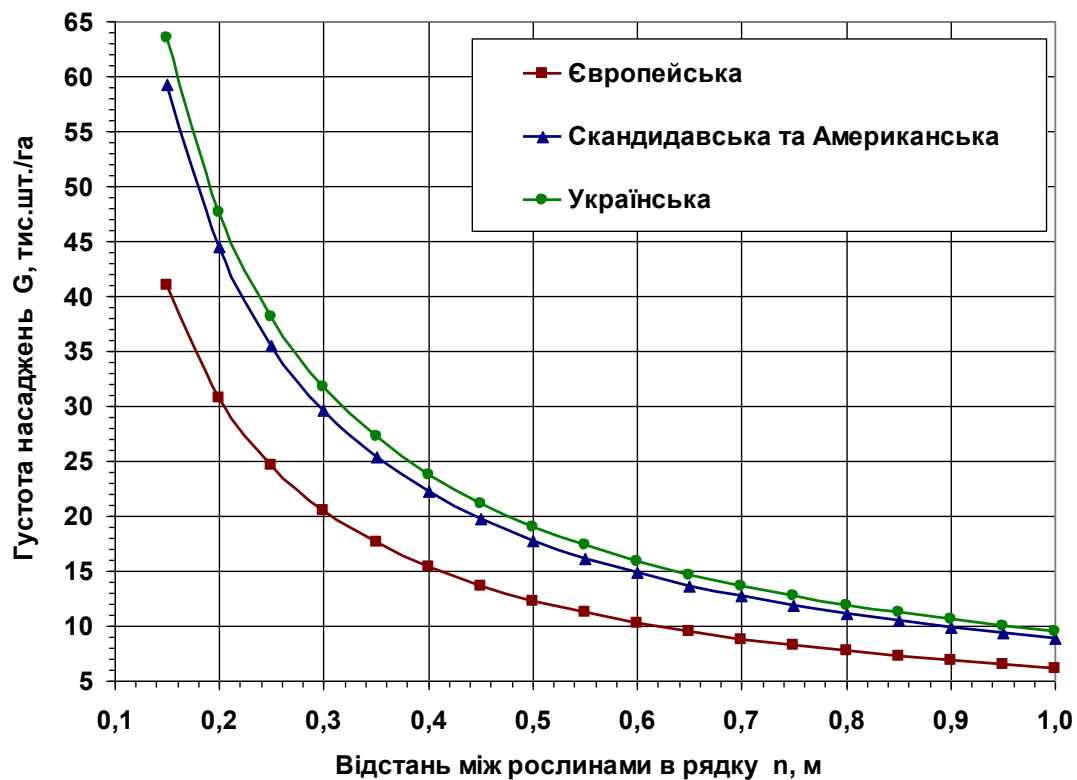


Рис. 2.4. Залежність густоти насаджень живців верби за різними технологіями від відстані між рослинами в рядку

Розрахунок потреби у садивному матеріалі (живцях) слід проводити з врахуванням густоти стояння рослин та коефіцієнта приживання k . Коефіцієнт приживання залежить від стану живців, ґрунтово-кліматичних умов, якості проведення підготовки ґрунту, садіння та догляду за насадженнями енергетичної верби.

Таким чином, кількість живців, необхідних для закладання плантації, розраховується за формулою:

$$N = \frac{G \cdot k \cdot F}{100} = \frac{200 \cdot k \cdot F}{(a + b) \cdot n}, \quad (2)$$

де N – кількість живців, шт.; G – густота стояння рослин, шт./га;

k – коефіцієнт приживання, %; F – площа плантації, га.

Щоб уникнути пропусків, пов'язаних з огріхами під час садіння та неприживанням посаджених живців, необхідно проводити «лікування» плантації шляхом підсаджування живців у місця пропусків за допомогою меча Колісова. «Лікування» плантацій доцільно проводити якщо частка пропусків перевищує 15%.

2.10. Садіння енергетичної верби

Механізоване садіння енергетичної верби можливе за використання 4-рядної машини, яка забезпечує розрізання пагонів верби на живці, подачу їх у садильну щілину, загортання ґрунтом та прикочування (рис. 2.5, 2.6)



Рис. 2.5. Зовнішній вигляд 4-рядкової садильної машини

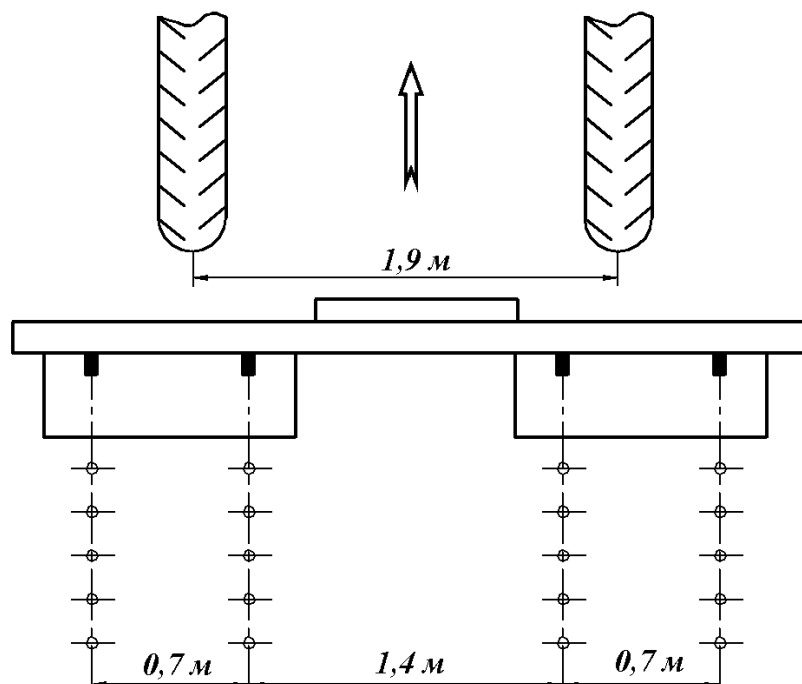


Рис. 2.6. Схема роботи 4-рядкової садильної машини

Для закладання невеликих дослідних ділянок енергетичної верби або розсадників розмноження (до 5 га) доцільно використовувати простіші за конструкцією, але менш продуктивні 2-рядні садильні машини (рис. 2.7, 2.8). Під ручне садіння верби використовують агрегат для створення борозен (рис 2.7).



Рис. 2.7. Зовнішній вигляд 2-рядкової садильної машини

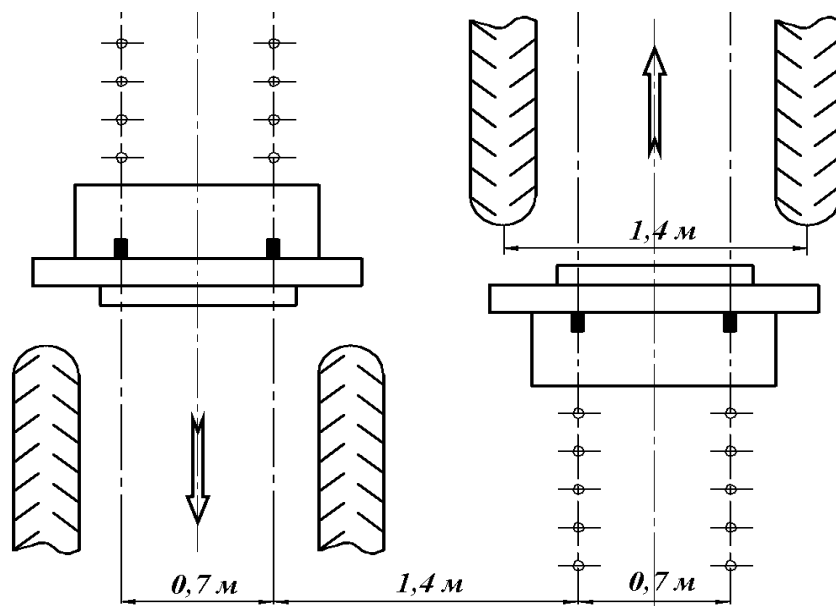


Рис. 2.8. Схема роботи 2-рядкової садильної машини

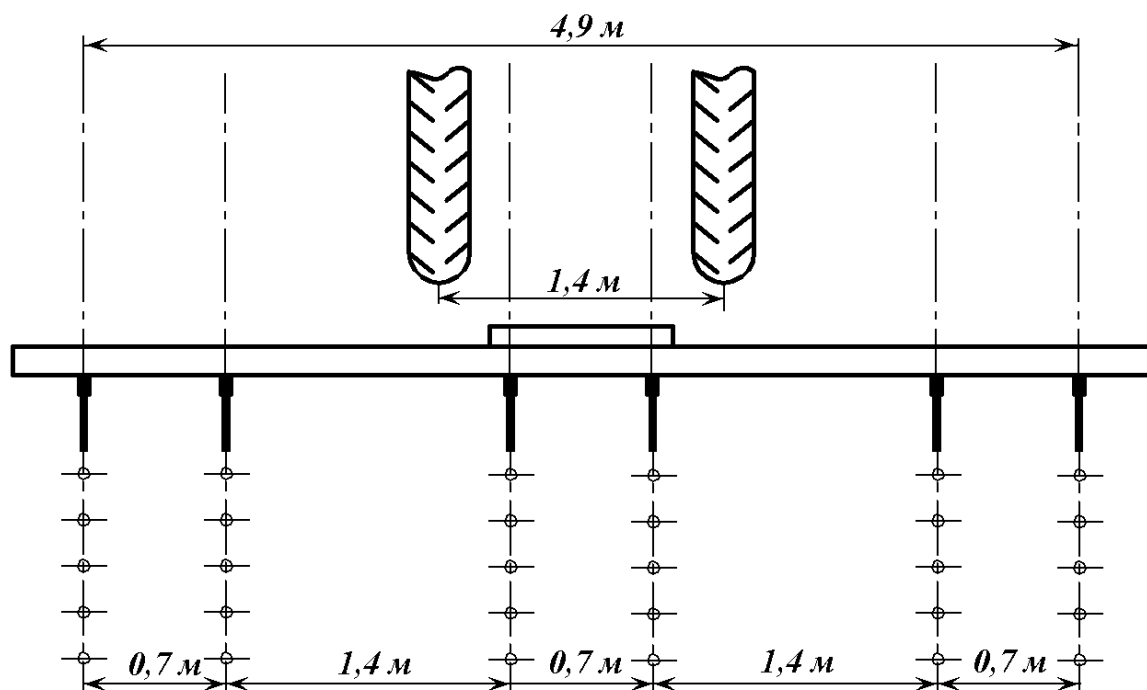


Рис. 2.9. Агрегат для створення борозен під ручне садіння живців верби

Садіння живців проводиться вертикально з виступанням відносно поверхні ґрунту 1-2 см. При садінні восени живці доцільно заглиблювати на 2-3 см відносно поверхні або присипати ґрунтом на 3-4 см, щоб запобігти їх вимерзанню, висушуванню та витисканню з ґрунту морозами.

Для садіння живців верби на великих плантаціях нині в Європі розроблено низку спеціальних машин для вирощування і збирання енергетичної верби.

Так, садильна машина Energy Planter датської компанії Egedal поки є єдиною такого типу, що працює в Україні. Вона використовується для садіння верби в основному на великих плантаціях. Продуктивність її в середньому – 1,5 га за годину, що дає можливість підвищити продуктивність при закладенні плантацій енергетичної верби. Важливим є те, що ця машина розрізає вербовий прут на живці безпосередньо під час садіння і заробляє їх у ґрунт з ущільненням його навколо живця. Це дає можливість підвищити польову схожість.

На невеликих науково-дослідних ділянках садіння живців проводять вручну (рис. 2.10.), використовуючи вузький меч Колесова або садильний штир. На місцях, де живці, посаджені восени або навесні, не прийнялися, після закінчення першого вегетаційного періоду проводиться насадження живців вручну. Після ручного садіння живців та садіння весною плантацію доцільно прикотити для більш щільного приставання ґрунту до живця.



Рис. 2.10. Живці енергетичної верби для ручного садіння

Проектуючи закладання плантацій верби прутувидної, слід підібрати відповідний різновид, який дасть максимальний урожай за короткий час. Вибір

садивного матеріалу енергетичної верби не повинен бути випадковим. Якість живців, пагонів верби тісно пов'язана з строками укорінення і ростом рослин.

Вербу прутувидну розмножують вегетативно за допомогою живців від пагонів продуктивних форм верби. Правильно підготовлений живець має бути 20-25 см завдовжки та 0,7-1,5 завтовшки. Пагони для живців заготовляють від другої половини листопада до березня. Живці повинні мати 5 сплячих бруньок, бути чистими і мати відповідну вологість. Тому найкраще живці приживаються, якщо їх перед садінням замочити у воді протягом 24-48 годин.

Садивний матеріал для зберігання упаковують в пачки (пагони по 50 шт., живці – по 100 шт.) і зберігають в холодильниках, погребях, спеціально обладнаних сховищах тощо.

Верхівку живців необхідно обробити фарбою з додаванням протигрибкових засобів. Таким чином садивний матеріал буде попереджено від хвороб. Крім цього, позначення кожного різновиду верби своїм кольором полегшить роботу на плантаціях.

РОЗДІЛ 3

ДОГЛЯД ЗА ПЛАНТАЦІЯМИ ТА ЗБИРАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

Під час вирощування енергетичної верби важливе значення має догляд за плантаціями, який ґрунтується на застосуванні комплексу агротехнічних і хімічних засобів, що забезпечують надійне контролювання бур'янів та внесення мінеральних добрив і мікроелементів, аерацію ґрунту та затримання в ньому вологи.

Для якісного проведення польових робіт з догляду за рослинами верби в оптимальні агротехнічні строки за раціональних затрат праці і коштів слід визначитися з необхідними технологічними операціями, видовим складом і кількістю технічних засобів.

Оптимізація технологічних операцій і технічних засобів догляду за плантаціями верби дає можливість створити необхідні (сприятливі) умови для росту і розвитку рослин, отримати заплановану оптимальну для кожного поля урожайність верби за раціональних затрат на їх вирощування і значного зменшення витрат коштів на одиницю продукції.

Аналізуючи стан та тенденції розвитку сучасного енергетичного комплексу, за застосування технологічних операцій і технічних засобів для догляду за площами верби, необхідно враховувати:

- зональність вирощування енергетичної верби, згідно з якою системи прийомів і технічних засобів для їх реалізації повинні бути адаптовані до конкретних ґрунтово-кліматичних умов;
- оптимальність застосування відповідних технологічних прийомів і машин за критерієм створення найбільш сприятливих умов для рослу і розвитку рослин, отримання максимального врожаю та їх економічної ефективності виконання, згідно з якою необхідні технологічні операції повинні визначатися для кожного конкретного поля або випадку;
- наявність гнучкої системи догляду за площами, згідно з якою для забезпечення максимальної ефективності виробництва необхідно застосовувати кілька варіантів технологічних операцій.

Догляд за плантаціями енергетичної верби включає наступні технологічні операції:

- захист енергетичної верби від бур'янів;
- розпушування ґрунту в міжряддях;
- захист верби від шкідників і хвороб.

3.1. Ранньовесняний обробіток ґрунту

Ранньовесняний суцільний обробіток ґрунту проводиться за весняного садіння верби і з'явлення бур'янів при механізованому і ручному садінні до проростання живців.

Тип борін підбирають з таким розрахунком, щоб під час обробітку розпушений шар не був глибоким. За застосування зубових борін для

зменшення кількості проходів агрегатів на плантаціях і підвищення їх продуктивності комплектують широкозахватні агрегати.

Зубові борони використовують залежно від щільності ґрунту: на ущільнених – середні ЗБЗСС-1,0 або посівні ЗБП-06, на не ущільнених – рай борінки ЗОР-07. Боронувальний агрегат рухається діагональним способом під кутом 25-30° до напрямку рядків. На першому проході агрегату перевіряють глибину обробітку ґрунту. Якщо вона не відповідає заданій, змінюють борони на легші чи важчі. Швидкість руху агрегату – 7 км/год.

3.2. Захист плантацій верби від бур'янів

В перший рік догляду за вирощуванням енергетичної верби, як садивного матеріалу, так і для промислового використання, застосовують ґрунтовий гербіцид СТОМП з нормою внесення 5 л/га. Робочий розчин вноситься до проростання енергетичної верби. При вирощуванні енергетичної верби застосовується основна система захисту плантацій від бур'янів – комбінована.

Комбінована система захисту від бур'янів використовується на площах з високим рівнем присутності насіння бур'янів з недостатнім рівнем матеріально-технічного забезпечення. Ця система передбачає обов'язкове внесення в ґрунт гербіцидів, що діють у вологому ґрунті через кореневу систему, і наступних обприскувань сходів. Застосування ґрунтових гербіцидів знижує напруження в проведенні захисних заходів у боротьбі з бур'янами по сходах.

Найбільш складно контролювати комплекс дводольних видів бур'янів. Тому основну увагу при виборі ґрунтових гербіцидів необхідно приділяти противодольним препаратам.

Посходові обприскування доцільно починати при з'явленні бур'янів. Перший обробіток плантацій енергетичної верби проводять у фазі сім'ядолей у бур'янів, застосовуючи гербіцид Пантера 40 з нормою внесення 2 л/га. Науковими дослідженнями встановлено, що проти багаторічних видів злаків використовується гербіцид Пантера 40. При з'явленні нової хвилі ярих видів дводольних і злакових бур'янів слід обробити плантації знову гербіцидом Пантера 40 з нормою внесення 2 л/га. Рослини верби повинні мати не менше чотирьох-п'яти листків. Обприскування грамініцидами проводять незалежно від фаз розвитку енергетичної верби (приблизно це травень місяць). Комплекс захисту плантацій проти бур'янів за чіткого дотримання регламентів роботи з гербіцидами не дає побічних ефектів і тому є прийнятним.

Механізовані роботи після внесення гербіцидів можна проводити лише на четвертий день. Ручні роботи можна починати на восьмий день після обприскування.

За післясходового застосування гербіцидів на їх дію не впливають такі фактори ґрунтового комплексу, як структура, вміст гумусу, ґрунтова реакція (рН), вологість ґрунту тощо. Гербіциди можна застосовувати гнучко і цілеспрямовано залежно від конкретної ситуації засміченості даного поля.

Проводити розпушування міжрядь і внесення гербіциду краще неодноразово, оскільки розпилювачі обприскувача легко забруднюються пилом

в результаті механічної обробки ґрунту. Крім того, дія гербіцидів на забруднені ґрунтом листки знижується. Доцільно спочатку провести смугове обприскування, а потім культивацію (обробіток) міжрядь. Механічний обробіток необхідно проводити кілька разів до змикання рядків.

Технологія внесення гербіцидів. Для внесення препаратів необхідно використовувати близько 200-250 л/га води з робочим тиском 2,0-3,0 атм. Застосовувати менші норми витрати рідини не рекомендується через небезпеку випаровування і пов'язане з цим зниження біологічної активності препаратів. Правильний вибір розпилювача визначає величину крапель, внесення оптимальної кількості гербіциду на цільовий об'єкт і втрати препарату випаровуванням і знесенням. Для діапазону витрати рідини 200 л/га особливо придатні розпилювачі з плоским конусом розпилу типу LU і XR із соплами типу 11003 і 407-03. Уже за низького тиску від 1,5 до 2,0 бар вони забезпечують хороший розподіл краплин.

Для якісного розприскування розчину швидкість руху агрегату не повинна перевищувати 6-7 км/год. Оскільки на обсяг води, що витрачається, впливають розпилювачі, робочий тиск і швидкість руху, режим обприскування треба встановлювати відповідно до ширини захвату обприскувача, довжини поля і числа повних обробітків, для того щоб обприскувачі можна було заправляти на краю поля.

Вносять препарати штанговими обприскувачами з широким (15 - 30 м) захватом. Наразі найбільш зручними оприскувачами є ОП-2000-2-01, ОПШ-2000, ОСШ-2500, ОПК-3000, RAU, Спаєр, Харді-2200, що обладнані щілинними розпилювачами, відсікаючими індивідуальними клапанами та фільтрами.

Головне завдання гербіцидів — забезпечити необхідний захист посівів від бур'янів до періоду виростання пагонів верби до висоти, більшої за висоту бур'янів.

Приготування робочого розчину проводять в місткості обприскувача. Бак заповнюють (обов'язково чистою і бажано м'якою) водою на 1/3 або 1/4 об'єму. Після цього в бак вносять за безперервної роботи мішалок гербіциди і після енергійного перемішування доводять вміст робочої рідини до повного об'єму водою. В заправленому обприскувачі мішалки повинні працювати постійно до закінчення процесу обприскування.

Наземне обприскування проводять у суху погоду за швидкості вітру до 5 м/сек. і температури не вище 24°C і не нижче 15°C. В жарку суху погоду обробітки площ доцільно проводити після 17 години. Допустиме відхилення фактичної норми витрати робочої рідини від розрахункової під час внесення гербіцидів не повинно перевищувати $\pm 5\%$.

Під час роботи штанга обприскувача не повинна коливатись у вертикальному напрямку. Рух агрегату повинен бути плавним, на постійній швидкості. Це забезпечує рівномірність внесення робочої рідини на плантацію. Не допускається проведення повторних проходів і перекриття та наявності огріхів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Агротехнічні вимоги до внесення ґрунтових гербіцидів

Показники	Нормативи	Допуски
Агрегат для внесення розчинів ґрунтових гербіцидів: трактор МТЗ-80, с.-г. машина ОП-2000-2-01, ОПК-3000		
Строк проведення роботи, дні перед садінням; дні після садіння (по вегетації)	1 5	-1
Норма внесення препаратів, %	згідно з рекомендаціями в залежності від швидкості руху та ширини захвату агрегату. Норма на 1 га встановлюється за діючою речовиною	+5
Нерівномірність розподілу гербіцидів, %	не допускається	
Глибина загортання гербіцидів, см	згідно з рекомендаціями, адаптовано до зони	-
Спосіб руху агрегатів	прямолінійний	
Швидкість руху агрегатів, км/год.	постійна 7	±1
Ширина смуги, що обробляється розпилювачем, см	регулюється висотою розпилювачів відносно поверхні ґрунту	
Повторна обробка (перекриття захвату)	Не допускається пропусків, агрегат обладнаний маркерами, відмічати вмикання	
Оптимальна норма внесення рідини, л/га	200-250	
Швидкість вітру, м/сек.	до 3	
Температура, С ⁰	19	+5
Розряд роботи	VI	

Однак досадівне застосування гербіцидів має певні недоліки:

- воно можливе тільки на ґрунтах, що містять близько 3% гумусу; за вищого вмісту гумусу гербіциди дуже адсорбуються органічними частками ґрунту і їхня дія знижується;
- на більш легких малосорбційних ґрунтах, особливо при сильних дощах, можуть виявлятися фітотоксична дія на рослини верби;
- потрібна достатня кількість вологи в ґрунті, щоб необхідна кількість діючої речовини гербіциду розчинилася і стала доступною кореням бур'янів;
- бур'яни, що проростають у поверхневому шарі ґрунту, можуть недостатньо піддаватися дії гербіцидів;
- необхідність рівномірного змішування деяких гербіцидів із ґрунтом викликає занадто глибоке його розпушування, через що порушується капілярна система. Тим самим погіршуються умови для росту верби, особливо в посушливі роки;
- ґрунтова флора і фауна зазнає дії пестицидів;
- за сильних дощів за умови водної ерозії, після їхнього внесення виникає небезпека потрапляння гербіцидів у поверхневі водойми і їх

забруднення.

Компромісним рішенням є застосування малих норм внесення сучасних гербіцидів досходовим способом у комбінації з післясходовим. Загалом вченими розроблені агротехнічні вимоги до захисту енергетичної верби від бур'янів (табл.3.2)

Таблиця 3.2

Агротехнічні вимоги до захисту енергетичної верби від бур'янів

Показники	Нормативи	Допуски
Агрегати для виконання роботи: трактор МТЗ-82, с.-г. машина ОП-2000-2-01, ОПК-3000, ОСШ-2500		
Строки проведення обприскувань по сходах	перше у фазі сім'ядоль рослин бур'янів; друге за появи нової хвилі бур'янів (через 8-10 днів після першого)	
Норми внесення і перелік препаратів	зазначені у розділі	
Швидкість руху агрегату, км/год	6	± 1,0
Температура повітря при обприскуванні, °С максимальна мінімальна	до 24 не нижче 15	+2,0
Норма витрати робочої рідини, л/га	200-250	± 20
Спосіб руху агрегату	по міжряддях, човниковий	
Ширина поворотних смуг	всі однакових розмірів	
Розпилювачі	щілинні розпилювачі, розраховані на норму виливу +відсікаючі клапани+фільтри	
Розряд роботи	VI	

Внесення гербіцидів проводять штанговими обприскувачами: ОП-2000-2-01, ОПК-3000, ОСШ-2500, які обладнанні щілинними розпилювачами і відсікаючими клапанами та фільтрами; іноземними “RAU” та іншими.

Перевірку роботи обприскувача на норму виливу розчину проводять з використанням води. З урахуванням встановленої норми виливу рідини обприскувачем, швидкості руху та ширини захвату агрегату, витрату води на 1 га визначають за формулою:

$$P = \frac{P_c \cdot 600}{v \cdot M_z}, \text{ де} \quad (9)$$

P_c - вилив води обприскувачем, л/хв.;

V – швидкість агрегату, км/год.;

M_z – ширина захвату агрегату, м.

Норми витрати гербіцидів на 1 га встановлюють за діючою речовиною.

Під час роботи штанга обприскувача не повинна коливатись у вертикальному напрямку. Рух агрегату повинен бути плавним, на постійній швидкості.

На важких і запливаючих ґрунтах, де легко утворюється ґрунтова кірка, міжрядні розпушування необхідні, і їх треба проводити навіть коли вони знижуватимуть захисну дію гербіцидів. На ґрунтах, щільність яких не перевищує 1,1 -1,2 г/см, і які не запливають, міжрядні розпушування не проводять, бо це сприяє появі нової хвилі сходів бур'янів.

На внесення посходових гербіцидів істотно впливають погодні умови. Так, прохолодна, хмарна погода з опадами протягом 5-7 днів перед обприскуванням сприяє тому, що рослини верби і бур'янів формують на своїх листках тонкий і нещільний шар епікутикулярних восків, через які легко проникають діючі речовини гербіцидів. Рослини після такої погоди більш чутливі до препаратів.

Після сухої, сонячної і вітряної погоди рослини більш захищені, їх листки вкриває більш товстий і щільний шар епікутикулярних восків, що серйозно перешкоджають проникненню гербіцидів у тканини і провідні системи листків і стебел. Тому внесення стандартної норми гербіцидів без урахування реакції рослин на погоду в одній і тій же фазі розвитку у першому випадку може забезпечити високий рівень знищення бур'янів і пригнічення рослин культури, а в другому — низьку ефективність їх дії на бур'яни.

3.3. Захист плантацій енергетичної верби від шкідників і хвороб

Для підвищення продуктивності енергетичної верби необхідно приділяти особливу увагу заходам захисту цієї культури від шкідників та хвороб.

Шкідники. Енергетичну вербу найбільше пошкоджують жуки та личинки хрущів, жуки листоїди і слоники, гусениці різних метеликів, попелиці, мухи та ін.

Хрущі: **травневий**
(*Melolontha melolontha* L.) та **червневий** (*Amphimallon solstitialis* L.) — належать до родини пластинчастовусих, пошкоджують енергетичну вербу обгризаючи листки, а личинки кореневу систему.



а

Хрущ травневий один з основних шкідників лісових насаджень в лісостеповій зоні України. У роки масового розмноження, жуки можуть повністю об'їдати листя дерев. Найвідчутнішої шкоди завдається пошкодженням коріння личинками другого і третього віку з травня по вересень



б

Рис. 3.1. Хрущ травневий: а - травневий хрущ (*Melolontha melolontha* L.)
б - личинки травневого хруща

Найчутливіші до пошкоджень молоді дерева, які часто гинуть. Хрущі з'являються в середині травня до кінця червня. Личинки першого віку - брудно-білого кольору шестиногі. Личинки подальших віків - білі, великі, з-подібні. Личинки останнього віку досягають довжини 45 - 65 мм. Кожне покоління хруща живе від трьох до п'яти років. Тривалість життя кожного покоління хруща залежить від географічної широти місцевості, від кліматичних умов, зокрема температури, і від кількості їжі (рис. 3.1.).

Через місяць-півтора після того, як були відкладені яйця, з них виходять личинки, які живуть у землі три-чотири роки. Таких червоподібних личинок у народі на Україні називають «борозняками». Вони зовсім не схожі на дорослих хрущів. Личинки пристосовані до життя в ґрунті. Завдяки червоподібній формі тіла вони в ньому легко пересуваються. Подібно до більшості тварин, що живуть у темряві, личинки хрущів мають біле забарвлення. Очі в них відсутні. За допомогою сильних, схожих на щипці, верхніх щелеп личинка хруща риє землю і перегризає коріння рослин, якими вона живиться. У перший рік свого життя личинки хруща живляться різними рослинними залишками, а на другий, і особливо на третій рік життя перегризають коріння різних рослин і підгризають коренеплоди.

Вербовий листоїд (*Clytra laeviseula* R.) належить до родини листоїдів - Chrysomelidae. Довжина тіла цих жуків 8,3-12,0 мм, ширина 4 мм. Тіло чорне, циліндричне або овальне, на кінцях тупо заокруглене. Зверху тіло голе. Дуже рідко вершини надкрил або передньоспинка покриті волосками. Голова втягнута в передньоспинку. Передньоспинка чорна, блискуча. Надкрила яскраві, червоно-оранжеві або жовто-руді. На кожному надкрилі по 3 плями. Пляма на передній частині надкрил маленька, чорного кольору. Задні плями дуже часто злиті у поперекову широку перев'язь, яка вузько переривається на шві. Вершина щитка не виступає над надкрилами. Крім *Clytra laeviseula* у посадках верби може зустрічатись і інший листоїд - *Clytra guaripunctat* . У цього виду задня пляма меншого розміру та округлої форми. Крім того,

передньоспинка у *C. laeviseula* блискуча з гладенькими краями, а у *C. guaripunctata* має пунктировку.

Живляться листками дерев здебільшого з родини розоцвітих - *Rosacea*, а також інтенсивно заселяють вербу, грубо об'їдаючи їх листковий апарат.

Тополевий листоїд (*Melasoma populi* L.).

Жук завдовжки 10-12 мм, з червонуватими надкрилами синювато-зеленими передньоспинкою та нижньою стороною тіла. На верхівці надкрил по одній чорній плямі (рис. 3.2.).



тополевий листоїд
(*Melasoma populi* L.)



личинка тополевого листоїда



яйця тополевого листоїда

Рис. 3.2. Тополевий листоїд

Осиковий листоїд (*Melasoma tremulae* F.) за зовнішнім виглядом і біологією подібний до тополевого, але менший за розмірами (довжина 7-10 мм) і він не має чорних плямок на надкрилах.

Дорослі комахи листоїдів і їхні личинки пошкоджують листки верби.

Звичайний павутинний кліщ (*Tetranychus urticae* C.L.Koch.) – дуже дрібна комаха (самка – 0,43 мм довжиною, самець – 0,25).

Дорослі особини та їх личинки живуть на нижньому

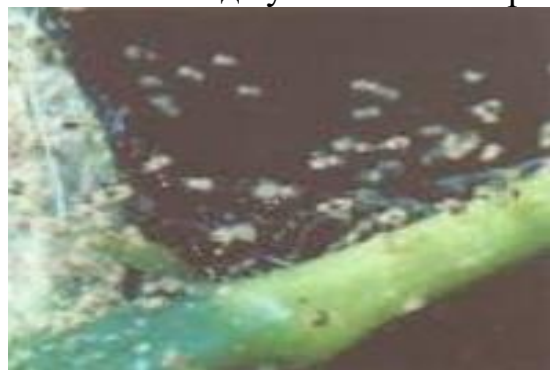


Рис 3.3. Павутинний кліщ
(*Tetranychus urticae* C.L.Koch.)

боці листків під густою павутиною і живляться клітинним соком рослин. У місцях проколів клітина відмирає, в результаті цього листок знебарвлюється, стає мармуровим, а при сильному заселенні листків шкідником вони підсихають

і опадають, молоді пагони не дають приросту. Зимує у стадії імаго на деревах у тріщинах кори, під рослинними рештками. Навесні за температури 10-12⁰С вони виходять з місць зимівлі і починають живитися, заселяючи набряклі бруньки, а з появою листків переселяються на них. Одна самка здатна відкласти до 300 яєць. За сприятливих погодних умов кліщ розвивається у 10-12 поколіннях за вегетацію (рис. 3.3.).

Влітку павутинний кліщ зеленувато-жовтого кольору, до осені набуває червонувато-оранжевого забарвлення.

Іноді на гілках верби можна побачити білу піну, схожу на плювок. Така піна з'являється через діяльність комах - вербової пенніці. Як правило, "плювки" з'являються на вербі вже навесні, в травні. Личинки пенніц живляться соком дерева. Піна з'являється після того, як сік проходить через травний тракт личинки. Піна служить відмінним укриттям личинки від несприятливих факторів навколишнього середовища, оберігає її ніжне тільце личинки від висихання на пригріві.

Вербова хвилівка (*Stilpnotia satilis* L.)

Метелик з білими крилами завдовжки 20-25 см. Гусінь волохата, жовто-блакитного кольору з червоними цятками. Об'їдає листки верби.



Рис. 3.4. Вербова хвилівка (*Stilpnotia satilis* L.)

Вербовий шовкопряд-листовійка (*Earias chlorona* L.) найчастіше пошкоджує вербу прутувидну. Гусениці листовійки згортають верхівки листків у щільний кокон та об'їдають верхівку пагона. Пагін кущиться і втрачає свої технічні якості. Доросла особина - це білий метелик з крилами 44-55 мм у розмаху. Метелики літають протягом червня та липня, потім відкладають яйця на кору верби або листя, причому, склеюють кладку сріблястою масою. У цьому стані яйця зимують. Гусениці здатні дуже сильно об'їсти вербові листя, причому процес поїдання триває протягом ночі, а вдень



Рис. 3.5. Вербовий шовкопряд-листовійка (*Earias chlorona* L.)

шкідники, як ні в чому не бувало, спокійно сидять на гілках дерева. Заляльковування відбувається всередині скріплених павутиновими нитками декількох листків з верхівки пагона. В результаті пагін втрачає свої технологічні якості. Метелики вербового шовкопряда, збираючись у великій кількості, іноді здійснюють перельоти. Якщо гусениці нападають на молоде дерево, то воно приречене і гине. У вербового шовкопряда є і вороги. Це кажани, паразитні мухи, горобці, комахи-наїзники.

Попелиця вербова звичайна (*Aphis saliceti* Kalt.). Цей шкідник посилено висмоктує сік з бруньок, листя, а також молодих пагонів, що неминуче призводить до опадання листя, уповільнення росту, а в деяких випадках і до повного відмирання дерева (рис. 3.6.). Таке часто буває з молодими деревцями, які ще не дуже добре вкоренилися. Попелиця поселяється на верхівковій частині листя, завдяки чому листки



Рис. 3.6. Попелиця вербова звичайна (*Aphis saliceti* Kalt.)

деформуються і скручуються. Яйця попелиці зимують у тріщинах кори верби, в пагонах. Навесні попелиця поселяється на листках, пагонах і починає харчуватися їх соком. Пізніше з'являються крилаті особини попелиці. За рік може народжуватись до 10-ти поколінь попелиці. І в серпні крилаті особини повертаються на вербу, щоб відкласти яйця в корі для зимівлі.

Внаслідок масового розмноження попелиць вони значно ослаблюють рослини, пригнічують їх ріс. При живленні комахи виділяють екскременти, на яких поселяються сажкові гриби, що перешкоджає фотосинтезу.

Вербова горностаєва міль (*Yponomeuta rorellus* Hbn.) трапляється повсюдно. Пошкоджує різні види верби. Метелик з розмахом крил 18 – 20 мм; передні крила білі з 25 – 30 чорними крапками, розміщеними трьома неправильними рядами, верхівка крила темно-сіра; задні крила сірі, однобарвні. Яйце розміром 0,8 × 0,4 мм; світло-жовте. Гусениця до 20 мм завдовжки, темно-сіра, голова чорна, потиличний і анальний щитки чорнобурі (рис. 3.7.).

Лялечка - 9 - 11 мм, бурувато-жовта, голова, крижові чохлаки й кремастер темно-бурі, на кремастері шість щетинок.



Рис. 3.7. Вербова горностаєва міль (*Yponomeuta rorellus* Hbn.)

Зимують гусениці першого віку під щитками. У другій половині квітня виходять з під щитка і вгризаються в паренхіму листків. У мінах живуть до першого линання, 10 - 14 діб. Після виходу з мін група гусениць у кілька десятків особин обплутує 4 - 6 листків павутиною, під якою розпочинає живлення. Від пошкоджених листків залишаються тільки великі жилки. В міру росту гусениці переповзають до основи гілки, обплутуючи її густою павутиною. У разі масового розмноження шкідника не тільки гілки, а й стовбури, і рослинність, що росте поблизу, бувають обплетені павутиною. Завершивши розвиток, який триває 40 - 45 діб, гусениці сповзаються ближче до стовбура дерева для заляльковування. Лялечки розміщуються вертикальними рядами головою вгору під спільним густим шаром павутини. Через 12 - 15 діб, наприкінці червня починається літ метеликів, який триває до кінця серпня. Метелики додатково не живляться. Самки відкладають по 20 - 30 яєць купками на гладеньку кору молодих гілок поблизу бруньок. Кожну кладку яєць самка вкриває пінистими виділеннями, що застигають у вигляді видовжено-овального щитка (5 - 8 мм).

Спочатку щиток жовтувато-зелений, з часом стає темно-сірим, під колір кори. Через 15 - 20 діб відроджуються гусениці й залишаються під щитком до весни наступного року. За рік розвивається одна генерація.

Найбільший вплив на зниження чисельності вербової горностаєвої молі чинять комахи паразити, що налічують близько ста видів, і хвороби.

Із яйцегусеничних паразитів слід виділити хальцид - *Ageniaspis fuscicollis* Dalm., *Copidosoma flagellare* Dalm., іхневмоніда — *Angitia armillata* Grav., браконіда — *Ascogaster quadridentata* Wesm. та ін. Гусениць молі активно заражають мухи тахіни: *Sarcophaga evenymella* Bche., *Bessa selesta* Meig., *B. parallela* Mg., *Diadegma armillata* Grav. та ін.

На лялечках паразитують хальциди - *Habrocytus dispar* Curtis, *Monodentomerus aereus* Walk. та ін. Значна загибель гусениць молі спостерігається у роки з підвищеною вологістю внаслідок ураження грибом *Beauveria bassiana* Vuill.

Щитівка вербова (*Chionaspis salicis* L.) Дуже поширений шкідник. Зимує на корі штаблів, скелетних гілок у стадії яйця під щитком. У травні наступного року з яєць з'являються личинки і розповзаються на нові молоді гілки. З лин очних шкірок личинок утворюються щитки, під якими живуть личинки до дорослої стадії. У кінці липня - на початку серпня самки закінчують свій розвиток і у вересні відкладають яйця під щитком. Одна самка відкладає 40-120 яєць. Заселення шкідником пагонів та молодих гілок пригнічує їх ріст, кора на штамбах і



Рис 3.8. Щитівка вербова (*Chionaspis salicis* L.)

гілках розтріскується, всихають окремі гілки, а при значному заселенні – цілі дерева і кущі.

Вербова галиця різнодомна – дрібна комаха (до 5 мм завдовжки), має вигляд комара. З'являються імаго під час цвітіння верби. Веретеноподібні личинки живуть у тканинах суцвіть, спричиняючи їх деформацію.

Вирізання і спалювання гал до цвітіння верби є ефективним заходом захисту рослин від заселення цим шкідником (рис. 3.8.).

3.4. Заходи захисту плантацій верби від шкідників.

Особливо небезпечними для кореневої системи верби є ґрунтові шкідники - личинки травневого (*Melolontha melolonta* L.) та червневого (*Amphimallon solstitialis* L.) хрущів, які наносять значних пошкоджень їх посадковому матеріалу. Після садіння живців та їх укорінення вони грубо об'їдають кореневу систему, що в свою чергу призводить до ослаблення молодих рослин, відставання їх в рості та розвитку порівняно з непошкодженими, або повної загибелі. Відтак, як наслідок, густота рослин зменшується. Контроль чисельності цих фітофагів ускладнений, оскільки ті, що знаходяться в ґрунті, зимують там, і виходять з діapaузи після садіння живців верби в ґрунт. Вони інтенсивно живляться молодими корінцями, що здебільшого призводить до негативних наслідків.

Одним із ефективних способів контролю чисельності цих шкідників є замочування живців у розчині інсектицидів.

Перед садінням живців верби проводять замочування їх у розчинах інсектицидів системної дії з різними активними речовинами (імідаклопід, тіаметоксам або клотіанідин) протягом одної доби (24 години) до їх садіння в ґрунт.

Це дозволяє зберегти потрібну густоту стояння рослин цих культур за значної чисельності личинок старших віків травневого та червневого хрущів.

При замочуванні живців верби в розчинах інсектицидів системної дії забезпечується захист кореневої системи цих рослин від личинок хрущів за рахунок створення захисної зони біля живців після їх садіння в ґрунт, а також проникнення інсектицидів у кореневу систему і збереження певної їх концентрації у корінцях упродовж періоду 30 і більше днів.

Для захисту верби від щитівки проводять ранньовесняну обробку інсектицидами по сплячих бруньках, повторно – одразу після появи личинок (спостереження за появою личинок потрібно проводити з квітня до травня) рекомендованими інсектицидами для багаторічних насаджень.

У роки масових розмножень вербової горностаєвої молі у період виходу гусениць із мін - обробка інсектицидами або біопрепаратами. Насадження, розміщені в заплавах поблизу річок і озер, необхідно обробляти тільки біопрепаратами.

Контроль чисельності листогризухих шкідників здійснюється за допомогою обприскувань насаджень верби інсектицидами. Зокрема, у виробничих насадженнях цієї біоенергетичної культури за виявлення значної

щільності популяції фітофагів, проводять обприскування рослин інсектицидами у рекомендованих для багаторічних насаджень нормах витрати за допомогою авіації. Проти павутинного кліща застосовують рекомендовані препарати акарицидної дії для дерев'янистих рослин.

3.5. Хвороби

Рослини біоенергетичної верби можуть уражуватись бурим і чорним цитоспорозом, іржею листків та ін.

Іржа листя верби. Хворобу викликають паразитичні іржачисті гриби з роду *Melampsora*. Проміжними господарями іржі є сосна, модрина, різні види цибулі, чистотіл тощо. Хворобою уражуються листки, а в окремих випадках – і молоді верхівкові пагони, що призводить до передчасного їх опадання, а згодом і до загибелі рослин (рис. 3.9.).

Іржа особливо небезпечна для молодих насаджень з низьким розташуванням крон. Перші ознаки хвороби можна спостерігати в кінці червня на початку липня, коли на листках з'являються жовто-оранжеві плями (уредіосоруси), з яких висипаються спори у вигляді порошку. Восени на листках з'являються також темні плями – теліосоруси.



Рис. 3.9. Іржа листків верби

Ураження іржею, що систематично повторюється протягом декількох років, призводять до сильного ослаблення молодих дерев верби. Первинним джерелом інфекції в більшості випадків бувають модринові і соснові насадження.

Бурий цитоспороз – збудник гриб (*Cytospora chrysosperma* (Rers.) Fr.) - уражує кору пагонів, поволі розповсюджуючись в ній до лубу. Зовнішня частина кори забарвлюється в червоно-бурий колір (рис. 3.10.).



Рис. 3.10. Бурий цитоспороз

Чорний цитоспоров – збудник – гриб (*Cytospora foetidae* Vl. et. Rr.) - уражує стовбури і пагони верби. Крона і зовнішні шари заболоні забарвлюються в зелено-бурий колір. Зовні колір кори змінюється нечасто. Джерелами інфекції є уражені дерева (рис. 3.11.).



Рис. 3.11. Чорний цитоспоров

Зараження здійснюється спорами, які розповсюджуються дощем, вітром, комахами та садовим матеріалом. Спори, що виходять з пікнід у вигляді оранжево-червоних крапель або джгутиків, масово утворюються навесні (травень – початок червня) і восени (кінець серпня – вересень).

За осіннього зараження дерева уражуються сильніше, ніж при весняному, оскільки низькі температури сприятливіші для розвитку збудника. Ворогами інфекції на маточних плантаціях і шкілках є довгі пеньки, що залишаються при обрізанні живців, механічні пошкодження при догляді, морозобійні тріщини тощо. Для хвороби характерний прихований період протягом першого року ураження, що сприяє перенесенню інфекції на нові площі при використанні приховано заражених пагонів.

Стійкість окремих видів і форм верби залежить від умов їх зростання. Гриб розвивається активніше, якщо живці були підсушені при зберіганні, або посаджені у сухий чи холодний ґрунт.

3.6. Заходи захисту плантацій верби від хвороб

Основним засобом профілактики хвороб енергетичної верби є підбір видів і сортів з інтенсивним ростом і високою стійкістю до збудників.

За культивування цієї культури потрібно враховувати, що верби з підроду *Salix* частіше уражуються бурою іржею, а види підроду *Vetrix* - жовтою іржею і борошнистою росою. Не допускати розташування верби поряд з насадженнями сосни і модрина.

Заготівлю пагонів рекомендується проводити рано навесні в рік садіння із здорових маточних кущів. При нарізанні живців нижні частини пагонів знищують, оскільки вони можуть містити значний запас прихованої інфекції цитоспорозу. Слід проводити передсадильну хімічну обробку живців. Для цього нарізані живці замочують протягом доби у суспензії протруйників і саджають їх без промивання.

Можливе проведення весняного або пізньоосіннього обприскування шкілок і молодих культур у сильних вогнищах цитоспорозу фунгіцидами.

За появи перших уредоспороношень на листі та загрози сильного ураження іржею та цитоспорозами рекомендується проводити обприскування

рослин фунгіцидами у рекомендованих для багаторічних насаджень нормах витрати за допомогою авіації.

Верби також можуть вражатися паршею, борошнистою росою, плямистостями. При високому рівні ураження, необхідно застосовувати хімічні заходи захисту, що включають викорінювальні і захисні (профілактичні) обприскування фунгіцидами. Обприскування можна проводити як пізньої осені, так і ранньою весною. Захисні обприскування перешкоджають проникненню збудників в тканини рослини і запобігають розвитку хвороб. Їх проводять в період вегетації, у строки масового поширення інфекції. Обприскування рослин проти борошнистої роси, іржі та плямистостей слід починати при появі перших ознак хвороб. Одну-дві повторні обробки проводять з інтервалом 2-3 тижні. Для захисту верби від парші першу обробку проводять одразу після розпускання листя, другий - через 10-12 днів.

3.7. Техніка безпеки

Гербіциди, що використовують для боротьби з бур'янами на вирощуванні енергетичної верби, належать до токсичних сполук. Під час роботи з ними необхідно суворо дотримуватися вимог і положень Інструкції з техніки безпеки з використання пестицидів, мінеральних добрив та насіння:

- гербіциди вносять під керівництвом спеціаліста з захисту рослин;
- особи, що зважують гербіциди, беруть участь у приготуванні робочої рідини, заправці обприскувача, проводять обприскування, повинні бути в комбінезонах, головних уборах, гумових або брезентових рукавицях, захисних окулярах та респіраторях
- до роботи з гербіцидами допускають осіб, що не мають протипоказань щодо роботи з пестицидами, а також не допускають підлітків до 18 років, вагітних жінок і тих, що годують немовлят;
- працювати безпосередньо з отрутохімікатами дозволяють не більше 6 годин;
- обприскування штанговими обприскувачами допускається при швидкості вітру не більше 3 м/с;
- на полі, де виконуються роботи з внесення гербіцидів, повинні бути умивальник з водою, мило, рушник і медична аптечка.

3.8. Розпушування ґрунту в міжряддях

Таку технологічну операцію проводять з метою поліпшення водно-повітряного режиму ґрунту, покращення умов для росту і розвитку рослин верби у ранній період вегетації. Відмова від розпушування ґрунту збільшує непродуктивні витрати вологи з верхніх шарів ґрунту в період інтенсивного росту.

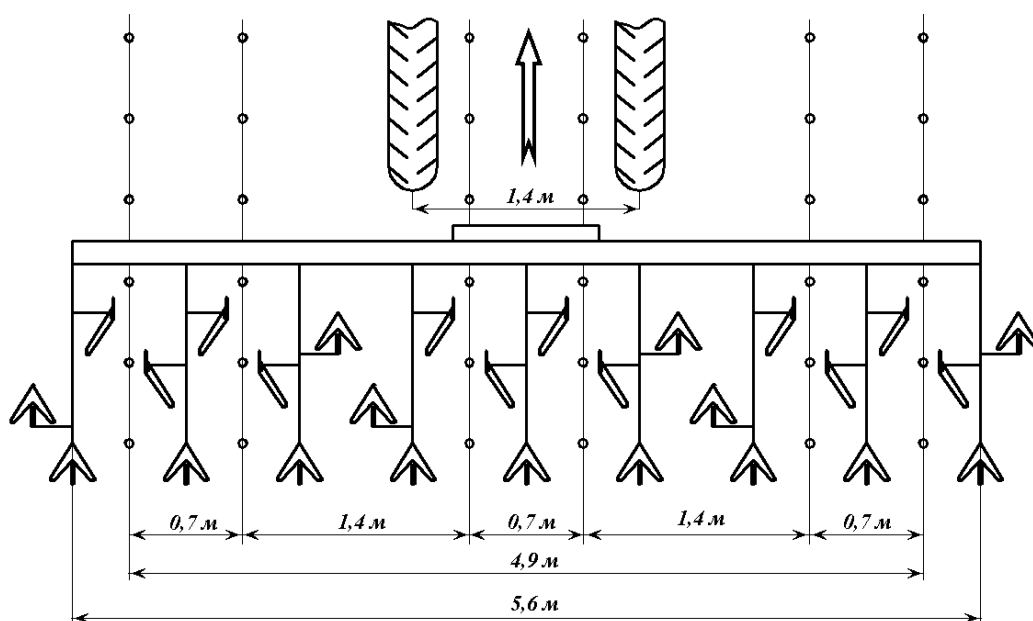


Рис. 3.12. Розпушування ґрунту в міжряддях енергетичної верби весною на базі УСМК для міжрядного обробітку ґрунту.
ДГ ІБКіЦБ «Ксаверівка-2» 2015р.

Міжрядні розпушування сприяють поглинанню атмосферних опадів, зменшують щільність ґрунту в разі його надмірного ущільнення.

Потребу в розпушуваннях, їх частоту, глибину визначають з урахуванням таких факторів: стану розвитку рослин верби, кількості опадів, щільності ґрунту та ін.

Для виконання міжрядного розпушування ґрунту також застосовують агрегати: КРНВ-5,6-02, КФ-5,4, ЛСД-3,1, ORTOLAN HC250 (роторий), HC250 (табл. 3.3)

Таблиця 3.3

Агротехнічні вимоги до розпушування ґрунту в міжряддях

Показники	Нормативи	Допуски
Агрегат: трактор МТЗ-82 (100); культиватори КРНВ-5,6-02, КФ-5,4, ЛСД-3,1, ORTOLAN HC250, HC250		
Початок проведення роботи	позначення рядків живців верби	повні сходи живців
Глибина обробітку ґрунту в міжряддях, см :	6	± 1
Ширина захисної зони рядка, см	9	± 2
Швидкість руху агрегату, км/год.	4-6	+1
Грудочок розміром не більше 20 мм, %	5	± 5
Спосіб руху агрегату	човниковий	
Строки виконання роботи	2-3 дні в одному полі	± 1
Розряд роботи	V	

Для продуктивної і найбільш ефективної роботи на розпушуванні ґрунту в міжряддях доцільно застосовувати агрегати з фрезерними робочими органами КФ-5,4, HC250, ORTOLAN HC250.

На ущільнених полях і зарослих бур'янами плантаціях слід застосовувати культиватори типу КФ-5,4, HC250, ORTOLAN HC250, обладнані активними фрезерними робочими органами (рис. 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17).



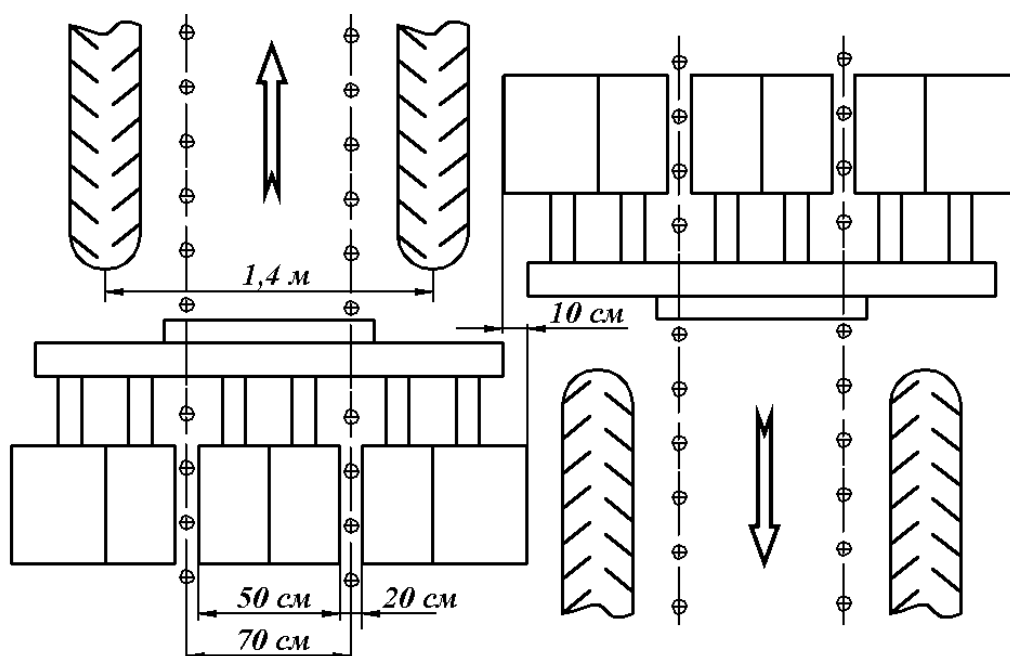


Рис. 3.13. Розпушування ґрунту в міжряддях енергетичної верби спеціальною фрезєю HC250



Рис. 3.14. Розпушування ґрунту в міжряддях енергетичної верби фрезерним культиватором HC250

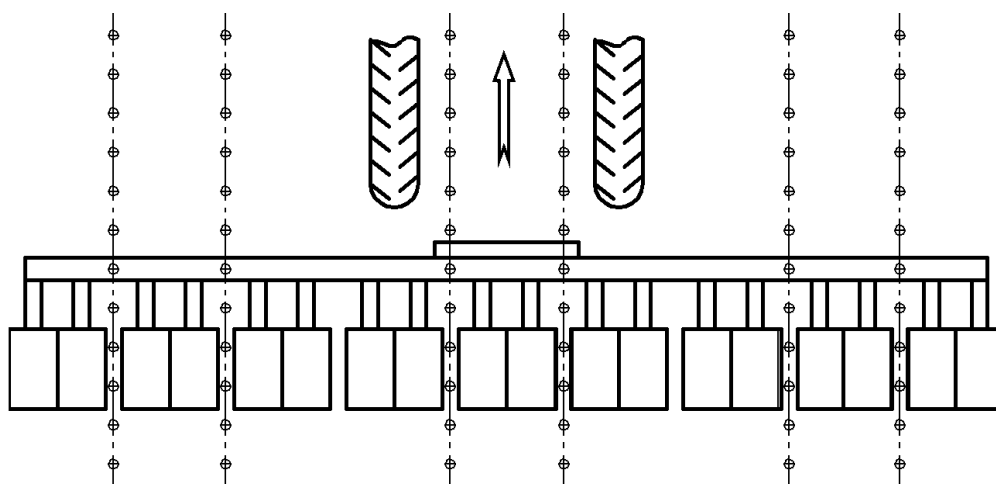


Рис. 3.15. Розпушення ґрунту в міжряддях енергетичної верби фрезерним культиватором на базі КФ-5,4



Рис. 3.16. Луцильник стерневий дисковий ЛСД-3,1

Луцильник ЛСД-3,1 використовується для, активного подрібнення (мульчування) бур'янів і рослинних рештків. Агрегується з трактором МТЗ-82 (100), глибина обробітку ґрунту – до 15 см, витрати пального – до 4 л/га (рис 3.16.).



Рис. 3.17. Культиватор-фреза ORTOLAN HC250 (Італія) для розпушування ґрунту в міжряддях енергетичної верби

Дослідженнями встановлено, що розпушування ґрунту в міжряддях доцільно проводити в перший рік вирощування на початку вегетації. Наступні розпушування ґрунту в міжряддях необхідно проводити залежно від щільності ґрунту. Якщо щільність ґрунту становить $1,2-1,25 \text{ г/см}^2$ і більше та з'являються бур'яни, то необхідно провести друге розпушування фрезерними культиваторами.

Доцільно на розпушуванні ґрунту в міжряддях використовувати одночасно 2-3 культиватори, що рухаються один за одним.

В послідовному через кожні 2 чи 3 роки після збирання верби на догляді за плантаціями застосовують фрезерні культиватори для розпушування ґрунту в міжряддях.

В разі відсутності машин з фрезерними робочими органами доцільно використовувати культиватор КРНВ-5,6-02. Для цього гряділі і робочі органи на культиваторі розставляють згідно з рис. 3.17.

Культиватор обладнують: плоскорізальними лапами-бритвами 150 мм, ротаційними батареями РБ-5,4.

Заводять агрегат у міжряддя, визначені для першого проходу, опускають культиватор в робоче положення. На відрізок 10-20 м остаточно регулюють глибину обробітку ґрунту, ширину захисних зон. Під час наступних заїздів агрегату в загінку слідкують, щоб робочі органи культиватора чітко попадали в міжряддя.

3.9. Присипання бур'янів ґрунтом у зоні рядків енергетичної верби

Найефективніше присипання бур'янів у ранні періоди їх розвитку. Вирішальним моментом для цієї операції є правильний вибір строків проведення. Досвід показує, що 2-3-разове присипання бур'янів рівноцінне застосуванню наземних гербіцидів. Ретельно проведене присипання бур'янів сприяє збереженню вологи у нижніх шарах ґрунту, вирівнюванню ґрунту в зоні рядка, зменшує відхилення рослин від осі рядка, що позитивно впливає на якість збирання врожаю.

Присипання бур'янів у зоні рядків починають, коли сходи рослин верби досягнуть висоти 5 см. Виконують цю операцію два або три рази переобладнаними захисними дисками.

Після утворення у рослин верби пагонів на висоту 20-30 см для присипання бур'янів у зоні рядка використовують ті ж переобладнані захисні диски. Кількість присипань обумовлюється інтенсивністю появи бур'янів у зоні рядка.

Для присипання бур'янів ґрунтом в зоні рядка енергетичної верби агрегати комплектують тракторами МТЗ-82 (100), культиваторами КРНВ-5.6-02, укомплектованими переобладнаними захисними дисками.

Підготовку культиватора виконують так, як і для першого розпушування ґрунту в міжряддях і відповідним чином готують робочі органи. Спочатку переобладнують захисні диски. До площини стояка диска, протилежної тій, яка притискається бічним болтом у тримачі гряділя, приварюють відрізок дроту довжиною 80 мм і товщиною 4 мм, завдяки чому досягається встановлення дисків на гряділі опуклим боком до міжряддя під кутом 12-14° до напрямку рядків.

На подовженому валику в передній частині гряділя встановлюють два переобладнаних захисних диски під кутом 12-14° до напрямку рядків ввігнутих боком до рядків верби.

Відстань від рядка до найближчої точки леза, що спирається на регульовальний майданчик, може бути у межах 7-9 см. За присипаючими робочими органами встановлюють на кожному гряділі у двох бічних тримачах лапи-бритви, а в задньому центральному тримачі – ротаційну батарею.

Для присипання бур'янів у літній період вегетації (але не пізніше червня) на кожному гряділі культиватора в передній частині ставлять лапи-бритви або долото, а в задньому або пересувному центральному тримачах – переобладнані захисні диски (рис. 3.18.).

Робочі органи на глибину обробітку регулюють так само, як і для розпушування ґрунту в міжряддях і зоні рядків. При цьому глибина ходу робочих органів повинна бути близькою до необхідної висоти валка, а глибина ходу лап-бритв і ротаційних батарей – до 5 см.

При присипанні бур'янів ґрунтом в зоні рядків енергетичної верби слід дотримуватися агротехнічних вимог (табл. 3.4).

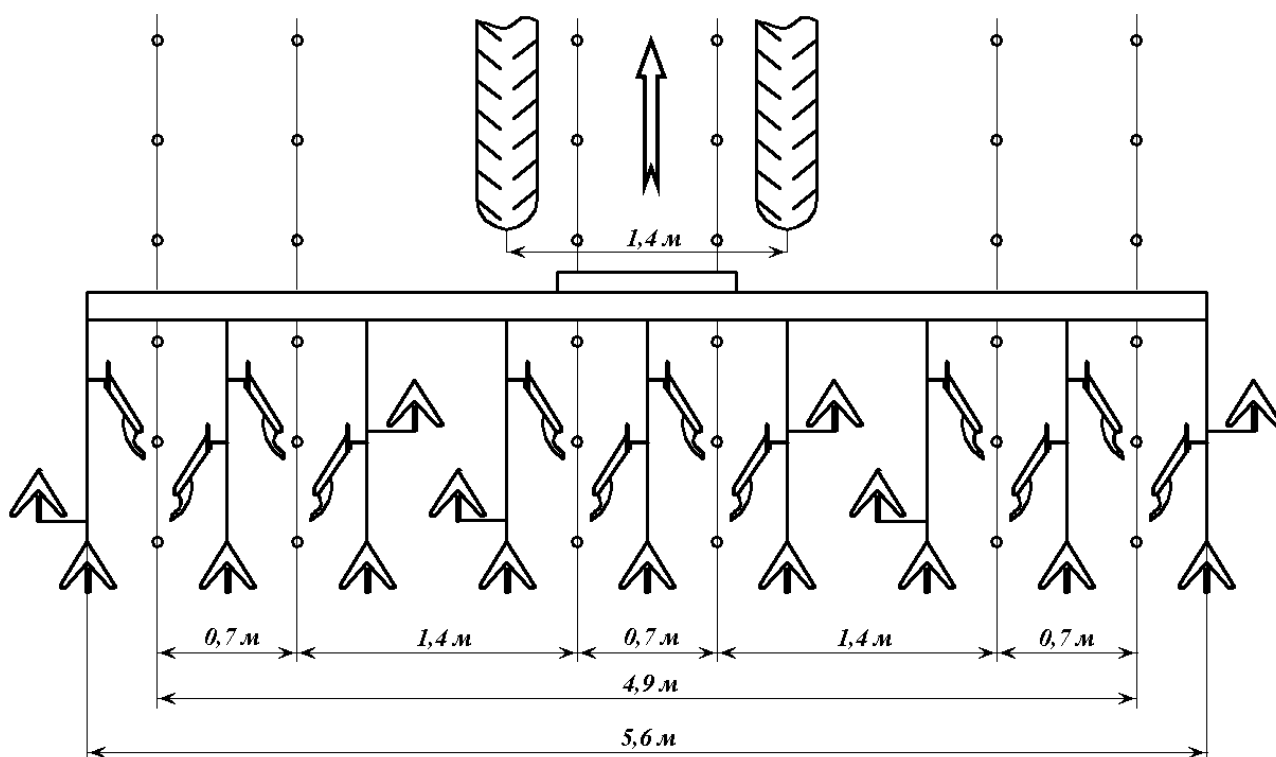


Рис 3.18. Міжрядний обробіток ґрунту з присипанням бур'янів в зоні рядка

Таблиця 3.4

Агротехнічні вимоги щодо присипання бур'янів ґрунтом у зоні рядків енергетичної верби

Показник	Норма	Допуск
Початок виконання роботи	Висота сходів верби 20-30 см	Висота рослин верби до 30 см
Тривалість роботи, дні	4	+ 2
Висота ґрунтового валика, см		
при першому присипанні	3	+ 2
при другому присипанні	6	+ 2
Кількість знищених бур'янів в зоні рядка, %	60	± 20
Швидкість руху агрегату, км/год.	5	+ 2
Спосіб руху агрегату	Човниковий вздовж рядків	
Розряд роботи	IV	

Швидкість агрегату з застосуванням робочих органів для присипання бур'янів у зоні рядків – 5-6 км/год. За рахунок цієї технологічної операції можна забезпечити знищення бур'янів у зоні рядків на 90-95%.

Боротьба з бур'янами є одним із факторів, що значно впливає на досягнення високих врожаїв. При цьому не виключається застосування гербіцидів. У межах інтегрованого або адаптованого землеробства боротьба з бур'янами включає всі землеробські і рослинницькі заходи, а також технологічні фактори, за допомогою яких можна зменшити забур'яненість полів. До таких інтегрованих заходів і факторів можна віднести:

- диференційований, високоякісний обробіток ґрунту;

- створення здорових, конкурентоздатних сортів і гібридів;
- застосування добрив у відповідності з вимогами культурної рослини;
- механічну, агротехнічну боротьбу з бур'янами;
- застосування гербіцидів.

Всі ці елементи мають бути взаємозв'язані та екологічно і економічно обґрунтовані. Їх оптимальне поєднання є не тільки розумним з точки зору захисту зовнішнього середовища, але й в залежності від економічності самого застосування гербіцидів. Такий комплексний підхід вимагає умілого застосування всіх елементів інтегрованої боротьби з бур'янами. Виходячи з цього, зрозуміло, що досягти високих результатів у боротьбі з бур'янами при вирощуванні енергетичної верби можливо тільки при умілому проведенні інтегрованої боротьби з бур'янами.

3.10. Збирання енергетичної верби

Збирання маточного садивного матеріалу.

Після закінчення вегетації всю наземну частину верби зрізують, пруті сортують за висотою і товщиною. Також визначають гнучкість та в'язкість пруту. Для сортування за висотою використовується градація: 1-й сорт – довжина прута 200-250 см, 2-й сорт – 150-200 см, 3-й сорт – 100-150 см, 4-й сорт – 75-100 см, 5-й сорт – 50-75 см. Прути коротші 50 см відносяться до таких, що непридатні для виробництва. Важливим критерієм при визначенні якості прута є гілкуватість. Тому доцільно використовувати сорти верби, яким властива менша гілкуватість. Найменш гілкуватий прут у верб тритичинкової та пурпурової.

Важливою при збиранні маточного садивного матеріалу є густота. При вирощуванні пагонів густота насадження живців має становити 30000 шт./га. В результаті з 1 га отримаємо 350-400 шт. живців.

Наприклад, у верби гостролистої за весняного садіння гілкуватість становить 0-1%, а при осіннього садіння – 3-7%. Значна гіркуватість пруту верби пояснюється тим, що наприкінці липня верхівку її пагонів часто пошкоджує вербовий шовкопряд-листовійка, після чого з пошкодженого місця відростають кілька пагонів.

Починаючи з другого року існування маточних плантацій, вони досягають значної продуктивності стандартних живцевих саджанців, а на третій рік виходять на максимальні показники продуктивності – 1,8-2,5 млн. шт./га. У подальшому кількість отриманого садивного матеріалу залежить від погодних умов конкретного вегетаційного періоду і від застосованої агротехніки.

У перший рік вирощування за сприятливих умов висота рослин становить від 1,8 до 2,4 м, кількість пагонів на 1 рослину – від 2 до 5.

З метою стимулювання активного розвитку побічних пагонів скошування пагонів енергетичної верби в кінці першого року вирощування є обов'язковим прийомом. Пагони зрізуються і складаються на тимчасове зберігання до наступного року без попереднього подрібнення. Вологість біомаси в цьому випадку складе від 46 до 35%.

Збирання маточних пагонів з рослин першого року проводиться в період від кінця листопада до початку березня. Найкраще збирати пагони верби, якщо замерзлий ґрунт. В іншому випадку коренева система недостатньо міцно утримує пагони, і вони можуть висмикуватись із землі. На виробничих плантаціях використовуються роторні косарки або механізовані збиральні комбайни.



Рис. 3.19. Косарка роторна Z-165 призначена для скошування верби і укладання пагонів у валок (Польща). Висота зрізування 32 і 42 мм, кількість ножів – 6, продуктивність – 1,6 га/год., робоча швидкість – 15 км/год.



Рис. 3.20. Косарка роторна Z-169 з підсиленням карданом (Польща) для скошування верби і укладання пагонів у валок. Висота зрізування – 42 мм, кількість ножів – 6, продуктивність – 2 га/год., робоча швидкість – 15 км/год.



Рис. 3.21. Косарка роторна КР-1,65, призначена для скошування верби і укладання пагонів у валок (Україна). Висота скошування – 42 мм, кількість роторів – 2, кількість ножів – 6, продуктивність – 1,6 га/год., робоча швидкість – 15 км/год.

На маточних плантаціях зрізані пагони в подальшому використовуються для отримання садивного матеріалу. Тому зрізання пагонів на рослинах першого року вегетації, щоб уникнути висмикування і пошкодження кореневої системи, рекомендується проводити механічною бензопилою або роторною косаркою (рис. 3.19., 3.20., 3.21.). Пагони зрізуються із залишенням на пеньку 2-3 бруньок, необхідних для вегетації рослин на наступний рік. Обрізка пагонів в перший рік стимулює кущіння рослин верби на другий рік вегетації, що дозволяє сформувати оптимальний маточний кущ. Маточні пагони діаметром від 8 мм до 20 мм і більше можна використовувати на живцювання в якості садивного матеріалу.



Рис. 3.22. Транспортування маточного садивного матеріалу енергетичної верби з маточного поля.

До збирання біомаси енергетичної верби на енергетичні цілі приступають після закінчення періоду вегетації після опадання листя, до початку нової вегетації. Зрізання пагонів проводиться на висоті 5-10 см відносно поверхні ґрунту (рис. 3.22.).

Якщо зрізка проводиться правильно, то верба енергійно відростає. У цьому випадку термін експлуатації плантацій може скласти 20-25 років. Збирання може проводитися спеціальним збиральним комбайном марки «Клас» та «Ягуар», якщо він застосовується для рослин другого або третього року з невеликим діаметром пагонів.

3.11. Збирання енергетичної верби для промислового використання

Зрізання вирощених пагонів верби проводять у період зимового спокою. Середні і грубі пагони заготовляють за допомогою спеціальних машин. Дрібні сортименти, у більшості випадків, зрізають вручну за допомогою спеціальних ножів, секаторів або мотокущорізів. На даний час існують механізми, здатні виконувати цю важку роботу. Це відомі сільськогосподарські косарки типу КФН-1,6 та КС-2,1 (при незначному їх переобладнанні). У Західній Європі створені спеціальні комбайни, що використовуються для зрізування і переробки деревної маси на енергетичних вербових плантаціях (рис. 3.24, 3.25, 3.26, 3.27, 3.28, 3.29).

Вперше прут, що виріс, зрізують після закінчення першого ж періоду вегетації. Таке зрізання називають «виховним».

Існує тісна залежність між висотою зрізання та кількістю і розмірами прута, що виростає за вегетаційний період: чим вище зрізано кущ, тим більше виростає пагонів і тим менші їх діаметр та висота.

За вирощування плантацій верб пурпурової та тритичинкової виховне зрізання потрібно проводити на висоті 10 см відносно поверхні ґрунту. Таку ж висоту можна прийняти і для верби гостролистої, яка має приблизно однакову продуктивність при зрізанні на рівні з поверхнею ґрунту та на висоті 10 і 20 см. У наступні роки пеньки, що залишаються при зрізанні на висоті 10 та 20 см, як правило, відмирають, а найдовші прутки з'являються з їх нижньої частини на висоті 2 см. Тому при наступному зрізанні після виховного ці пеньки необхідно зрізати.

В подальшому прут слід зрізати, залишаючи пеньки висотою не більше 2 см. Приблизно через кожні 5-6 щорічних зрізань прута плантації необхідно дати можливість відновити потенціал. Для цього один рік прут не зрізують. При зрізанні прута вручну від такого відпочинку можна відмовитись, якщо щорічно на кущах зрізати частину пагонів не в однорічному, а в дворічному віці, тобто, в основному, у вигляді меблевої палиці.

За зрізання прута протягом кількох років, з пеньків, що залишаються, формується так звана «булава». З часом вона починає загнивати, що негативно впливає на кількість та якість прута, тому приблизно через 7-10 років від

початку експлуатації плантації булави зрізують. Така операція стимулює появу зі сплячих бруньок нових високопродуктивних пагонів, тому вона отримала назву «омолодження».

Після закінчення терміну експлуатації насаджень верби (20-25 років від моменту створення), землі підлягають рекультивації для створення наступних насаджень верби або вирощування традиційних сільськогосподарських культур. За плантаційного вирощування, яке передбачає часте зрізування, верби формують відносно неглибокі кореневі системи, які легко видаляються за допомогою спеціальних культиваторів (рис 3.23). Дослідження вчених та практика європейських фермерів доводять, що рекультивація земель після завершення вирощування плантацій верби не має ніяких труднощів.



Рис. 3.23. Машина Destroyer, призначена для рекультивації насаджень верби



Рис. 3.24. Механізована жатка для збирання біомаси енергетичної верби Модель "Claas Holzerteversatz HS2" для Farming / Landwirtschafts Simulator 2013 – Робоча ширина захвату 3 м.



Рис. 3.25. Снопвяжущий комбайн для збирання пагонів енергетичної верби, виробництво Швеція. Ця машина використовується для заготівлі снопів з метою подальшої сушки маси і подальшого дроблення підсушених пагонів енергетичної верби на стаціонарній дробарці.



Рис. 3.26. Збирання біомаси енергетичної верби (Салікс Енерджі) 2014р



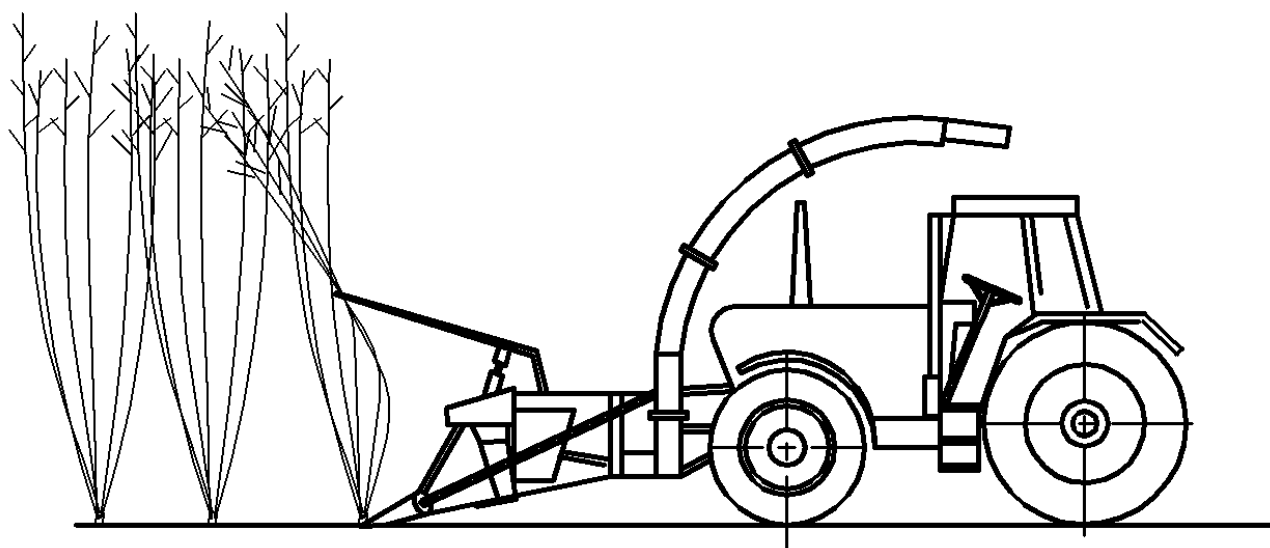


Рис. 3.27. Навісна машина для збирання енергетичної верби на біомасу

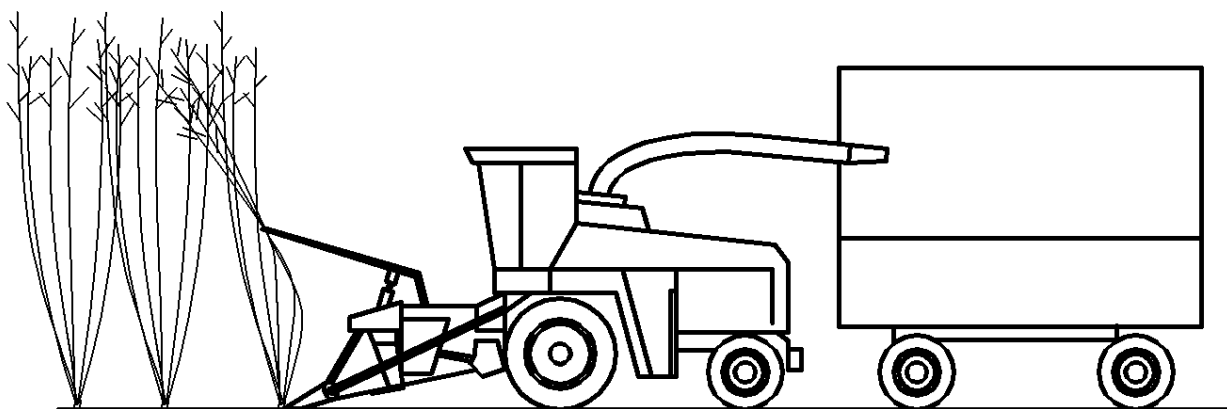


Рис. 3.28. Збирання енергетичної верби самохідним комбайном.

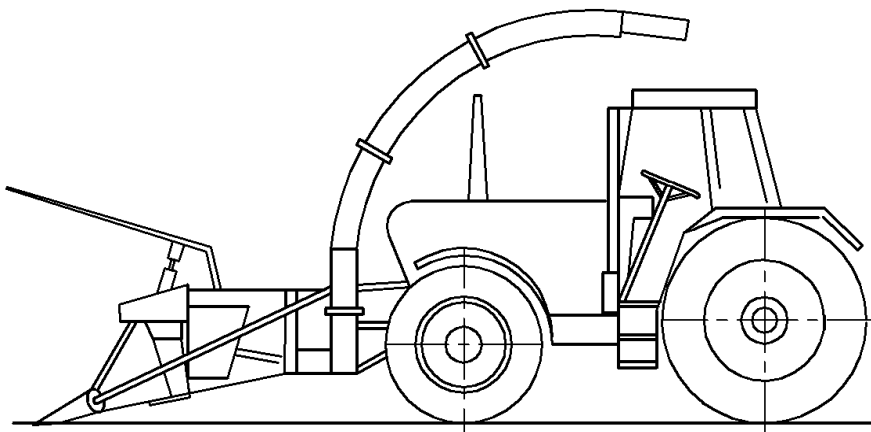


Рис. 3.29 Збирання енергетичної верби причіпним агрегатом.

РОЗДІЛ 4

ПЕРЕРОБЛЯННЯ БІОМАСИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ В ПАЛИВНУ ЩЕПУ, БРИКЕТИ ТА ГРАНУЛИ

Паливна щепа енергетичної верби являє собою деревинну біомасу, перероблену різанням або подрібненням в дрібну фракцію за допомогою спеціальних подрібнювальних машин. Типова довжина паливної щепи, придатна для спалювання в топках котлів малої потужності, які використовуються для теплопостачання будинків, та малих ТЕС становить 1-3 см. Проте, як правило, вироблена щепа може мати інший розмір, що відповідає потребам замовника незалежно від видів використовуваного сировини.

Для виробництва паливної щепи з пагонів енергетичної верби виробники використовують дві технології перероблення сировини.

За механізованого збирання прямим комбайнуванням (комбайнами типу CLAAS) проводиться одночасне подрібнення та навантаження готової щепи в транспортний засіб. Недоліком даного способу заготівлі паливної щепи є висока вологість сировини, для чого потрібна додаткова сушка біомаси, отже додаткові затрати.



Рис. 4.1. Паливна щепа енергетичної верби

4.1. Роздільно-перевалочний спосіб виробництва щепи

Пагони енергетичної верби спеціальною причіпною машиною механізовано зрізуються та формуються шляхом пресування в тюки з подальшою сушкою в польових (природних) умовах. Наступною операцією є подрібнення підсушених пагонів причіпними подрібнювачами. Подрібнення біомаси енергетичної верби вимагає застосування високомобільної машини, оснащеної перекидаючим контейнером для щепи об'ємом 15-20 м³, придатної для виконання робіт на місцевості. Подрібнювачі, призначені для виконання робіт на енергетичних плантаціях, зазвичай монтуються на шасі форвардера.

Подрібнювальна машина переміщається по полосах подає сировину за допомогою маніпулятора із захопленням на живильник подрібнюючого органу. Паливна щепка транспортується та перевантажується з контейнера, що перекидаються, в контейнер щеповоза, який може знаходитися поряд або на автопричепі. Так як подрібнення пагонів та позашляхове транспортування щепи виконуються однією машиною, знижуються витрати на переміщення машин що є економічно доцільним для енергетичної плантації енергетичної верби на великій площі. Переміщення подрібнюючої машини з однієї площі на іншу може здійснюватися на низькому автопричепі, а при малих відстанях між плантаціями - самостійно по польових дорогах. Використання контейнерів дозволяє знизити, але не усуває повністю взаємозалежність між подрібнювачем та самоскидом, і ця ланка в виробничому процесі залишається досить важливою. Розміщення автомобільних вантажних контейнерів не вимагає великої площі, але майданчик, призначений для їх установки, повинен мати рівну поверхню з твердим покриттям.



Рис 4.2. Спеціальна машина для подрібнення деревини з встановленим в передній частині шасі маніпулятором, за допомогою якого матеріал подається в подрібнюючий орган, який прикріплений в передній або бічній частинах шасі, з бункером, або бег-бегом для щепи, встановлюваним в задній частині шасі машини.

Причепні подрібнюючі машини, які використовуються на плантаціях енергетичної верби для виробництва паливної щепи, повинні бути максимально легкими, хоча легкість конструкції знижує їх міцність і стійкість. Однак, в будь-якому випадку причепні машини є занадто важкими для виконання робіт на зволжених ґрунтах, а використання подрібнюючого обладнання на енергетичних плантаціях взагалі виключається. Для причіпної машини потрібна плоска рівна поверхня, а малі розміри пагонів і низька швидкість пересування обмежують радіус дії машини в межах 300-500 м. Випадання снігу в зимовий період може ускладнювати виконання робіт і підвищувати вологість щепи, якщо подрібнювач не розміщується на спеціальній площадці. Для транспортування паливної щепи на великі віддалі необхідно застосовувати змінні контейнери об'ємом від 30 до 50 насипних м³ (рис. 4.2.), при цьому

можливе одночасне транспортування 2-3 контейнерів, що збільшує загальний обсяг вантажу до 80-100 м³. Економічна конкурентоспроможність причіпного подрібнювача значно знижується при великих відстанях транспортування щепи. При потребі виробництва паливної щепи в великих обсягах потрібно користуватися спеціальними механізованими збиральними комплексами (рис. 4.3.).

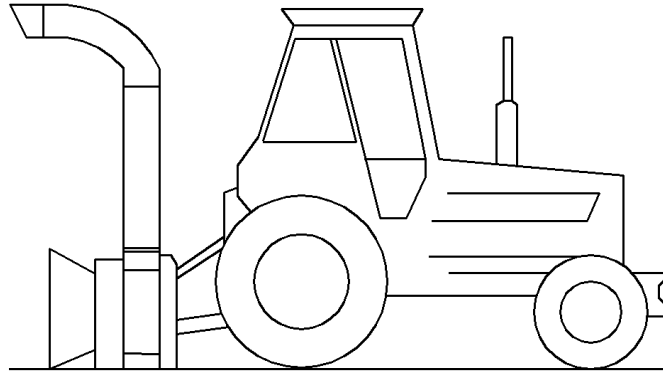


Рис. 4.3. Навісна щепорізка що агрегатується з тракторами класу 20-30 кН працює від валу відбору потужності трактора.

Одним із варіантів переробки пагонів енергетичної верби є виробництво щепи подрібнювачем або дробаркою на об'єкті кінцевого використання. У цьому виробничому процесі відсутня залежність між операцією подрібнення і транспортування, що дозволяє виключити проблеми, які можуть виникати в процесі виробництва паливної щепи. Підвищується технічна та оперативна готовність обладнання, що підвищує продуктивність і знижує витрати. Підвищується ефективність контролю виробничого процесу, знижується потреба в робочій силі, підвищується рівень контролю якості палива. Пересувні подрібнюючі машини можна замінити потужними стаціонарними дробарками, здатними подрібнювати сировину різного за величиною діаметра.

В умовах України подрібнення пагонів енергетичної верби є найбільш економічно ефективним методом виробництва щепи за великих обсягів переробки і за умови, що відстань транспортування не перевищує 30 км. Чим більші обсяги виробництва палива, тим очевидніші переваги цієї схеми. Вимоги до виробничого процесу включають наявність досить великих площ для переробки та зберігання паливної щепи.

У період тривалого зберігання паливної щепи в кагатах протікають хімічні та біохімічні реакції, особливо якщо щепи містить багатий поживними речовинами матеріал, такий як листя. Втратам сировини можна запобігати тільки в тому випадку, якщо вологість щепи підтримується на рівні 25%. Взимку волога щепи може змерзатися при транспортуванні в автотранспорті та зберіганні в бункерах. Використання замерзлої щепи може призводити до заклинювання і поломки вантажно-розвантажувальних систем підприємства.

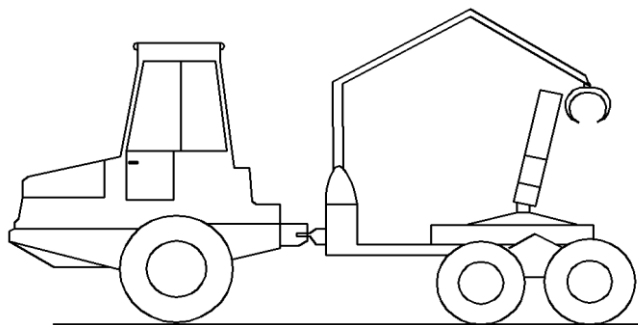


Рис. 4.4. Машина для навантаження та перевезення пагонів енергетичної верби до місця переробки.

4.2. Технології заготівлі і виробництва паливної щепи

В цілому виробничий процес заготівлі паливної щепи можна розділити на два способи, засновані на застосуванні комплексного методу заготівлі щепи, методу роздільної заготівлі сировини, методу самостійної заготівлі щепи власниками енергетичних плантацій. Комплексна заготівля паливної щепи є найбільш економічно ефективним методом, що має значні переваги в порівнянні з роздільним методом заготівлі, особливо при широкомасштабній заготівлі сировини. Комплексна заготівля дозволяє знизити витрати на планування, управління та інші основні витрати в розрахунку на вироблений

кубічний метр паливної щепи. Крім того, застосування одних лісозаготівельних машин для виконання різних видів робіт дозволяє мінімізувати витрати на транспортування з використанням важкої техніки. Роздільна заготівля паливної щепи використовується, як правило, при малих площах вирощування енергетичної верби.

Роздільний перевалочний спосіб заготівлі використовується фермерами та малими агропідприємствами для заготівлі паливної щепи на продаж. Як правило, при такій заготівлі операція збирання виконується спеціальною навісною косаркою для транспортування зрізаних пагонів з використанням тракторів класу 2-3. Дрібномасштабне виробництво паливної щепи є економічно ефективним в основному для енергетичних систем теплопостачання з невисокою потужністю від 0,3 до 1,0 МВт.

4.3. Виробництво паливної щепи на об'єкті її використання

Основною виробничою ланкою переробки сировини енергетичної верби є процес переробки пагонів на щепу на об'єкті кінцевого використання, який, як правило, є більш економічно ефективним, ніж процес переробки на енергетичному полі.

Найбільш затратною операцією в технології заготівлі сировини є транспортування щепи. Тому більш високий рівень економічної ефективності виробництва паливної щепи (на 20%) досягається при механізованому способі збирання пагонів та на відстані не більше 30 км.

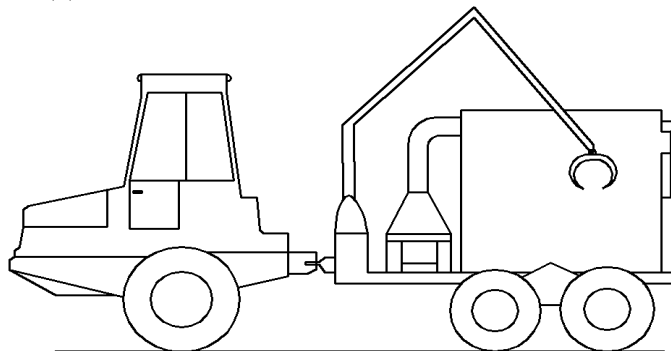


Рис. 4.5. Спеціальна подрібнююча машина на форвардері являє собою самохідну дробильну установку великих розмірів з яке є складовою частиною конструкції механізмом приводу і бункером для тріски, змонтованим на шасі форвардера.

За даною схемою, із зрізаних пагонів енергетичної верби спеціальною причіпною машиною формують тюки за формою подібні до великих колод. Вони в технологічному аспекті є транспортабельні, зручні для навантаження та розвантаження. Спеціальні машини підвозять їх для подрібнення на стаціонарних подрібнювачах щепи. При даній технології можуть використовуватись як причіпні так і електричні стаціонарні подрібнювачі, встановлені на спеціальних площадках, в ангарах неподалік котелень, міні ТЕС, де проходить безпосередньо виробництво теплової або електричної енергії.

Потужні подрібнювачі щепи більш продуктивні і стійкі до високої вологості та її коливань. Проте висока вологість знижує ККД навіть потужних установок. Вологість паливної щепи не повинна бути занадто високою; також слід виключити розбіжності в характеристиках вологості різних партій щепи. Вологість пагонів енергетичної верби необхідно знизити з тим, щоб повною мірою використовувати енергетичний потенціал палива. Вологість є критичною характеристикою палива, особливо в зимовий період, так як природне зменшення вмісту води відбувається тільки в літній час. Для підтримки зниженого рівня вологості в дощовий осінній період необхідні детальне планування та визначення термінів виконання робіт. При будь-яких умовах слід вжити заходів до того, щоб забезпечити підтримку вологості щепи, використовуваної на установках великої потужності, на рівні менше 50% і тріски, використовуваної на установках малої потужності, на рівні менше 40%.

Транспортування щепи з високою вологістю на далеку відстань характеризується високим рівнем витрат на одиницю продукції через відносно низьку об'ємну щільність. Неоднорідність сировинного матеріалу ускладнює використання палива, особливо це стосується обладнання, призначеного для роботи з паливом, і систем контролю процесу горіння. Для зменшення транспортних витрат необхідно підвищити об'ємну щільність сировини, що транспортується, а для підвищення ефективності операцій, пов'язаних з використанням палива, і процесу спалювання палива потрібно забезпечити переробку сировини в більш однорідний матеріал, що має форму частинок. Процес подрібнення дозволяє виконати обидва ці завдання.

Подрібнення являє собою механічну переробку пагонів енергетичної верби на однорідний сипучий матеріал, що має більш високу цінність. Подрібнення може здійснюватися за допомогою гострої ріжучої кромки з отриманням частинок з необхідними характеристиками (тонке подрібнення, кускове подрібнення) або застосовується тупий ударний інструмент, котрим опрацьований матеріал дроблять або розщеплюють з утворенням частинок непевної форми (дроблення, розщеплення).



Рис. 4.6. Причіпна автономна щепорізка з власним двигуном транспортується транспортним засобом.

Мілке подрібнення здійснюється за допомогою гострих ножів, які подрібнюють пагони, на дрібні частинки. Довжина частинок зазвичай становить від 5 до 50 мм, а ширина дорівнює 20% довжини. Ножі, що здійснюють подрібнення пагонів, звичайно закріплюються на диску або барабані дискової або барабанної подрібнюючої машини. Подрібнення являє собою механічну переробку сировини, що має більш високу цінність і більше однорідний сипучий матеріал (рис. 4.6.)

4.4. Дискові подрібнювачі

Робочим органом дискового подрібнювача є важкий диск, оснащений кількома ножами, встановленими радіально, що обертається зі швидкістю від 400 до 1000 обертів за хвилину. Подрібнюються пагони після подачі в дробильну машину через завантажувальний патрон під кутом від 30 до 40 ° до площини диска. Ножі, що обертаються з диском біля кінця завантажувального стола, по мірі надходження матеріалу відокремлюють шматки деревини, з яких в процесі різання утворюється щепа. Отримана щепа проходить через прорізи в диску, розташовані перед ножами, і подається по щепопроводу повітряним потоком, створюваним лопатками, встановленими на зворотному боці диска. Розмір частинок можна змінювати, регулюючи кут різання ножів, зазор між ножами і столом, швидкість обертання диска і подачі матеріалу. Після початку подрібнення матеріалу ножі забезпечують його самозатягування в робочий орган, проте часто подача матеріалу також здійснюється за допомогою вальців, які подають і при завантаженні затискають матеріал, забезпечуючи рівномірну подачу і керування процесом подрібнення. Менш продуктивні подрібнюючі машини з ручною подачею сировини використовуються для перероблення коротких, тонких відрізків деревного матеріалу та гілок, як правило, не оснащуються подавальними вальцями, щоб не підвищувати вартість обладнання. При подачі сировини для подрібнення в даних машинах слід дотримуватися запобіжних заходів, щоб уникнути перевантаження подачі та заклинення двигуна.

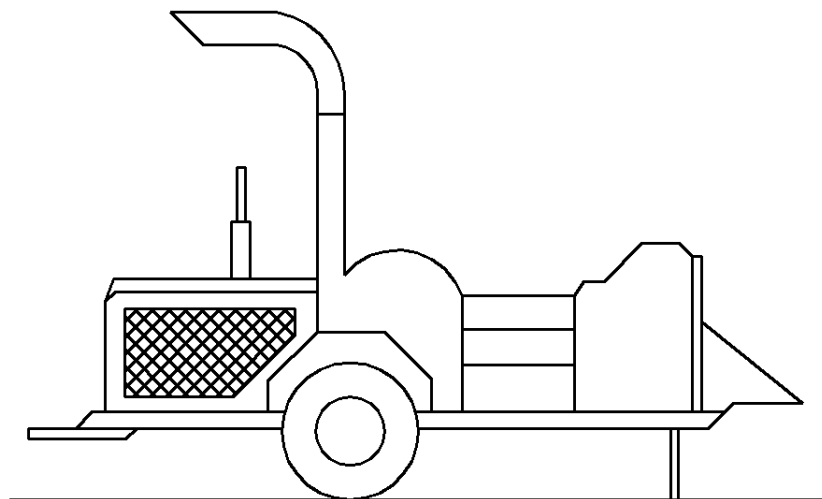


Рис. 4.7. Причіпний дисковий подрібнювач

4.5. Барабанні подрібнюючі машини

На ринку біопаливної індустрії існують два типи барабанних подрібнювачів - з торцевою та бічною подачею сировини до подрібнюючих ножів. Барабанні подрібнюючі машини з бічною подачею сировини вимагають рівномірної подачі і використовуються в основному для виробництва паливної щепи на підприємстві за місцем використання. У цьому випадку сировина у вигляді пагонів подається торцем вперед для переробки в подрібнюючу машину. Ножі, встановлені на барабані, здійснюють різання матеріалу перпендикулярно до напрямку руху, відщеплюючи шматки матеріалу в міру його подачі так само, як і в дисковій машині. Відокремлені шматки подрібнюються в щепу, яка надходить до кишень, розташованих перед ножами. Щепи переміщаються в кишнях по периметру обертового барабана і вивантажується з протилежного боку. Щепи, що поступає на задню частину барабана переміщається потоком повітря через щеповідвід, або видаляється на транспортері з нижньої частини машини. Довжину щепи можна встановлювати, регулюючи положення столу і ножів. У подрібнювачах цього типу ріжучі ножі забезпечують більш швидку подачу матеріалу, з допомогою використання вальців подачі, що дозволяє контролювати швидкість подачі.

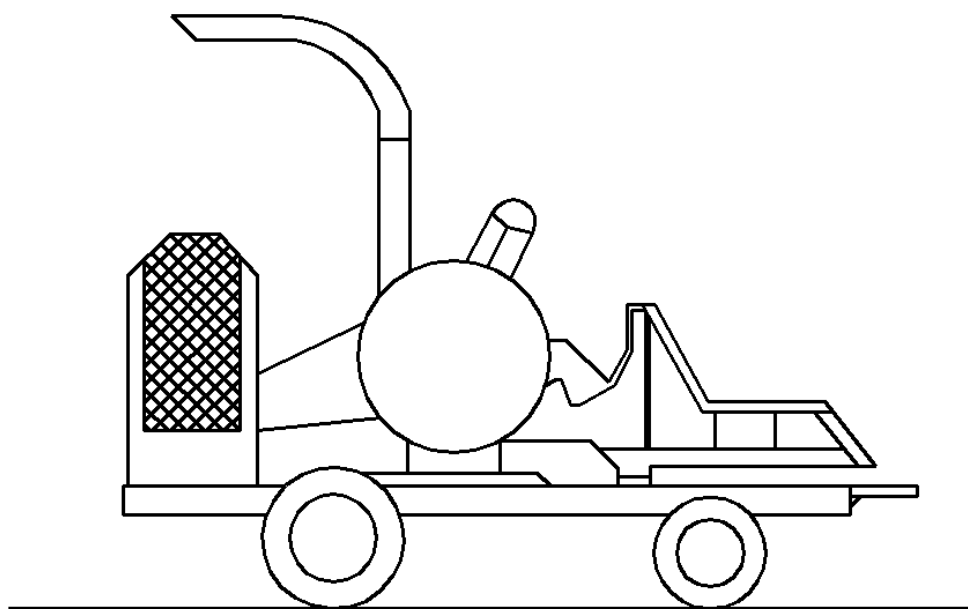


Рис. 4.8. Причіпний барабанний подрібнювач деревини.

Дискові подрібнюючі машини, що мають постійний кут різання, дозволяють отримати більш якісну паливну щепу, ніж барабанні подрібнювачі. Проте розміри диска і площа різання цих машин обмежуються розмірами пропонованого матеріалу. Тому, вони більш прийнятні для переробки на щепу дрібних пагонів енергетичної верби та невеликих за розміром гілок інших дерев. Переробка на щепу відходів деревообробки з нерівномірною подачею матеріалу або різних за діаметром дерев з високою гіллястістю вимагає більшої площі подачі, яку забезпечує барабанна машина, хоча вона має більшу вагу і її

експлуатація вимагає більш високих витрат, та витрат на обслуговування і ремонт. Обидва варіанти подрібнюючих машин, підтягуючи матеріал до робочого органа у міру його подрібнення певною мірою забезпечують подачу, швидкість якої необхідно контролювати за допомогою механізму, що подає, з тим, щоб не допустити подачі надмірної кількості сировини і уповільнення роботи диска або барабана. При цьому лопатки, встановлені на диску або барабані, не встигатимуть подавати щепу по щепу відводу, який, накопичуючись, буде його забивати. У цьому випадку подрібнювач зупиняють і очищають перед поновленням роботи. У разі частого засмічення час, витрачений на очищення, різко знижує продуктивність роботи машини. Більшість машин оснащуються автоматичними пристроями контролю швидкості подачі, які реєструють зниження швидкості диска / барабана і відключають механізм подачі. Після встановлення нормальної швидкості диска / барабана здійснюється включення пристрою, що подає сировину і поновлюється процес переробки.

4.6. Молоткове подрібнення

Молоткові дробарки здійснюють подрібнення матеріалу за допомогою молотків, що завдають удари по сировині до тих пір, поки отримані частинки не почнуть проходити через осередки сита необхідного розміру. Молотки встановлюються на барабані на штангах, що забезпечують їх вільне обертання. При обертанні барабана з робочою швидкістю молотки утримуються створюваними відцентровими силами. Механізм вільного кочення дозволяє зрушувати молоток назад у разі контакту з другорядними предметами, такими як камені або металеві предмети, запобігаючи пошкодження молотка. Барабан звичайно міститься в корпусі молоткового подрібнювача з вертикальним завантаженням, в якому він встановлюється в горизонтальному положенні всередині обертового бункера. Бункер повільно обертається, при цьому лопатки, закріплені на стінках бункера, перемішують матеріал, підштовхуючи його до обертових молотків. Інша конструкція передбачає установку барабана в кінці транспортера. Подрібнений матеріал переміщається транспортером з роликками, з допомогою яких регулюється швидкість подачі матеріалу в барабан молоткової дробарки.



Рис. 4.9. Мобільний дисковий подрібнювач Skorpion 120 SD

Мобільний дисковий подрібнювач деревини Skorpion 120 SD призначений для переробки в щепу невеликих відходів деревини-гілок, верхівок дерев і тонкоміра, загальний діаметр, що подається в подрібнювач матеріалу, не повинен перевищувати 120 см. Подрібнювач деревини Skorpion 120 SD володіє можливістю буксирування автомобілем, власний бензиновий двигун 28,5 кінських сил дозволяє працювати автономно від інших джерел енергії.

Біомаса верби традиційно забирається кожні два-три роки, починаючи з четвертого від закладки плантації. При розрахунках, пов'язаних із збиранням і транспортуванням біомаси використовувалася природна (сира) деревина. Вихід продукції становить 50-60 тонн сирової сировини з гектара при збиранні або 15-20 тонн сухої речовини в рік.

Найкращі умови для збору, коли земля суха або заморожена (взимку). За наявності у насадженні снігу зрізати рослини слід за висоти не ущільненого сніжного покриву. Також варто знати, що збір потрібно припиняти за підвищеної вологості ґрунту. Важливо переконатися в правильності зрізання - його слід проводити низько, адже стебла в нижній частині потовщені і мають найбільшу масу.

Збір біомаси енергетичної верби проводять у вигляді щепи. Пряма заготівля щепи може викликати проблеми при зберіганні, так як при швидкому компостуванні маси утворюється цвіль, а потім з'являються і супутні проблеми внаслідок високої вологості свіжозібраної маси. Тому виникає потреба її підсушування до вологості 20-25% з пропущенням через потік сухого повітря. Протягом першого року після зрізки верба може вирости висотою до 4 м і більше, а обрізки гілок сприяють її розгалуженню.

Механізоване збирання біомаси енергетичних культур може здійснюватися, крім усього іншого, за допомогою косарок-подрібнювачів деревини або самохідних польових подрібнювачів KLAS та JAGUAR. Навісна

збиральна машина GMHT 140 виробництва компанії JENZ здійснює подрібнення твердої деревини з діаметром стовбура до 10 см або м'якої деревини - до 14 см. Збирання можна здійснювати як на дворядних, так і на однорядних плантаціях швидкорослих дерев. Приводна машина GMHT 140 розрахована для трактора потужність не менше 250 кВт / 340 к.с (рис. 3.2-3.7).

Для збирання високоврожайних плантацій верби використовуються спеціалізовані самохідні чи причіпні комбайни (PIC) Комбайн подрібнює стебла на щепу і вивантажує в причіп для подальшого використання як біомаси. З інших засобів механізації для збирання тонких однорічних рослин можна використовувати кормозбиральну техніку, для рослин першого та другого року спеціальні косарки.

При проведенні збирання в зимовий період вологість енергетичної верби становить близько 50%. Найбільш економічним методом збирання є той, коли деревна подрібнена біомаса поставляється безпосередньо споживачу на теплову станцію. Біомаса повинна зберігатися на рівній твердій поверхні. Необхідно вжити додаткових заходів щодо неприпустимості попадання води, в іншому випадку активізуються мікроорганізми, і біомаса може швидко розігріватися. Вживаються заходи щодо захисту від атмосферних опадів.

Другий спосіб - це тривале зберігання деревинної біомаси під навісом до 4-6 місяців. У цьому випадку відбувається зниження вологості деревини до 30%. Кращий спосіб - це застосування активного вентилявання, проте в цьому випадку слід враховувати зростання витрат на електроенергію.

4.7. Транспортування паливної щепи

Транспортування паливної щепи характеризується високим рівнем витрат на одиницю продукції через відносно низьку об'ємну щільність. Неоднорідність сировинного матеріалу ускладнює використання палива, особливо це стосується обладнання, призначеного для роботи з паливом, і систем контролю процесу горіння. Для зменшення транспортних витрат необхідно підвищити об'ємну щільність, що транспортується. А для підвищення ефективності операцій, зв'язаних з використанням палива, в тому числі процесу спалювання, потрібно забезпечити переробку сировини в більш однорідний матеріал, що має форму частинок, або подрібнених кусочків. Процес подрібнення дозволяє виконати обидва ці завдання.

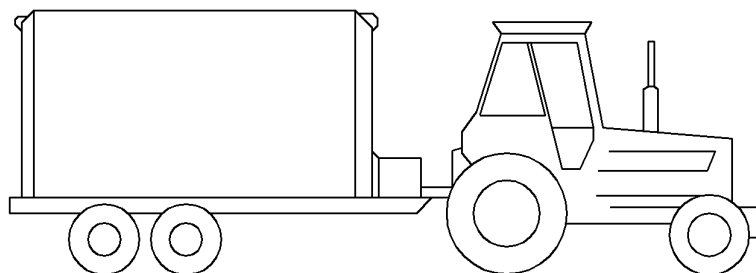


Рис. 4.10. Самоскидний причіп для транспортування насипного матеріалу. Автопоїзд причіп / тягач, призначений для транспортування насипного матеріалу.

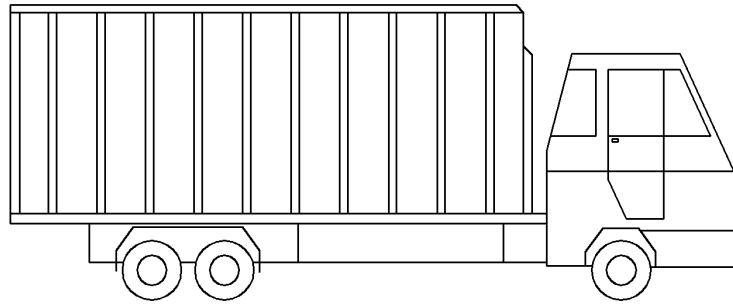


Рис. 4.11. Вантажний автомобіль без причепа зі знімним змінним контейнером призначений для транспортування матеріалів. Розвантаження може здійснюватися перекиданням контейнера, який може бути залишений в лісі для завантаження.

Транспортування щепи з енергетичних плантаціях на далекі відстані здійснюється щеповозами, які зазвичай обладнуються підкузовним транспортером або самоскидальним бункером з бічним розвантаженням і мають об'єм вантажного простору від 90 до 120 м³. Вага без вантажу щеповоза звичайного типу становить 25 т, що дозволяє транспортувати вантаж щепи вагою 40 т (максимально допустиме навантаження на міст може становити, наприклад, у Фінляндії, 60 т). При транспортуванні щепи з дуже високим вмістом вологи можливе перевантаження щеповоза, в той час як при транспортуванні сухої щепи вага самоскидів з вантажем значно нижча від максимально допустимого рівня повної ваги (*Alakangasetal. 1999*). Величина витрат, пов'язаних з транспортуванням щепи, залежить від відстані транспортування і числа наявних самоскидів. Оптимізація логістики використання подрібнюючої машини і самоскидів робить значний вплив на величину витрат. У цій послідовності критичними факторами є забезпечення повного завантаження обох машин і мінімізація часу очікування в процесі роботи. У випадку, якщо подрібнююча машина і самоскид належать різним підрядникам, оптимізація логістики є більш складним завданням.





Рис. 4.12. Транспортування та кагатування паливної цеи енергетичної верби (Салікс Енерджі) 2014р



Рис. 4.13. Кагатування паливної цеи енергетичної верби (Салікс Енерджі) 2014р.

Для невеликих господарств використовуються універсальні комбіновані машини, що представляють собою поєднання щеповоза і подрібнюючої машини. Наприклад, самоскид з подрібнюючою машиною, змонтований на шасі вантажного автомобіля, може виробляти щепу безпосередньо на енергетичній плантації. Самоскид з подрібнюючою машиною використовується як автономний транспортний засіб, також може здійснювати завантаження інших змінних вантажних контейнерів. Контейнери можуть або доставлятися

безпосередньо на об'єкт кінцевого користування, або залишатися на плантації для подальшого транспортування. У цьому випадку відсутні періоди простоїв, які характерні для виробничих циклів, що включають виробництво тріски і використання проміжних пунктів (*Hamalainen&Pankakari 1998*).

4.8. Складування та зберігання сировини енергетичної верби

Зберігання сировини відбувається у вигляді паливної щепи, або заготовлених після скошування пагонів під навісом, щоб не допустити повторного намокання від дощу. Але за великої кількості сировини іноді немає можливості її зберігати в закритих приміщеннях або під навісами. У такому випадку щепу зберігають у довгих кагатах до 5 м заввишки, сформованих із застосуванням телескопічних навантажувачів. У результаті створюється щільний верхній шар, який не пропускає вологу всередину кагата. Зібрана сировина великих розмірів у вигляді пагонів швидше висихає завдяки нещільному прилягання часток, що забезпечує краще провітрювання маси. Висушену сировину подрібнюють або спалюють безпосередньо для виробництва тепла або електроенергії.



Рис. 4.14. Складування пагонів енергетичної верби для природнього сушіння.

Одна з найбільших екологічних переваг сировини енергетичної верби її вуглецева нейтральність щодо процесу вирощування і горіння. Двоокис вуглецю, що поглинається рослиною під час вирощування, так само в такій же кількості, що утворився внаслідок його перетворення в тепло чи електроенергію. У порівнянні зі спалюванням вугілля, використання біопалива з енергетичної верби, забезпечує значне зниження викидів шкідливих твердих частинок, ртуті, оксиду сірки, азоту та інших забруднювачів повітря. Завдяки

швидкому і стабільному зростанню верба є ідеальним екологічно чистим паливом. Її насадження застосовують також для створення природного мікроклімату в місцях проживання людей, вона є елементом ландшафтного дизайну: служить для створення декоративних огорож і прибережних природних бар'єрів, які затримують відходи від попадання в річки, ставки і озера. Вирощування верби може бути засобом збереження і поліпшення навколишнього середовища, так як її використовують для рекультивації земель, стабілізації схилів і як лісосмуги для захисту від вітрів тощо.

Як правило біомасу енергетичної верби складають біля магістральної дороги з твердим покриттям, в основному для ефективного використання великогабаритної і важкої техніки. Наприклад, довжина щеповоза перевищує 20 м, а ширина - 2,6 м. Повна вага самоскидів з вантажем становить приблизно 60 т. Довжина подрібнювача на шасі вантажного автомобіля становить від 10 до 12 м, а вага - 30 т.

Купи пагонів енергетичної верби повинні мати максимально можливі розміри і розташовуватися в межах робочого радіуса дії маніпулятора подрібнюючої машини або дробарки. На практиці максимальна відстань від задньої кромки купи до краю дороги може становити від 5 до 6 м. Слід враховувати, що при тривалому зберіганні може значно збільшуватися вологість пагонів верби в купях невеликих розмірів. Наприклад, при виробництві щепи з покладених пагонів у купи великих розмірів подрібнюючу машину не потрібно переміщати на інші ділянки, і вона може, залишаючись на одному місці, виробити кількість паливної щепи, достатню для повного завантаження самоскидів.

Сушу сировину (містять близько 30% вологи), яка зберігалася протягом літнього періоду, слід закривати при зберіганні на відкритому майданчику для захисту від дощу і снігу в осінньо-зимовий період. Навпаки, зелені і вологі лісосічні відходи закривати не рекомендується.

Продуктивність виробництва сировини становить від 40 до 80 насипних м³ паливної щепи за робочу годину. Як правило, зелена щепка переробляється швидше, ніж суха. Слід проявляти виняткову обережність при переробці нижніх шарів лісосічних відходів. Пошкодження ріжучих ножів щепорізки домішками, що містяться в них, може викликати значні додаткові витрати.

Для переробки відходів деревообробки та біомаси енергетичних культур також можуть використовуватися молоткові і пластинчасті дробарки. Дробарки значно менше, ніж подрібнюючі машини, чутливі до домішок - таких, як камені і металеві предмети. Разом з тим дробарки являють собою важкі машини великої потужності, які важко транспортувати. Також якість щепи, отриманої в дробарці, зазвичай значно нижче якості щепи, виробленої подрібнюючою машиною, які можуть ускладнювати роботу живильного транспортера.

Паливна щепка є традиційним джерелом енергії, використовуваної для опалення та виробництва електроенергії на ТЕЦ та в комунальних підприємствах, особливо в сільській місцевості, де джерела паливної сировини знаходяться поруч з місцем проживання і є легкодоступним екологічним паливом.

Зібрана з плантації тріска верби є безпосередньо придатною для:

- постачання пального для котлів, котельням;
- опалення приватних будинків, установ, промислових об'єктів;
- пелетування та брикетування.

Котли, які виробляють в даний час:

- з автоматичним режимом роботи;
- типи котлів від 20 кВт до 1 МВт;
- забезпечують комфорт газового опалювання;
- поряд з економною роботою потребують мінімального обслуговування.

За допомогою автоматизованого опалювання тріскою можна досягти до 75% економії у порівнянні з газовим опалюванням (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Порівняльна характеристика спалювання тріски верби енергетичної

Назва	Швецька верба	Деревина для опалювання	Природний газ
Вміст вологи в період збору врожаю (%)	50	35	-
Теплота згоряння МДж/т-МДж/м ³	21	19	34
Ціна в натуральному вигляді Фт/кг-Фт/м ³	12,6 (30%)	20 (35%)	80-120
Ціна фт/кг (0% вміст води)	18 (0%)	30,7 (0%)	80-120
Ціна тепла 1 МДж (форинт)	0,85	1,61	2,35-3,52
% співвідношення цін	100	161	276-414
Ефективність в %	90	70	90
Співвідношення в залежності від ефективності, %	100	230	276-414
Переваги	Можливість автоматизації. Висока ефективність. Дешева. Сприятлива емісія згоряння екологічно чиста	Легкодоступна, помірний рівень цін, широко використовується	Можливість автоматизації, висока ефективність
Недоліки	В даний час не широко доступні	Періодична робота. Не може бути автоматизованим. Середня ефективність	Дорогий. Залежить від оператора. Збільшує емісію CO ² . Неприятливий для довкілля
Економія в порівнянні з газом	60-75%	17-45%	0%

4.9. Технологія виробництва паливних гранул та брикетів

Частка біопалива на основі паливних гранул в Європі зростає з кожним роком. До 2015 р, згідно з різними дослідженнями, в ЄС буде споживатися близько 100 млн. т. паливних гранул. Вже сьогодні країни Європи використовують понад 60% усіх вироблених гранул в світі.

На країни Європейського союзу припадає близько 50% від усіх обсягів виробництва паливних гранул в світі. При цьому країни ЄС-28 споживають 80% від усіх вироблених у світі гранул. США виробляє близько 30% всього обсягу, а використовує лише половину виготовлених гранул. Канада виробляє приблизно 10% від усього обсягу паливних гранул. Країни СНД виробляють близько 8% від світового обсягу і практично невелику частку споживають усередині країни.

Паливні гранули є традиційним джерелом енергії, використовуваної в комунальній енергетиці для опалення житлових будівель та технічних приміщень. Одночасно із зростанням попиту на твердопаливні котли на біопаливо, що використовують як паливо гранули, зростає попит і збільшуються обсяги торгівлі паливними гранулами. У той же час зростає значення класифікації якості, яка визначає умови вимірювання параметрів біопалива. У зв'язку з цим в більшості європейських країн прийняті стандарти з визначення якості біопалива.

Виробництво гранульованого біопалива, як і виробництво багатьох інших поновлюваних джерел енергії, бере початок у часи нафтової кризи 1970-х рр. Споживачі та представники промислових кіл були змушені усвідомити, наскільки зросла їх залежність від різних джерел енергії, особливо нафти. Практичне використання гранульованого біопалива почалося в середині 1980-х рр.

У Швеції технологія виготовлення гранул інтенсивно розвивалася з 1980-х рр. і особливо в 1990-і рр., виробляються гранули діаметром 6, 8, 10 і 12 мм. Гранули, розмір яких перевищує 30 мм, називаються брикетами.

Енергія, необхідна для виробництва гранул, приблизно на 10% перевищує вміст енергії в самих гранулах, яка витрачається за сушіння сировини, а за виробництва гранул з сухої сировини витрачається тільки 1-2% енергії, що міститься в них.

Біопаливо у вигляді паливних гранул має ряд переваг:

- відсутні значні коливання якості;
- гранули мають фіксовані характеристики, включаючи значення теплоти згорання, що представляє практичне значення для користувача і дозволяє здійснювати оптимальну подачу палива, що забезпечує чисте горіння;
- гранули є сухим матеріалом і мають однорідні розміри і форму, що полегшує процес зберігання і вантажно-розвантажувальні роботи;
- гранули мають високий вміст енергії або енергетичну щільність;
- гранули придатні для спалювання в установках малої і великої потужності;
- гранули зручно зберігати і переміщати навіть в невеликих домашніх господарствах;

- гранули можуть доставлятися замовнику як насипний матеріал в автоцистернах та розвантажуватися з використанням пневморозвантажувачів в бункер замовника, аналогічно тому, як здійснюється розвантаження нафтового палива; гранульована деревина також реалізується в біг-бегах (мішках) різного об'єму.

З точки зору користувача недоліком гранульованого палива в порівнянні з нафтовим паливом, використовуваним для виробництва тепла, є те, що гранули вимагають приблизно в три рази більше місця для зберігання в порівнянні з нафтовим паливом. Крім того, при зберіганні на відкритому повітрі гранульоване паливо поглинає вологу і змерзається.

Технологія виробництва паливних гранул була відома ще в ХХ столітті, проте гранулювання саме біомаси енергетичних культур для подальшого спалювання в твердопаливних котлах та ТЕС набуло поширення відносно недавно. Недоліками цього способу є високі енергетичні витрати на подрібнення біомаси та її пресування, малий опір на стиск і порівняно низька теплота згоряння отриманих гранул.

Паливні гранули мають щільність 950 кг / м^3 , зольність - не більше 5%, опір на стискання -3,5 МПа. Робоча теплота згоряння паливних гранул - до 4500 ккал / кг. Найбільш близькою до технології отримання паливних гранул є технологія виробництва брикетів із сумішей, що містять в якості компонентів деревні та органічні суміші. Пресування сировини проходить при тиску 110 МПа протягом 10 с з одночасним нагріванням матриці до 163°C . Отримані брикети мають опір на стиск 10 МПа, зольність - 12,5% і робочу теплоту згоряння - 4000 ккал / кг.

Устаткування для гранулювання органічної сировини, може бути стаціонарне та мобільне. Найбільш відомі фірми та виробники обладнання для гранулювання: Holzpellets, Heizpellets, Pelletieranlage, Biomasse, Pelletierung, pelleting, Pelletfabrik, Stroh, Pellets, Strohpellets, stroh-pellets, Pelletiermaschinen, Pellethersteller, Pelletslieferanten, Pelletqualität, Pelletheizungen, CPM, Andritz, Salmatec, Amandus Kahl, Buhler, Munch.

В основі технології виробництва паливних гранул і брикетів лежить процес пресування подрібненої сировини, в даному випадку щепи енергетичної верби. Процес виробництва гранул складається з чотирьох етапів:

- 1) Подрібнення щепи;
- 2) Сушіння (зволоження) щепи;
- 3) Гранулювання;
- 4) Охолодження та пакування.

4.10. Подрібнення сировини (щепи)

Для надійної роботи преса гранулятора сировина (щепа) енергетичної верби попередньо подрібнюється до стану мілкої фракції у вигляді муки. Фракція щепи на вході в гранулятор повинна бути не більше 4 мм. Таку фракцію можуть забезпечити молотковий млин або стружковий верстат.

Результати наукових досліджень свідчать, що на енергоємність процесу пресування значний вплив має ступінь подрібнення щепи. Чим менший розмір частинок після подрібнення, тим менші затрати енергії під час пресування. При подрібненні щепи дезінтегратором відбувається руйнування клітин до мікрорівня в результаті чого процес пресування буде проходити з мінімальними енерговитратами та кінцевий продукт (гранули або брикети) матиме вищі показники щільності, твердості та теплотворної здатності.

4.11. Сушіння сировини (щепи)

Щепа енергетичної верби (сировина) перед пресуванням за традиційною технологією повинна мати вологість $10 \pm 2\%$. Сировина з більшою або меншою вологістю вимагає додаткового сушіння або зволоження. Сушіння щепи може здійснюватись на сушарках двох типів: стрічкових і барабанних (рис. 4.15.). За якістю, надійністю та безпечністю сушіння сировини перевагу мають сушарки стрічкового типу, хоча їх вартість вища. В якості сушильного агента в сушарках може застосовуватись топковий газ, нагріте повітря або водяний пар. Паливом для сушарок здебільшого служить природний газ або відходи сільського господарства (солома, стебла, лузга) та деревообробної промисловості (тирса, щипа).

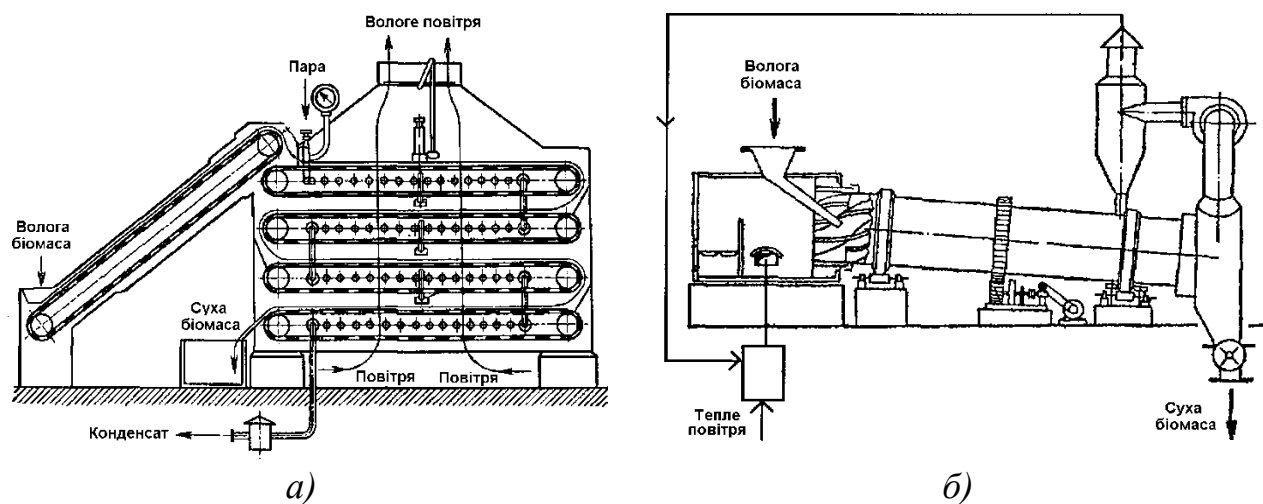


Рис. 4.15. Сушарки щепи: а) – стрічкова; б) – барабана.

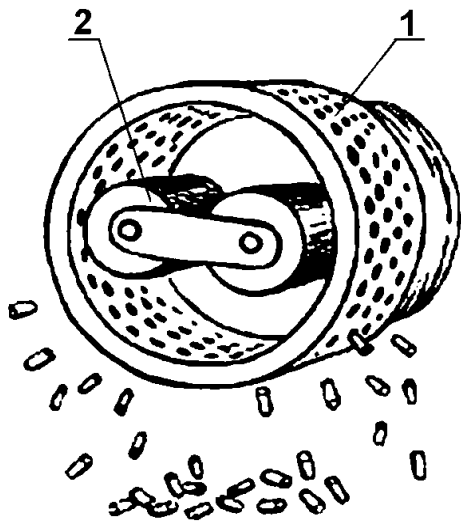
Сировина з вологістю менше 8% погано піддається гранулюванню, тому потрібно додаткове її зволоження у шнекових змішувачах за допомогою води або водяної пари. Пар застосовують для зниження міцності й збільшення пластичності сировини енергетичної верби. Гранулятори деяких виробників через конструктивні особливості не потребують обробки паром. Доцільно застосовувати обробку паром для старої злежаної біомаси, але з такої сировини складно отримати гранули високої якості.

4.12. Гранулювання сировини

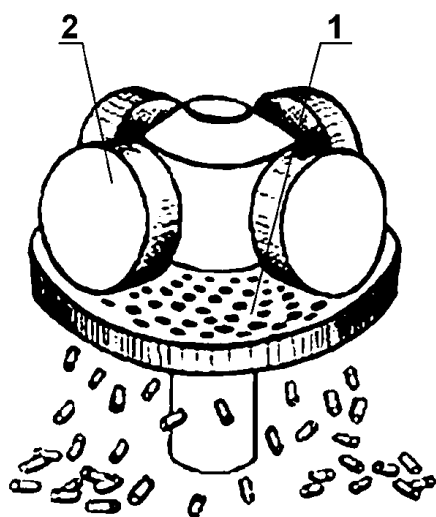
Після сушки (зволоження) сировина потрапляє у гранулятор, в якому муку із щепи енергетичної верби пресують у паливні гранули. Під дією сил тертя та адіабатичних процесів, що відбуваються під час різкого стиснення сировини, температура в робочій зоні преса сягає 100°C . Через високу температуру лігнін, який міститься у структурі біомаси розм'якшується і склеює частинки в щільні циліндри. Тому паливні гранули з сировини енергетичної верби мають вищу щільність та меншу гігроскопічність.

Гранулювання відбувається на спеціальних пресах з циліндричною або плоскою матрицею 1, на робочій поверхні якої розміщено декілька рядів отворів (рис. 4.16.). У процесі роботи роторні вальці 2 перекочуються по поверхні матриці створюючи контактне напруження зминання біомаси. Таким чином, під дією вальців біомаса продавлюється через отвори в матриці, зрізання сформованих гранул здійснюється спеціальними ножами. Питоме споживання електроенергії під час гранулювання складає від 30 до 50 кВт/год. на 1 тону.

Конструкція преса з циліндричною матрицею розроблялась для комбікормової, харчової та хімічної промисловості, а прес з плоскою матрицею – для утилізації промислових і побутових твердих відходів. На сьогоднішній день можуть бути використані для виробництва паливних гранул преси обох модифікацій.



a)



б)

Рис. 4.16. Прес з циліндричною (а) та плоскою (б) матрицею.

4.13. Охолодження і пакування паливних гранул

Як зазначалось раніше, у процесі гранулювання відбувається сильне нагрівання гранул, що істотно знижує їх міцність. Для охолодження і позбавлення зайвої вологи паливні гранули з преса потрапляють на транспортер (норію), яким подаються у колону охолодження через шлюзовий затвор. Потік повітря, створений вентилятором циклону, проходить через шар гранул, охолоджуючи їх. Колони охолодження спроектовані таким чином, що потік повітря рухається у зустрічному напрямку відносно гранул, при цьому вже охолоджені паливні гранули першими стикаються з холодним повітрям.

Така технологія дозволяє уникнути ефекту «теплого шоку», коли під впливом холодного повітря поверхня гранул швидко охолоджується і покривається сухою кіркою, в той час як серцевина гранули залишається вологою. Крім того, потоком повітря відділяється пил і дрібна фракція, які виводяться через циклон.

У процесі охолодження вологість гранул знижується, пелети набувають необхідну міцність, вологість і температуру. З колони охолодження гранули потрапляють на стіл розсіювання, на якому некондиційні гранули та уламки відділяється від готового продукту. Весь відбракований матеріал надходить на вторинну переробку, завдяки чому досягається безвідходність виробництва.

Після охолодження та додаткового очищення готові паливні гранули стрічково-скребковим транспортером подаються у фасувальну тару. Пакування гранул для промислових споживачів здійснюється у великі мішки (біг-беги) масою 620-1000 кг або насипом у контейнери масою від 10 до 20 т. Для приватних і невеликих промислових споживачів паливні гранули фасуються у маленькі поліетиленові пакети масою 15-25 кг.

Належне виконання усіх технологічних операцій (подрібнення, висушування, гранулювання, охолодження та фасування) дають змогу отримати належні характеристики готової продукції. Головні показники якості паливних

гранул, визначенні європейськими нормативними документами наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Вимоги Європейських стандартів до пелет

Показник	DIN 51731	O-Norm M 7135	DIN plus	SS 18 71 20
	Німеччина	Австрія	Німеччина	Швеція
Діаметр, мм	4–10	4–10		<25
Довжина, мм	<50	<5×d	<5×d	<5×d
Щільність, кг/дм ³	>1,0–1,4	>1,12	>1,12	*
Вологість, %	<12	<10	<10	<10
Насипна маса, кг/м ³	650	650	650	>500
Брикетний порошок, %	*	<2,3	<2,3	*
Зольність, %	<1,5	<0,5	<0,5	<1,5
Теплотворна здатність, МДж/кг	17,5–19,5	>18	>18	>16,9
Вміст сірки, %	>0,08	>0,04	>0,04	>0,08
Вміст азоту, %	>0,3	>0,3	>0,3	*
Вміст хлору, %	>0,03	>0,02	>0,02	>0,03
Миш'як, мг/кг	>0,8	*	>0,8	*
Свинець, мг/кг	>10	*	>10	*
Кадмій, мг/кг	>0,5	*	>0,5	*
Хром, мг/кг	>8	*	>8	*
Мідь, мг/кг	>5	*	>5	*
Ртуть, мг/кг	>0,05	*	>0,05	*
Цинк, мг/кг	>100	*	>100	*

* – величина не регламентується.

4.14. Паливні брикети

З сировини енергетичної верби можна виготовляти також паливні брикети, технологія виробництва яких схожа з технологією гранулювання, але є більш простою.

Основним чинником, що визначає механічну міцність, водостійкість і калорійність брикету, є його щільність. Чим щільніший брикет, тим вищі показники його якості. Якість брикетів також у значній мірі залежить від вологості біомаси, оптимальне значення якої для сировини на основі щепи енергетичної верби становить 8-10%. За більш високої вологості внутрішній тиск води, що виникає під час стиснення подрібненої біомаси, не дозволить сформувати якісні брикети.

Для виробництва паливних брикетів із енергетичної верби застосовують поршневі або шнекові преси. Перед пресуванням матеріал додатково подрібнюють і підсушують (вологість не повинна перевищувати 12 - 14%).

Поршневий прес працює циклічно – під час кожного ходу поршень

продавлює певну кількість біомаси через конічне сопло. У конструкції приводу поршневого пресу завжди передбачено маховик, який дозволяє вирівняти навантаження на електродвигун. Поршневі преси відносно дешеві і тому широко поширені (рис. 4.17.).

Особливістю шнекових пресів (екструдерів) є їх менша маса порівняно з поршневими через відсутність масивних поршня і маховика. Продукція з таких пресів виходить безперервно, тому її можна розрізати на частини необхідної довжини. Щільність брикетів, виготовлених на екструдерах є вищою, ніж на поршневих пресах. Шнекові преси менш шумні, завдяки відсутності ударних навантажень. До недоліків можна віднести більші витрати енергії і швидкий знос шнека.

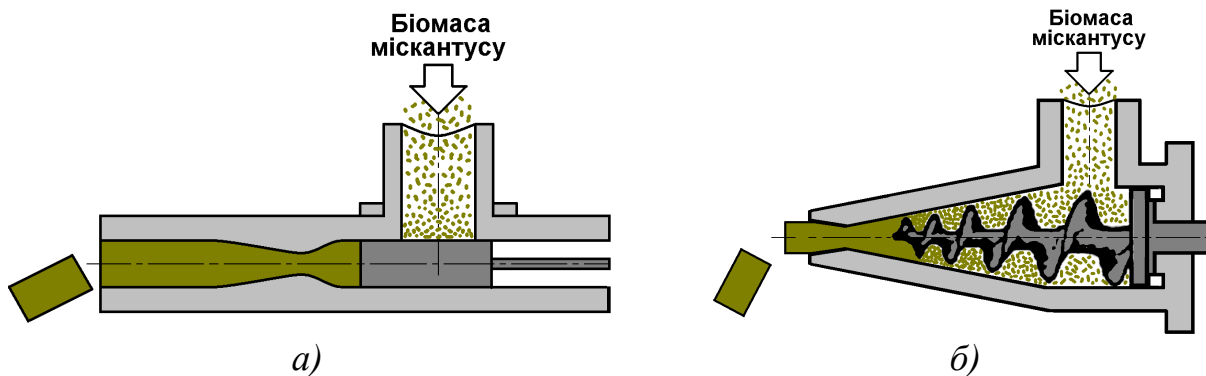


Рис. 4.17. Брикетувальні преси: а) – поршневого типу; б) – шнекового типу.

Залежно від способу виробництва брикети бувають різних форм – у вигляді цегли, циліндра або шестикутника з отвором всередині (рис. 4.18). Стандартних розмірів у даній продукції немає.



Рис. 4.18. На основі сировини енергетичної верби можуть бути різні форми твердого біопалива

Циліндричні брикети. Цей вид поливних брикетів отримують шляхом пресування біомаси на обладнанні ударно-механічного типу. Циліндричні брикети мають високу щільність і можуть бути будь-якої довжини (від шайби до поліна), через що користуються великою популярністю в Європі та на внутрішньому ринку. Такі брикети бувають не тільки круглої форми, але і квадратної або восьмикутної, з отвором в середині або без нього.

Екструдерні брикети. Ці брикети обов'язково мають отвір всередині і темну (обпалену) зовнішню поверхню. В основі екструдерної технології виробництва брикетів лежить процес пресування біомаси шнеком під високим тиском за температури від 250 до 350 °С. Висока температура сприяє оплавленню поверхні брикетів, які завдяки цьому стають міцнішими. Такі брикети закладаються вручну в топку котла чи в грубку, вони користуються попитом у Прибалтиці і Росії.

Брикети у вигляді цеглинки. Такий брикет має вигляд прямокутного паралелепіпеда зі скошеними кутами і виготовляється шляхом гідравлічного пресування. Брикети у вигляді цегли користуються попитом на внутрішньому ринку та відмінно купуються в усіх європейських країнах.

4.15. Теплотворні властивості енергетичної верби

Основними компонентами біомаси енергетичної верби, що визначають її теплотворну здатність, є целюлоза, геміцелюлоза і лігнін, які складають до 99% сухої маси деревного матеріалу (рис. 4.19).

Целюлоза – природний полімер, полісахарид з видовженою ланцюговою молекулою ($C_6H_{10}O_5$)_n. Целюлоза являє собою дуже стійку речовину білого кольору, яка не розчиняється у воді та інших органічних розчинниках, не розпадається під час нагрівання до 200°C, але є горючою речовиною, яка спалахує за температури 275°C. Теплотворна здатність целюлози становить 18,8 МДж/кг. Частка целюлози у сухій речовині біомаси верби становить 40...45 %. Тонкі волокна целюлози (мікрофібрили) слугують каркасом для стінок рослинних клітини. Між мікрофібрилами знаходиться геміцелюлоза, лігнін, а також вода.

Геміцелюлоза відноситься до вищих молекулярних сполук і займає проміжне положення між крохмалем і целюлозою, але на відміну від останньої краще розчиняється. У рослинах геміцелюлоза виконує функцію опорного конструкційного матеріалу і резерву поживних речовин. Частка геміцелюлози у структурі сухої речовини біомаси верби становить до 40 %.

Лігнін – це органічна речовина, яка поряд із целюлозою є складовою частиною задерев'янілих тканин вищих рослин та разом з геміцелюлозою зумовлює міцність їх стовбурів і стебел. Вміст лігніну у деревині верби становить 18...24%. Лігнін багатий вуглецем і воднем, тому володіє високою теплотворною здатністю (до 25 МДж/кг) і є основним компонентом у процесі гранулювання біомаси. Близько 40% теплотворної здатності біомаси верби зумовлено лігніном.

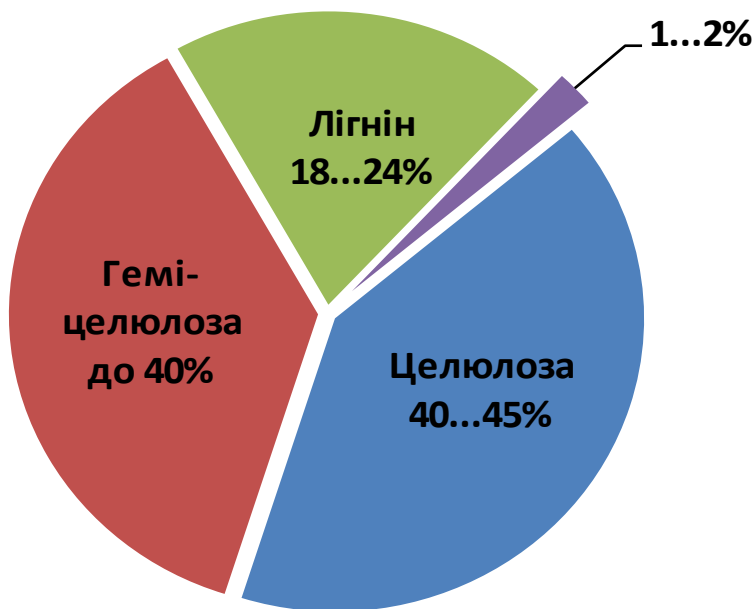


Рис. 4.19. Структурний склад сухої біомаси верби

Окрім вищезгаданих компонентів до складу біомаси верби входить також зола та вода, вміст яких негативно впливає на теплотворну здатність.

Зола – негорючий пилоподібний або шлакоподібний залишок, що утворюється з мінеральної частини біомаси під час повного її згорання. Частка зольних елементів у структурі сухої речовини біомаси верби 2-3 року вегетації становить до 1 %. Згідно стандартів ЄС частка золи у твердому біопаливі

(пелетех) преміум класу не повинна перевищувати 1%, а для промислових пелет – до 4%. Високий вміст золи та низька температура її плавлення може негативно впливати на надійність роботи котлів.

Найбільший негативний вплив на теплотворну здатність біомаси верби має її *вологість*. Вода збільшує об'єм газів горіння, погіршує займання біомаси, а також поглинає багато теплової енергії. Щоб нагріти і випарувати 1 кг води необхідно витратити 2,6 МДж енергії. Тому, для підвищення тепловіддачі слід застосовувати тверде біопаливо з низькою вологістю. Стандартами ЄС допускається використання паливних гранул вологістю до 10%. Для зменшення затрат на висушування біомаси енергетичну вербу слід збирати за мінімальної вологості її стебел (кінець осені – початок весни).

4.16. Розрахунок теплотворної здатності енергетичної верби

Теплотворною здатністю біопалива називається кількість тепла, що виділяється під час згорання 1 кг біомаси. Залежно від конструктивних особливостей котла та режимів його роботи розрізняють вищу і нижчу теплоту згорання.

Вища теплота згорання – це кількість тепла, яка виділяється під час повного згорання 1 кг біомаси, конденсації усієї утвореної водяної пари та охолодження усіх продуктів згорання до початкової температури біопалива (рис. 3.14). Вища теплота згорання біомаси верби визначається за формулою:

$$E_B = \left(\frac{100 - W - Z}{100} \right) \cdot E_0, \quad (1)$$

де E_B – вища питома теплотворна здатність біомаси, МДж/кг;

W – вологість біомаси, %;

Z – зольність біомаси, %;

E_0 – питома теплотворна здатність абсолютно сухої біомаси, МДж/кг;

За літературними даними та на основі власних досліджень відомо, що теплотворна здатність абсолютно сухої беззольної біомаси верби коливається не в значних межах і становить близько $E_0=18,5$ МДж/кг.

Підставивши значення E_0 у формулу (1) отримаємо:

$$E_B = 18,5 - 0,185 \cdot W - 0,185 \cdot Z \quad (2)$$

Нижча теплота згоряння – це кількість тепла, що виділилося під час згоряння 1 кг біомаси, без обліку тепла, витраченого на нагрівання та випаровування води. Нижча теплота згоряння визначається за формулою:

$$E_H = \left(\frac{100 - W - Z}{100} \right) \cdot E_0 - \frac{W}{100} \cdot (Q_1 + Q_2) \quad (3)$$

де E_H – нижча питома теплотворна здатність біомаси, МДж/кг;

Q_1 – питома теплоємність нагрівання води, МДж/кг;

Q_2 – питома теплоємність пароутворення, МДж/кг;

Питома теплоємність нагрівання води до кипіння визначається за формулою: $Q_1 = C \cdot (100 - t_0)$, де C – питома теплоємність води ($C=0,004183$ МДж/кг·°С), t_0 – початкова температура води, °С. Приймаючи $t_0=15^\circ\text{C}$ отримаємо $Q_1 = 0,004183 \cdot (100 - 15) = 0,356$ МДж/кг. Отже, для нагрівання 1 кг води від 15 до 100°С потрібно затратити 0,356 МДж енергії. Питома теплоємність пароутворення для води становить $Q_2=2,236$ МДж/кг.

З врахуванням вищенаведеного, формула для визначення нижчої теплотворної здатності біомаси енергетичної верби матиме вигляд:

$$E_H = \left(\frac{100 - W - Z}{100} \right) \cdot 18,5 - \frac{W}{100} \cdot (0,356 + 2,236)$$

або

$$E_H = 18,5 - 0,2109 \cdot W - 0,185 \cdot Z \quad (4)$$

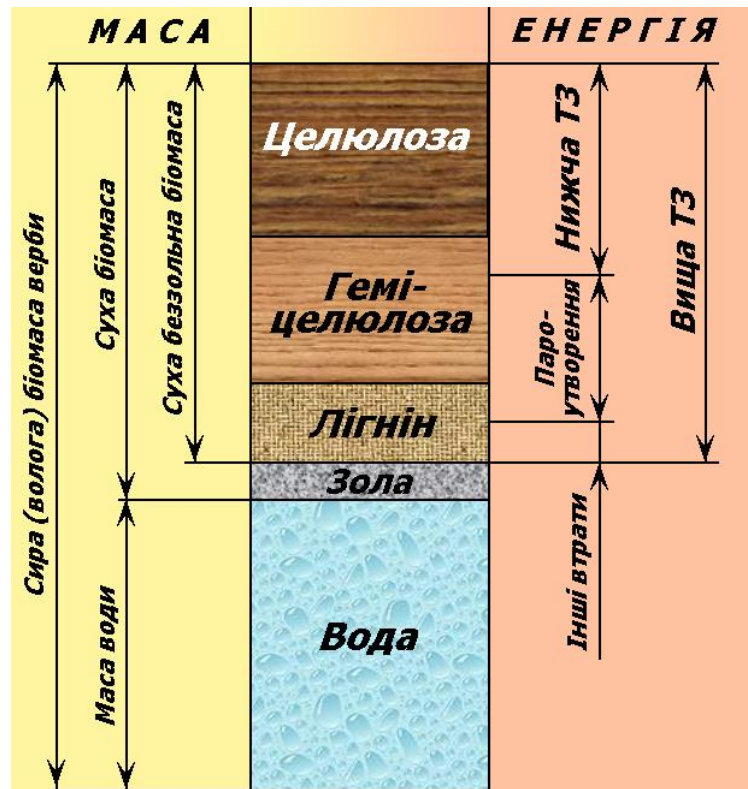


Рис. 4.20. Структурний склад біомаси верби та її теплотворна здатність.

На рис. 4.21. зображено графіки залежності вищої та нижчої теплоти згорання від вмісту золи та вологості біомаси. Для більш точного визначення теплотворної здатності біомаси верби можна скористатися номограмою, наведеною в табл. 4.3.

Таким чином, наявність води у біомасі верби суттєво погіршує її теплотворні властивості. Зі збільшенням вологості біомаси з 10% до 20% теплотворна здатність зменшується від 16,5 до 14,6 МДж/га (на 11%).

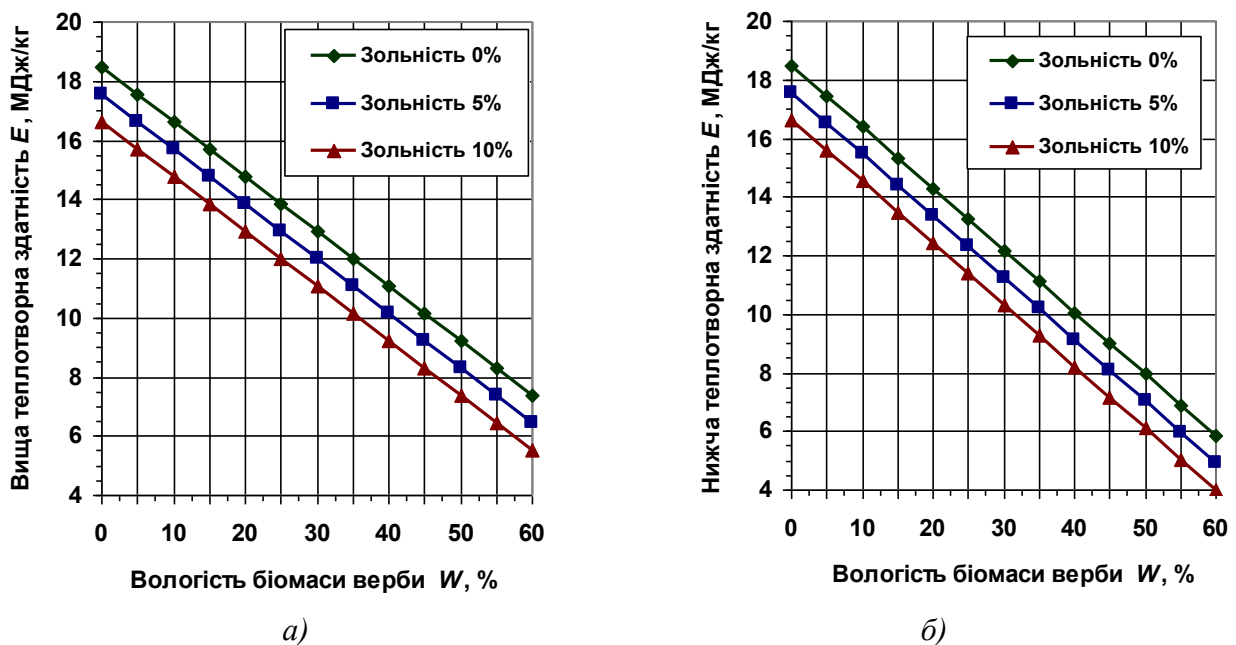


Рис. 4.21. Залежність теплотворної здатності верби від зольності та вологості біомаси: а) – вища ТЗ; б) – нижча ТЗ.

Таблиця 4.3

**Номограма для розрахунку вищої та нижчої теплотворної здатності
енергетичної верби залежно від вологості та зольності біомаси,
МДж/кг.**

Вологість, %	Зольність, %										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	<u>18,5</u> 18,5	<u>18,3</u> 18,3	<u>18,1</u> 18,1	<u>17,9</u> 17,9	<u>17,8</u> 17,8	<u>17,6</u> 17,6	<u>17,4</u> 17,4	<u>17,2</u> 17,2	<u>17,0</u> 17,0	<u>16,8</u> 16,8	<u>16,7</u> 16,7
5	<u>17,6</u> 17,4	<u>17,4</u> 17,3	<u>17,2</u> 17,1	<u>17,0</u> 16,9	<u>16,8</u> 16,7	<u>16,7</u> 16,5	<u>16,5</u> 16,3	<u>16,3</u> 16,2	<u>16,1</u> 16,0	<u>15,9</u> 15,8	<u>15,7</u> 15,6
10	<u>16,7</u> 16,4	<u>16,5</u> 16,2	<u>16,3</u> 16,0	<u>16,1</u> 15,8	<u>15,9</u> 15,7	<u>15,7</u> 15,5	<u>15,5</u> 15,3	<u>15,4</u> 15,1	<u>15,2</u> 14,9	<u>15,0</u> 14,7	<u>14,8</u> 14,5
15	<u>15,7</u> 15,3	<u>15,5</u> 15,2	<u>15,4</u> 15,0	<u>15,2</u> 14,8	<u>15,0</u> 14,6	<u>14,8</u> 14,4	<u>14,6</u> 14,2	<u>14,4</u> 14,0	<u>14,2</u> 13,9	<u>14,1</u> 13,7	<u>13,9</u> 13,5
20	<u>14,8</u> 14,3	<u>14,6</u> 14,1	<u>14,4</u> 13,9	<u>14,2</u> 13,7	<u>14,1</u> 13,5	<u>13,9</u> 13,4	<u>13,7</u> 13,2	<u>13,5</u> 13,0	<u>13,3</u> 12,8	<u>13,1</u> 12,6	<u>13,0</u> 12,4
25	<u>13,9</u> 13,2	<u>13,7</u> 13,0	<u>13,5</u> 12,9	<u>13,3</u> 12,7	<u>13,1</u> 12,5	<u>13,0</u> 12,3	<u>12,8</u> 12,1	<u>12,6</u> 11,9	<u>12,4</u> 11,7	<u>12,2</u> 11,6	<u>12,0</u> 11,4
30	<u>13,0</u> 12,2	<u>12,8</u> 12,0	<u>12,6</u> 11,8	<u>12,4</u> 11,6	<u>12,2</u> 11,4	<u>12,0</u> 11,2	<u>11,8</u> 11,1	<u>11,7</u> 10,9	<u>11,5</u> 10,7	<u>11,3</u> 10,5	<u>11,1</u> 10,3
35	<u>12,0</u> 11,1	<u>11,8</u> 10,9	<u>11,7</u> 10,7	<u>11,5</u> 10,6	<u>11,3</u> 10,4	<u>11,1</u> 10,2	<u>10,9</u> 10,0	<u>10,7</u> 9,8	<u>10,5</u> 9,6	<u>10,4</u> 9,5	<u>10,2</u> 9,3
40	<u>11,1</u> 10,1	<u>10,9</u> 9,9	<u>10,7</u> 9,7	<u>10,5</u> 9,5	<u>10,4</u> 9,3	<u>10,2</u> 9,1	<u>10,0</u> 9,0	<u>9,8</u> 8,8	<u>9,6</u> 8,6	<u>9,4</u> 8,4	<u>9,3</u> 8,2
45	<u>10,2</u> 9,0	<u>10,0</u> 8,8	<u>9,8</u> 8,6	<u>9,6</u> 8,5	<u>9,4</u> 8,3	<u>9,3</u> 8,1	<u>9,1</u> 7,9	<u>8,9</u> 7,7	<u>8,7</u> 7,5	<u>8,5</u> 7,3	<u>8,3</u> 7,2
50	<u>9,3</u> 8,0	<u>9,1</u> 7,8	<u>8,9</u> 7,6	<u>8,7</u> 7,4	<u>8,5</u> 7,2	<u>8,3</u> 7,0	<u>8,1</u> 6,8	<u>8,0</u> 6,7	<u>7,8</u> 6,5	<u>7,6</u> 6,3	<u>7,4</u> 6,1
55	<u>8,3</u> 6,9	<u>8,1</u> 6,7	<u>8,0</u> 6,5	<u>7,8</u> 6,3	<u>7,6</u> 6,2	<u>7,4</u> 6,0	<u>7,2</u> 5,8	<u>7,0</u> 5,6	<u>6,8</u> 5,4	<u>6,7</u> 5,2	<u>6,5</u> 5,0
60	<u>7,4</u> 5,8	<u>7,2</u> 5,7	<u>7,0</u> 5,5	<u>6,8</u> 5,3	<u>6,7</u> 5,1	<u>6,5</u> 4,9	<u>6,3</u> 4,7	<u>6,1</u> 4,6	<u>5,9</u> 4,4	<u>5,7</u> 4,2	<u>5,6</u> 4,0

Примітка: в чисельнику – вища теплота згорання, в знаменнику – нижча.

Зі збільшенням вологості біомаси різниця між вищою та нижчою теплотою згорання зростає (рис. 4.22.). Так, за вологості біомаси 10% та зольності 1% вища та нижча теплота згорання становлять відповідно 16,5 та 16,2 МДж/кг (зменшується на 2%), а за вологості 50% відповідно – 9,1 та 7,8 МДж/кг (зменшується на 14%). Тому вологу біомасу потрібно спалювати на теплогенеруючих установках, які дозволяють отримати вищу теплоту згорання, за вологості біомаси 50% це дозволяє заощадити 14 % тепла.

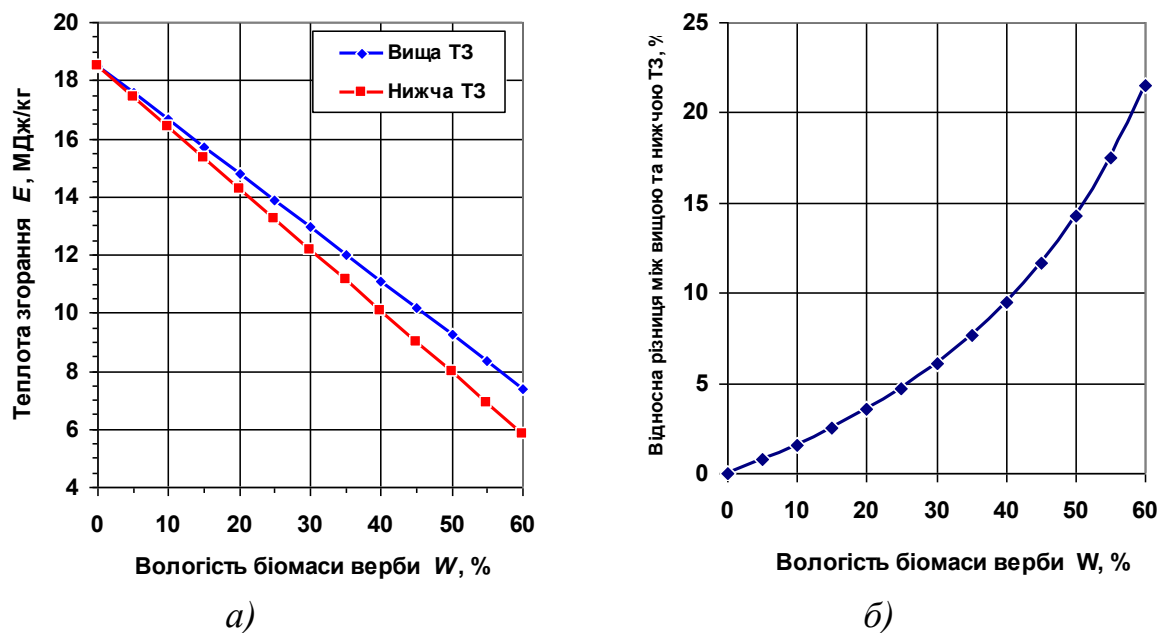


Рис. 4.22. Залежність вищої та нижчої теплоти згорання від вологості біомаси верби.

Отже, біомаса енергетичної верби за рахунок високого вмісту горючої складової (целюлози, геміцелюлози та лігніну) та низької концентрації зольних елементів є високоенергетичною сировиною для виробництва твердого біопалива. Наявність вологи у біомасі збільшує об'єм газів горіння, погіршує займання біомаси, а головне – суттєво зменшує її теплотворну здатність. Зменшення теплотворної здатності вологої біомаси відбувається, як за рахунок зниження концентрації горючих елементів, так і через поглинання теплової енергії на випаровування наявної вологи. Конденсація утвореної в камері згорання водяної пари дозволяє дещо підвищити кількість теплової енергії, тому вологу біомасу (за вологості понад 30%) доцільно спалювати у котлах на режимах, які дозволяють отримати вищу теплоту згорання.

4.17 Використання біомаси енергетичної верби для обігріву приміщень

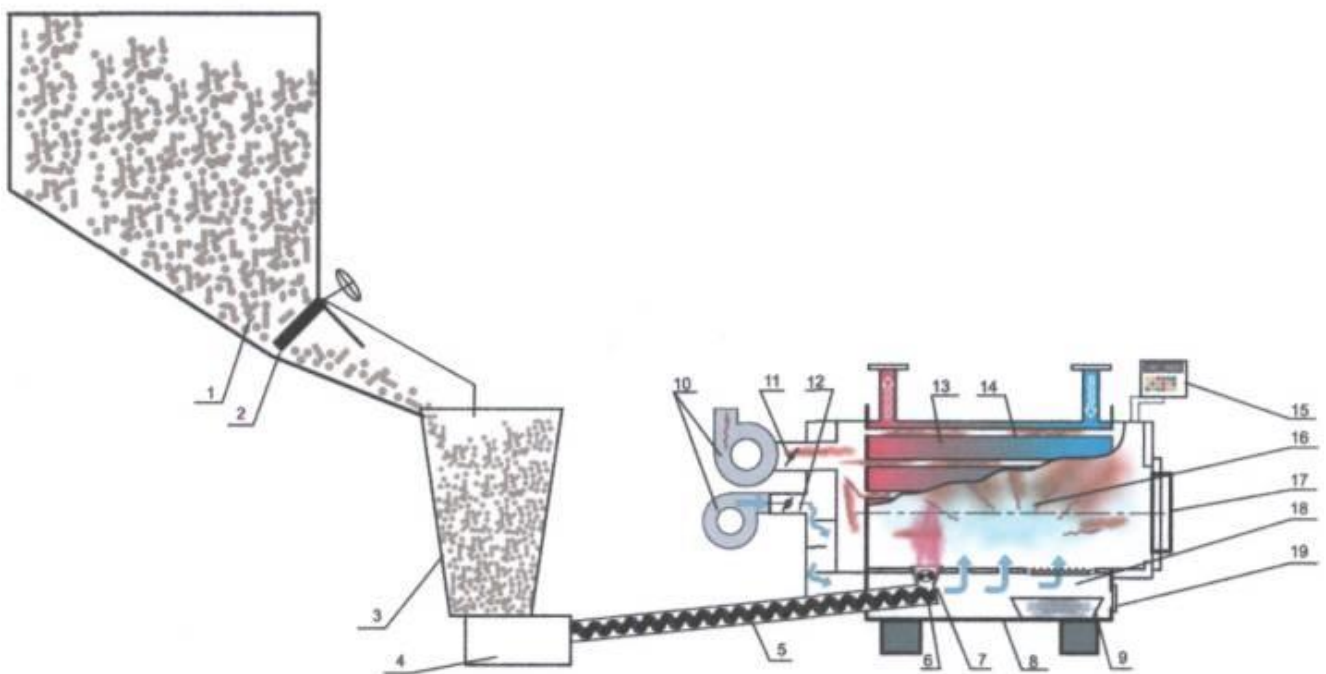
В Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків спільно з ТОВ Наукове виробниче об'єднання «Екотех» розроблено та на науково-виробничій базі інституту налагоджено виробництво твердопаливних котлів КВу-0,3(м) та КВу-0,5(м) для отримання теплової енергії при спалюванні біопалива у вигляді гранул, виготовлених з біомаси енергетичних культур, органічних та дерев'яних відходів. Котел може використовуватись для опалювання житлових приміщень, промислових об'єктів, зерносушильних камер з метою одержання дешевої теплової енергії.

Котли КВу призначені для спалювання твердого палива, у вигляді гранул з біоенергетичних культур (міскантусу, свічграсу, верби та інш.), лушпиння, соломи або дерев'яних відходів, що дозволяє автоматизувати процес подачі

палива до камери згорання. Котел КВу-0,5(м) потужністю 500 кВт, дозволяє опалити приміщення площею до 6000 м².



Рис. 4.23. Зовнішній вигляд твердопаливного котла КВУ - 0,5(М)



- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| 1) Зовнішній бункер; | 11) Димохід; |
| 2) Дозатор завантаження палива; | 12) Регулятор подачі повітря; |
| 3) Внутрішній бункер; | 13) Газопроводи; |
| 4) Регулятор подачі; | 14) Водяна сорочка; |
| 5) Лінія подачі палива; | 15) Блок управління; |
| 6) Заслінка; | 16) Топка; |
| 7) Паливна воронка; | 17) Дверка топки; |
| 8) Піддон; | 18) Колосникова решітка; |
| 9) Вузол залишкових продуктів; | 19) Дверка піддону. |
| 10) Вентилятор; | |




 Повітря
  Вода
  Гази

Рис. 4.24. Будова та схема функціонування котла

Технічні характеристики і параметри котла КВУ - 0,5(М)

Показник	Значення показника
Номінальна продуктивність, кВт	500
Розрахункова температура води, °С	95
Поверхня нагріву котла водогрійного, м ²	11,71
Об'єм водогрійного котла, м ³	1,25
Опалювана площа, м ²	5000
Опалюваний об'єм, м ³	15000
Температура вихідних газів, С°	140 -160
Час виходу на робочий режим, год	не більше 1
Об'єм загрузочної камери, м ³	не менше 0,73
ККД, %	не менше 92
Маса котла, кг	1750
Максимальна температура теплоносія, °С	105
Теплотворноздатність котла, тис.ккал/год	1200
Напруга електричної мережі, В	380
Розрахунковий термін служби, років	15

Таблиця 4.4

Ефективність застосування паливних гранул

Енергоносій	Ціна, грн/тис.м ³ (грн/т)	Теплотворна здатність, МДж/м ³ (МДж/кг)	Вартість тепла, грн	
			1 ГДж	1 ГКалл
Природний газ	8900*	35	254,3	741,8
Паливні гранули	2600**	17	152,9	640,3

* Згідно постанови НКРЕ №965 від 31.03.2015 р. встановлена ціна природного газу для бюджетних установ – 7200 (без урахування податку на додану вартість, збору у вигляді цільової надбавки до діючого тарифу на природний газ для споживачів усіх форм власності, який справляється у розмірі 2 відсотків, тарифів на послуги з транспортування, розподілу і постачання природного газу за регульованим тарифом)

** - за ціни 1 тони промислових пелет 120 \$/т

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ТА ПЕРЕРОБЛАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

5.1. Економічна ефективність технології вирощування енергетичної верби

Постійні проблеми вітчизняної економіки, пов'язані з високою залежністю від імпорту енергоносіїв, зумовлюють необхідність пошуку альтернативних джерел їх постачання. При цьому відомо, що через 7-10 років розвідані світові запаси нафти будуть вичерпані на 60-65%, розвіданих світових запасів природного газу вистачить лише на 50-60 років, нафти – на 25-30 років, вугілля – на 500-600 років. Постійно зростаючі тарифи на газ та комунальні послуги ще більше стимулюють пошук, запровадження та використання альтернативних, нетрадиційних джерел енергії.

Одним із перспективних напрямів вирішення задач є вирощування енергетичної сировини на плантаціях швидкорослих деревних порід, зокрема – верб, тополь та інших листяних порід, здатних до легкого відновлення надземної частини після її зрізання. Передовий досвід у цьому напрямі демонструють європейські країни, які почали активно впроваджувати вирощування енергетичної сировини плантаційними методами ще на початку 70-х років минулого століття. Поштовхом до розвитку цього напрямку послугувало загострення світової енергетичної кризи.

В Україні цей напрям почав активно поширюватися у останні роки, коли окремі компанії почали у промисловому масштабі створювати плантації енергетичних рослин, особливо – різних сортів верб.

Слід зазначити, що з екологічної точки зору верба сприяє збереженню навколишнього середовища від забруднення.

Верба ідеально підходить для засадження забруднених земель та земель, малопродуктивних з точки зору вирощування сільськогосподарських культур. Вона ефективно застосовується у протиерозійних заходах для укріплення ґрунтів, збагачує ґрунти мінералами та мікроелементами, поживними речовинами природного походження. Плантації енергетичної верби є природними фільтрами для видалення відходів агропромислового виробництва, застосовуються як буферні зони в місцях накопичення біологічних відходів фермерських господарств. Енергетична верба є природним фільтром для очищення ґрунтів від пестицидів.

Сучасна технологія вирощування верби є новою, яка забезпечує високий рівень продуктивності, передбачає ефективне використання мінеральних добрив, засобів захисту плантацій від бур'янів, шкідників і хвороб.

Елементи технології вирощування енергетичної верби ґрунтовані на застосуванні високопродуктивних сортів, ефективного використання природних, а також оптимально насичених агротехнічних факторів продуктивності (системи обробітку ґрунту, удобрення), застосування

високоєфективних засобів захисту рослин та забезпечення нормативними матеріально-технічними засобами.

Технологія вирощування верби передбачає гнучкий вибір операцій залежно не тільки від особливостей агрокліматичної зони, але й конкретних умов росту. Дослідження показують, що тільки вчасне і якісне виконання всіх технологічних операцій дозволяє отримувати високі врожаї верби (30-80 т/га сирової маси) і виробляти конкурентоспроможну продукцію з твердого біопалива.

Ця технологія забезпечує зменшення витрат за рахунок мінімізації технологічних операцій та хімічного навантаження на ґрунт за умов проведення агротехнологічних заходів та застосування нових препаратів з мінімальними нормами внесення.

Серед основних факторів, які впливають на ефективність вирощування енергетичної верби, важливе місце належить своєчасній і якісній підготовці ґрунту з осені, що дозволяє вчасно і якісно провести садіння живців на визначену густоту, а також контролювати бур'яни, хвороби і шкідники та підтримувати оптимальний водний і живильний режими ґрунту.

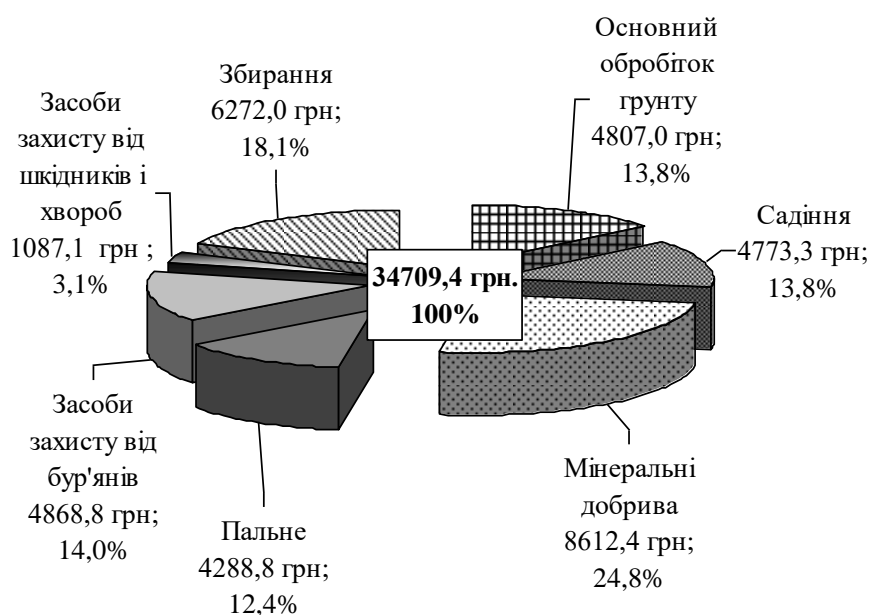
Енергетична верба вимоглива до умов мінерального живлення. Тому одержання високої врожайності вимагає забезпечення необхідного рівня живлення.

Технологія вирощування енергетичної верби дає можливість зменшити хімічне навантаження, особливо на догляді за плантаціями, за рахунок застосування агротехнічних заходів (міжрядне розпушування ґрунту фрезами і культиваторами та присипання бур'янів у зоні рядків).

Щоб запрацювали всі фактори ефективності вирощування енергетичної верби, доцільно підходити до кожного поля окремо, проаналізувавши кислотність ґрунту, наявність NPK, гумусу та інші фактори.

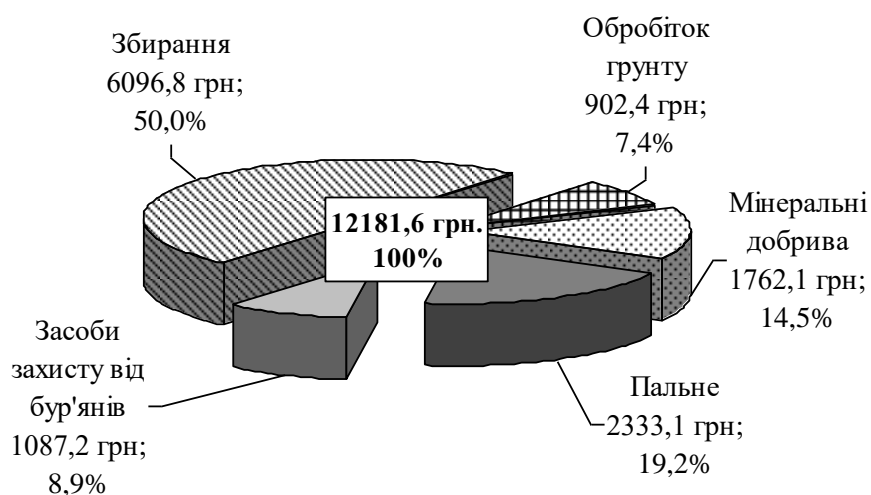
Одним із важливих напрямів підвищення економічної ефективності аграрного сектору, і зокрема галузі біоенергетики, є оптимальна спеціалізація і концентрація виробництва твердого біопалива. Конкретні форми цього процесу постійно змінюються і удосконалюються залежно від розвитку продуктивних сил біоенергетичного комплексу і підвищення рівня його усупільнення. На сучасному етапі розвитку реформовані сільськогосподарські підприємства в основному зберегли риси багатогалузевої структури і розпорошеності виробництва, що стримує науково-технічний прогрес, гальмує інтенсифікацію сільськогосподарського виробництва і ріст його ефективності.

Основними важелями економічного прогресу біоенергетичного комплексу є впровадження високоєфективних технологій, що забезпечують підвищення продуктивності біоенергетичних культур і зменшення їх собівартості. Кожна технологія як вітчизняна, так і європейська, мають бути ресурсозберігаючими і представляти собою комплекс біологічних, агротехнічних, технологічних, організаційно-економічних заходів, які в цілому забезпечують отримання високих показників урожайності і якості біосировини (рис 4.1.).



Перший рік вирощування:

Урожайність - 36 т/га
 Витрати на 1 га – 34709 грн.
 Собівартість - 964,1 грн./т
 Виручка від реалізації - 39600,0 грн./га
 Рівень рентабельності - 14,1%
 Річний економічний ефект - 9240,0 грн./га
 Затрати праці - 98,1 люд.-год./га



Наступні роки вирощування:

Урожайність - 50 т/га
 Витрати на 1 га – 12182 грн
 Собівартість - 243,6 грн/т
 Виручка від реалізації - 40000,0 грн/га
 Рівень рентабельності - 228,3%
 Річний економічний ефект - 33595,0 грн/га
 Затрати праці – 42,8 люд.-год./га

*) Розрахунок проведений за цінами 2015 р. (1\$=20 грн)

Рис. 4.1. Економічна ефективність технології промислового вирощування енергетичної верби

Одною із важливих умов підвищення економічної ефективності вирощування верби є зниження собівартості. Вирішення цієї проблеми можна отримати, якщо творчо з економічним інтересом підходити до кожного технологічного процесу, а саме:

- мінеральні добрива доцільно вносити під основний обробіток ґрунту в кількості 100 % науково-обґрунтованої норми. В наступні роки після кожного скошування доцільно вносити (КАС) – 80 кг/га д.р.;
- для садіння енергетичної верби застосовувати високоефективні сорти з нормою 15-18 тис. живців на гектар;
- для боротьби з бур'янами доцільно використовувати гербіциди під основний обробіток ґрунту – Раундап – 6 л/га, на догляді за плантаціями - СТОМП – 5 л/га, Пантера – 2 л/га. Якщо фаза розвитку бур'янів упущена, необхідно збільшувати норму внесення гербіцидів, в результаті чого збільшуються витрати і не завжди можна отримати потрібний результат. Для боротьби з бур'янами доцільно застосовувати фрезерні та інші культиватори для міжрядного розпушування ґрунту;
- збирання енергетичної верби для промислового використання слід проводити через кожні три роки у період зимового спокою (жовтень-листопад). Проте, збиральні роботи необхідно планувати таким чином, щоб мати високий приріст маси і своєчасно закінчити збирання і вивезення щепи.

5.2. Економічна ефективність використання енергетичної верби (Salix) в якості твердого палива

Практикою використання енергетичної верби в якості біопалива доведено, що ця культура має цілий ряд переваг над іншими біоенергетичними рослинами. Перш за все, за показниками щорічного приросту сирової маси в обсязі 20 т в розрахунку на гектар, невибагливістю до ґрунтових умов, що дозволяє використовувати для посадок малопродуктивні землі, а також за довговічністю плантацій (до 25 років), стійкістю до хвороб, простотою технології вирощування та збирання, невисоким рівнем матеріально-грошових витрат на одиницю площі та маси, за виключенням перших 3 років, пов'язаних з придбанням або вирощуванням власних саджанців, закладкою плантацій та одержанням першого урожаю.

Позитивною стороною культивування верби є можливість її безпосереднього використання недалеко від місця вирощування у вигляді щепи шляхом спалювання у твердопаливних котлах місцевого значення, або навіть реалізації урожаю без попередньої обробки.

Авторами виконано серію розрахунків з ефективності використання енергетичної верби за трьома варіантами:

- використання щепи з вирощеної і зібраної верби для спалювання її у місцевих твердопаливних котлах та реалізації тепла в гекакалоріях;
- переробка сировини на пелети на заводах потужністю 1,2 і 5,0 т/год. та їх у реалізація їх за ціною 100 дол. США/тонна;
- реалізація щепи без попередньої обробки з вологістю 50% за ціною 1085 грн/тонна.

Результати розрахунків приведені в табл. 5.1, 5.2, 5.3.

Зокрема в таблиці 5.1 приведені показники використання щепи енергетичної верби шляхом спалювання в котлах місцевого значення і реалізації тепла в Гкал.

Вихідними показниками для розрахунків стали: строк використання плантації – 24 роки. Урожайність сирової маси на 3-й рік вегетації – 30 т/га, через кожні 3 наступні роки – відповідно 40 т/га, 50, 50, 50, 40, 30 і 30 т/га. Витрати на вирощування у перші 3 роки – 23,6 тис. грн/га, в усі наступні 3 роки – по 6,2 тис. грн./га; вихід щепи з 1 га з вологістю 30% – 70%; кількість гекокалорій в розрахунку на 1 т щепи 1,7; реалізаційна ціна 1 Гкал – 1105,38 грн.

Таблиця 5.1

Економічна ефективність вирощування біосировини енергетичної верби (Salix) та спалювання щепи в теплових котлах, 2015 р.

Показник	Рік вегетації							
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
Валовий збір сировини з наростаючим підсумком, т/га	30	70	120	170	220	260	290	320
Витрати на:								
вирощування сировини, тис. грн/га	23,6	29,8	36,0	42,2	48,4	54,6	60,8	67,0
1 т сирової маси, грн	656	347	247	248	220	210	210	209
сировину в перерахунку на 1 т щепи з вологістю 30%, грн	1124	608	429	355	314	300	300	299
спалювання 1 т щепи, грн	159	159	159	159	159	159	159	159
Всього витрат на 1 т щепи, грн	1283	767	588	514	473	459	459	458
Обсяг щепи на 1 га, т	21	49	84	119	154	182	203	224
Кількість Гкал на 1 га (1,7 на 1 т щепи)	35,7	83,3	142,8	202,3	261,8	309,4	345,1	380,8
Виручка від реалізації, тис. грн (за ціною 1 Гкал 1105,38 грн.)	39,5	92,1	157,8	223,6	289,4	342,0	381,5	420,9
Загальні витрати на щепу, тис. грн	26,9	37,6	52,2	61,1	72,9	83,5	93,1	102,6
Прибуток на 1 га, тис. грн.	12,5	54,5	139,8	162,5	216,5	258,5	288,4	318,3
Рівень рентабельності, %	46,5	144,9	267,6	265,9	297,0	309,4	309,8	310,2
Собівартість 1 Гкал, грн	755	451	301	302	278	270	270	269

Джерело: складено авторами за власними розрахунками.

Результативні показники, наведені в таблиці 1, свідчать про те, що при спалюванні щепи в місцевих котлах і реалізації тепла за існуючою ціною 1 Гкал 1105,38 грн, її виробництво стає рентабельним вже на 3-ій рік вегетації при одержанні першого урожаю сировини, а в подальшому прибутковість різко зростає – до 310%. Собівартість 1 Гкал тепла відтак знижується від 755 грн при спалюванні щепи на 3-ій рік вегетації до 269 грн. Тобто, бізнес на вирощуванні і реалізації верби за даним варіантом в сучасних умовах надзвичайно прибутковий.

Показники табл. 2 демонструють результати переробки верби на пелети на стаціонарних заводах потужністю 1,2 і 5,0 т на годину з наступною їх реалізацією на ринку за ціною 100 дол. США/тонна. Вони свідчать про те, що такий бізнес є також прибутковим, але у порівнянні з попереднім варіантом він менш доцільний – рівень рентабельності продажу пелет дорівнює відповідно

77,7 і 93,2%. Це тому, що значно зростають витрати на сировину – на 1 тону пелетів потрібно витратити значно більше сировини ніж на щепу та на її транспортування до місця переробки, а також на заробітну плату заводського

Таблиця 5. 2

Розрахунок прогнозованої собівартості виготовлення пелет із енергетичної верби на стаціонарних заводах потужністю 1,2 і 5,0 т на годину, 2015 р.

Статті витрат	Продуктивність заводу, т/год					
	1,2			5		
	Витрати, грн		Структура, %	Витрати, грн		Структура, %
	за рік	1 т		за рік	1 т	
1. Сировина	276408 0	349,00	34,3	11517000	349,00	37,3
2. Транспортування сировини	503118	63,53	6,2	1916640	58,08	6,2
3. Заробітна плата з нарахуваннями	361680	45,67	4,5	361680	10,96	1,2
4. Електроенергія	243267 4	307,16	30,2	11997702	363,57	38,8
5. Вода	3973	0,50	0,0	16553	0,50	0,1
6. Пакування	459360	58,00	5,7	1914000	58,00	6,2
7. Амортизація	786667	99,33	9,8	1643333	49,80	5,3
8. Поточний ремонт та обслуговування	236000	29,80	2,9	493000	14,94	1,6
9. Плата за земельну ділянку	1280	0,16	0,0	2560	0,08	0,0
10. Адміністративні витрати	510739	64,49	6,3	1021478	30,95	3,3
11. Всього витрат:	805957 0	1017,64	100,0	30883946	935,88	100,0
12. Прибуток		790,69	—		872,45	—
15. Реалізаційна ціна 1 т пелетів без ПДВ		1808,33	—		1808,33	—
16. Реалізаційна ціна 1 т пелетів з ПДВ		2170,0	—		2170,0	—
17. Рівень рентабельності, %		77,7	—		93,2	—

Джерело: складено авторами за даними [3] та за власними розрахунками.

Перелік показників, які прийнято у розрахунках таблиці 5.2

№ з/п	Показник	Продуктивність заводу, т/год	
		1,2	5
1.	Зарплата одного працівника, грн.	5500	5500
2.	Відрахування на соціальні заходи, % до зарплати	37	37
3.	Термін експлуатації заводу, років	15	15
4.	Вартість обладнання, млн. грн.	8,0	17,0
5.	Дизайн, проектування і встановлення (10% від вартості обладнання), млн. грн.	0,8	1,7
6.	Вартість будівництва ангара для сировини, млн. грн.	3,0	6,0
7.	Вартість обслуговування і поточного ремонту основних засобів, % до амортизації	30	30
8.	Вартість землі, грн.	19200	38400
9.	Річна продуктивність заводу, т	7920	33000
10.	Кількість води на 1 т пелетів, л	80	80
11.	Річна потреба у воді, т	633,6	2640
12.	Вартість води, грн./т	6,27	6,27
13.	Витрати електроенергії за год., кВт·год.	279	1376
14.	Річна потреба електроенергії, кВт·год.	1841400	9081600

15. Вартість електроенергії, грн./кВт·год.

1,3211

1,3211

Джерело: складено авторами за даними [3] та за власними розрахунками.

персоналу, пакування, адміністративні витрати, а, головне, на електроенергію – 30,2%.

Таблиця 5.3

**Економічна ефективність вирощування енергетичної верби (Salix),
переробка її на пелети та спалювання в котлах, 2015 р.**

Показник	Рік вегетації							
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
Валовий збір сировини з наростаючим підсумком, т/га	30	70	120	170	220	260	290	320
Виробництво пелет, т	18	42	72	102	132	156	174	192
Витрати на виробництво сировини на:								
1 га, тис. грн	23,6	29,8	36,0	42,2	48,4	54,6	60,8	67,0
1 т сирової маси, грн	787	426	300	248	220	210	210	209
1 т пелет, грн	1311	710	500	414	367	350	349	349
Витрати на виготовлення пелет в заводських умовах, грн	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6
Загальні витрати на 1 т пелет, грн	1980	1378	1169	1082	1035	1019	1018	1018
Прибуток на 1 т пелет (за реалізаційної ціни 1808,33 грн./т), грн	-171	430	640	726	773	790	790	791
Рівень рентабельності, %	-8,7	31,2	54,7	67,1	74,7	77,5	77,6	77,7
Виручка від реалізації пелет на 1 га., тис. грн	33	76	130	184	239	282	315	347
Витрати на 1 т з урахуванням спалення пелет в котлах, грн	2139	1537	1328	1241	1194	1178	1177	1177
Число Гкал в розрахунку на 1 га (3,5 Гкал на 1 т щепи)	63	147	252	357	462	546	609	672
Виручка з 1 га (за ціною 1 Гкал 1105,38 грн.), тис. грн	69,6	162,5	278,6	394,6	510,7	603,5	673,2	742,8
Загальні витрати на виробництво сировини, пелет і їх спалювання, тис. грн	38,5	64,6	95,6	126,6	157,6	183,7	204,8	225,9
Прибуток, тис. грн	31,1	97,9	183,0	268,0	353,0	419,8	468,4	516,9
Рівень рентабельності, %	80,9	151,7	191,4	211,7	223,9	228,5	228,7	228,8

Джерело: складено авторами за власними розрахунками.

Однак, якщо виготовлені на заводах пелети спалювати в котлах і реалізовувати тепло в Гкал за ціною 1105,38 грн, то рівень рентабельності такого бізнесу зросте до 228,8% (табл. 5.3).

Проте, найвищий рівень прибутковості досягається у варіанті, який передбачає реалізацію щепи без її попередньої обробки з вологістю 50% за ціною 1085 грн/т (табл. 5.4). Рівень рентабельності за даних умов дорівнює – 418,2%.

Таблиця 5.4

Економічна ефективність вирощування і реалізації енергетичної верби як сировини для біопалива (без попередньої обробки) з вологістю 50%, 2015 р.

Показник	Рік вегетації							
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24
Валовий збір сировини з наростаючим підсумком, т/га	30	70	120	170	220	260	290	320
Витрати на виробництво сировини, на:								
1 га, тис. грн.	23,6	29,8	36,0	42,2	48,4	54,6	60,8	67,0
1 т сирої маси, грн.	787	426	300	248	220	210	210	209
Витрати на виготовлення пелет в заводських умовах, грн.	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6
Виручка (за ціною 1085 грн.), тис. грн.	32,55	75,95	130,2	184,45	238,7	282,1	314,65	347,2
Прибуток на 1 т щепи (за ціною 1085 грн.), грн.	298	659	785	837	865	875	875	876
Рівень рентабельності, %	37,9	154,9	261,7	337,1	393,2	416,7	417,5	418,2

Джерело: складено авторами за власними розрахунками.

Приведені розрахунки відображають основні тенденції використання верби на тверде паливо за станом на березень 2015 р. Однак, конкретні показники можуть змінюватись залежно від зміни цін на тверде паливо, теплову енергію, матеріально-технічні засоби вирощування і переробки, комерційних цілей окремих підприємців, кон'юнктури біоенергетичного ринку та ряду інших важливих факторів.

РОЗДІЛ 6

ЗАКОНОДАВЧІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ РИНКУ БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ

6.1. Законодавче регулювання розвитку енергетики в Україні

Постановка проблеми. В правовому полі України існує майже тридцять законодавчих актів, що врегульовують відносини у сфері виробництва та споживання біопалива. Але переважна їх кількість, особливо закони, що були прийняті першими, носять переважно декларативний характер; в них практично відсутні фінансові механізми підтримки розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). До ключових нормативно-правових актів, які потрібно доопрацювати, слід віднести:

Закон України «Про альтернативні джерела енергії» (№ 555-IV від 20.02.2003);

Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення «зеленого» тарифу» (№ 601-VI від 25.09.2008);

поправки щодо «зеленого» тарифу – Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» (№ 1220-VI від 01.04.2009);

Закон України «Про внесення змін та доповнень до деяких законодавчих актів України щодо сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива» (№ 1391-VI від 21.05.2009);

Енергетична стратегія до 2030 року, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 р. № 145-р (оновлена 24.07.2013 р.);

Концепція Державної цільової науково-технічної програми розвитку виробництва ви використання біологічних видів палив, затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 12.02.2009 р. № 276-р.

Недосконалість законодавчо-нормативної бази розвитку біоенергетики в Україні, розмитість стратегії і відсутність чітких механізмів реалізації поставлених завдань є основними причинами низького рівня інвестицій і неконкурентоспроможності існуючих підприємств з виробництва та постачання альтернативних енергоносіїв. До негативних факторів, які гальмують розвиток галузі, перш за все, можна віднести невідповідність стандартів та системи сертифікації біопалива згідно з критеріями сталості використання біомаси.

За оцінкою експертів, найбільш дієвим, таким що запроваджує реальну фінансову підтримку виробникам електроенергії з ВДЕ, є закон про «зелені» тарифи, в якому передбачено ряд пільг для виробників та споживачів біопалив. Але він також не повною мірою врегульовує питання стосовно порядку застосування «зеленого» тарифу, зокрема при використанні окремих видів біопалива та біомаси у невеликих об'ємах в приватному секторі. В законі не врегульовані питання "зелених" тарифів для енергії, виробленої з біогазу та твердих побутових відходів [3, 4, 5, 6].

У Європейському Союзі правове регулювання розвитку біоенергетики здійснюється через директиви щодо державної підтримки ринку біопалива країнами ЄС. Можемо виділити такі форми державної підтримки:

- пільгове кредитування закупки обладнання для будівництва біопаливних заводів і котлів та іншого обладнання для спалювання біопалива;

- державне фінансування науково-технічних розробок та досліджень з питань вирощування та переробляння біомаси та виробництва біопалива.

З 1 лютого 2011 року Україна стала повноправним членом Енергетичного Співтовариства. Країна зобов'язалась імплементувати цілу низку європейських директив та регламентів, які б гармонізували її законодавство в сфері енергетики з європейською нормативно-правовою базою. Підписаний Україною Протокол про приєднання до Енергетичного Співтовариства містить чіткий перелік нормативно-правових актів, які мали бути враховані українським законодавством, і чіткі терміни його реалізації. Зміни мали бути запроваджені у сферах використання відновлювальних джерел енергії та збереження навколишнього середовища.

В цілому, до питань ВДЕ відноситься декілька Директив, серед яких Директива 2001/77/ЄС. Проте, низка положень українського законодавства протирічить положенням Директиви. Відповідно до Директиви, визначення терміну «біомаса», не має відрізнятися від визначень, передбачених у національних законодавствах. Однак, Закон України «Про альтернативні палива» містить не повне визначення цього терміну, взагалі відсутнє ключове слово - "продукти". При такому визначенні не задіяні найбільш поширені їх види на основі органічної сировини.

За визначенням експертів в законодавство України необхідно внести наступне тлумачення: "Біомасою є біологічно відновлювана речовина органічного походження, що зазнає біологічного розкладу (продукти, відходи та залишки лісового та сільського господарства, рибного господарства і пов'язаних з ними галузей), а також складова промислових або побутових відходів, здатна до біологічного розкладу".

Підвищення ефективності використання традиційних енергозберігаючих технологій необхідно досягати шляхом модернізації теплових електростанцій та транспортних мереж, створення нових енергетичних потужностей, а також збільшення обсягів видобування викопних видів палива на території України.

Окрім того, Енергетичною стратегією України передбачено подальший розвиток альтернативних видів енергетики. Згідно з документом, до 2030 р. повинні розвинутих всі сектори альтернативної енергетики. Найбільш перспективним вважається розвиток вітрової та сонячної енергетики.

У Стратегії зазначено, що розвиток енергетики на основі відновлюваних джерел енергії є важливим напрямом, який підвищує рівень енергетичної безпеки і знижує антропогенний вплив на навколишнє середовище. Передбачається збільшення частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у загальному балансі встановлених потужностей до рівня 10% в 2030 р. Відповідно до Стратегії, для широкого комерційного використання найближчими роками доцільно використовувати технології спалювання біомаси в котлах, а також технології збору й утилізації біогазу на полігонах твердих побутових відходів. Найбільший енергетичний потенціал в Україні мають такі види біомаси як: швидкоростучі енергетичні культури, відходи переробляння сільськогосподарських культур, відходи деревини та деревообробки. Проте, реалізація даного потенціалу ускладнюється

нерозвиненістю інфраструктури та сировинної бази, необхідної для безперервних поставок сировини, низьким рівнем розвитку галузей, що виготовляють устаткування, а також малим обсягом генерації кожного з таких об'єктів. Внаслідок зазначених причин динаміка вироблення біоенергетики певний проміжок часу відставатиме від генерації на базі інших видів ВДЕ, однак в перспективі може стати важливою складовою у балансі виробництва теплової енергії.

В Енергетичній стратегії прописано схему дії «зеленого тарифу» для виробників електроенергії з ВДЕ і відмічено, що необхідно розглянути можливість розповсюдження його й на біоенергетику. Але, на жаль, частка уваги, приділена біоенергетиці, в Енергетичній стратегії України є заниженою та немає чітко виписаних дієвих стимулюючих механізмів для її реалізації.

Серед розробок, які могли б суттєво вплинути на оптимізацію нормативної бази України щодо правового регулювання у сфері біоенергетики, є «План дій по біомасі для України» (2009 р.). Цей План дій був підготовлений в рамках Нідерландсько-Українського G2G (Уряд до Уряду) проекту «Біомаса та біопаливо». Його мета - визначити стратегію розвитку сектору біоенергетики в Україні, встановити існуючі недоречності та запропонувати шляхи їх усунення. Проект розроблено з урахуванням досвіду Нідерландів – країни, де успішно реалізується програма переходу до енергетики, що базується на біопаливі з біомаси та органічних відходів.

Для України, яка є членом СОТ та має намір підписати угоду про вступ до Євросоюзу, звичною має стати базова модель розвитку, що прийнята в ЄС, тобто модель інноваційного розвитку, за якої енергетична та екологічна безпека країни поєднується з активізацією роботи над вдосконаленням правового забезпечення, впровадженням інноваційних технологій, зокрема виробництвом біопалива на місцевому і на державному рівнях.

Із врахуванням сприятливих ґрунтово-кліматичних умов України для вирощування високопродуктивних енергетичних культур перспективним напрямом біоенергетики є фітоенергетика, яка базується на біомасі рослинного походження. Результатом використання біомаси є виробництво сировини для біоетанолу, біогазу та твердих видів біопалива у вигляді паливних гранул та брикетів.

Поряд з цим протягом останніх років частка твердого біопалива, що залишається в Україні, поступово збільшується, але за відсутності відпрацьованих механізмів логістики, зберігання та доставки даної кількості занадто мало для забезпечення потреб комунальної енергетики та населення.

Негативним чинником при виробництві і реалізації теплової енергії для заміни викопних видів палива є відсутність на ринку однакових правил гри. Уряд України всупереч законодавству не передбачив механізмів компенсації різниці в тарифах виробникам тепла, що використовують альтернативні відновлювальні (крім імпортного газу) види палива. Між тим, в 2013 р – було простимульовано 8 млрд. м³ покупного газу, використаного для виробництва тепла. Стаття 20 Закону України «Про теплопостачання» № 2633-IV від 2 червня 2005 року передбачає: «У разі, якщо тимчасово тариф на теплову

енергію встановлено нижче її собівартості з урахуванням граничного рівня рентабельності, то орган, яким установлено цей тариф, повинен передбачити механізми компенсації цієї різниці в порядку, встановленому законодавством. Збитки теплоенергогенеруючих та теплопостачальних організацій внаслідок надання пільг з оплати за спожиту теплову енергію окремим категоріям споживачів повністю відшкодовуються за рахунок джерел фінансування, визначених законами України, які передбачають відповідні пільги».

Отже, енергетична галузь України в даний період часу знаходиться на перехідному етапі реформування. В більшості випадків вона управляється в ручному режимі, невчасно реагує на сучасні виклики та потенційні загрози.

У чинному законодавстві України існує низка положень, що сповільнюють використання біомаси та органічних відходів, які на думку науковців та експертів при їх усуненні дозволить замінити використання викопного палива на біологічне до 10-15%.

Обов'язковою умовою розвитку біоенергетики в Україні є державна підтримка наукового забезпечення та інноваційної діяльності в області вдосконалення нових технологій вирощування, переробляння біосировини та розробка науково-обґрунтованої стратегії розвитку сектора біоенергетики, яка б враховувала усі фактори енергетичної безпеки.

Вимагає врегулювання система ринкових інструментів для забезпечення ефективної економічної діяльності у сфері виробництва, продажу та споживання біопалива.

Становлення та розвиток біоенергетики сприятиме виконанню Україною вимог щодо зменшення викидів в атмосферу, передбачених Кіотським протоколом до Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату; створюватиме гарантований ринок збуту сільськогосподарської сировини та біопалива. Тому, адаптація українського законодавства до вимог Європейського Союзу та забезпечення функціонування нормативно-правових актів на належному рівні стане черговим кроком на шляху до зміцнення енергетичної безпеки країни. Партнерство України в енергетичній галузі з ЄС має стати важливим вектором майбутньої політики.

6.2. Пропозиції до законодавства України

1. Земельний блок.

1.1. Розробка програми по створенню в кожній області України Земельного фонду, із земель сільськогосподарського призначення державної та комунальної власності, під діяльність по вирощуванню енергетичних культур;

1.2. Надання земельних ділянок сільськогосподарського призначення державної та комунальної власності, для діяльності по вирощуванню енергетичних культур, в оренду, без проведення земельних торгів;

1.3. Тимчасове звільнення від сплати орендної плати за землю або сплата такої орендної плати на пільгових умовах, за умови здійснення Орендарем заходів по приведенню земельних ділянок сільськогосподарського призначення, які довгий час не використовувалися за призначенням, до придатного стану (корчування дерев на заліснених земельних ділянках, боротьба

з бур'янами, підготовчий обробіток ґрунту);

1.4. Розробка і запровадження механізму компенсації сільськогосподарським виробникам, які займаються вирощуванням енергетичних культур, затрат на закладення плантацій енергетичних культур.

2. Ідентифікація енергетичних культур та діяльності з їх вирощування в нормативно-правових актах України.

2.1. Доповнити статтю 1 Закону України «Про альтернативні види палива» від 14.01.2000 року №1391-XIV, із змінами та доповненнями, таким визначенням:

«Енергетичні культури – багаторічні сільськогосподарські технічні культури (енергетична верба, біла акація, евкаліпт, міскантус, тополя), які вирощуються для виробництва твердого біопалива».

2.2. Змінити редакцію поняття «Виробник біопалива», передбаченого в статті 1 Закону України «Про альтернативні види палива» від 14.01.2000 року №1391-XIV, із змінами та доповненнями, та викласти в наступній редакції:

«Виробник біопалива – суб'єкт господарської діяльності, що безпосередньо виробляє біопаливо з біомаси або діяльність якого призводить до утворення біомаси, що використовується безпосередньо як паливо».

2.3. Внести зміни в розділ 5 Національного класифікатора України «Класифікація видів економічної діяльності ДК 009:2010», затвердженого Наказом Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 11.10.2010 року №457, щодо визначення назви коду 01.29: «01.29 – вирощування інших багаторічних та енергетичних культур».

2.4. Змінити редакцію поняття «Біомаса», передбаченого в статті 1 Закону України «Про альтернативні види палива» від 14.01.2000 року №1391-XIV, із змінами та доповненнями, та викласти в наступній редакції:

«Біомаса - біологічно відновлювальна речовина органічного походження, що зазнає біологічного розкладу (продукти, відходи та залишки сільського господарства (рослинництва і тваринництва), лісового господарства та технологічно пов'язаних з ним галузей промисловості, а також органічна частина промислових та побутових відходів;

2.5. Змінити редакцію поняття «Тверде біопаливо», передбаченого в статті 1 Закону України «Про альтернативні види палива» від 14.01.2000 року №1391-XIV, із змінами та доповненнями, та викласти в наступній редакції:

«Тверде біопаливо - тверда біомаса, що використовується як котельно-пічне паливо, у тому числі дрова, торф, тирса, тріска, солома, інші сільськогосподарські продукти, відходи та залишки, гранули та брикети, вироблені з біомаси, деревне вугілля та вуглиста речовина».

2.6. Доповнити Групу 6 «Живі дерева та інші рослини; цибулини, коріння та інші аналогічні частини рослин; зрізані квіти і декоративна зелень» розділу II «Продукти рослинного походження» Закону України Про Митний тариф України від 19.09.2013 року №584-VII, новим кодом УКТ ЗЕД:

Код	Назва	Ставка мита, %			Додаткові ОВО
		преференційна	пільгова	повна	
0602 10 20 00	- енергетичні культури, в тому числі саджанці		0	0	-

	та невикорінені живці енергетичних культур				
--	--	--	--	--	--

2.7. Доповнити Групу 44 «Деревина і вироби з деревини; деревне вугілля» розділу IX «Деревина і вироби з деревини; деревне вугілля; корок та вироби з нього; вироби з соломи, альфи та інших матеріалів для плетіння; кошикові та інші плетені вироби» Закону України Про Митний тариф України від 19.09.2013 року №584-VII, новим кодом УКТ ЗЕД:

Код	Назва	Ставка мита, %			Додаткові ОВО
		преференційна	пільгова	повна	
4401 23 00 00	- енергетичних культур		0	0	-

2.8. Змінити редакцію поняття «Сільськогосподарська продукція (сільськогосподарські товари)», передбаченого в п. 14.1.234 статті 14 Податкового кодексу України, із змінами та доповненнями, та викласти в наступній редакції:

«Сільськогосподарська продукція (сільськогосподарські товари) для цілей глави 2 розділу XIV цього Кодексу - продукція/товари, що підпадають під визначення груп 1 – 24, 4401 23 00 00 УКТ ЗЕД, якщо при цьому такі товари (продукція) вирощуються, відгодовуються, виловлюються, збираються, виготовляються, виробляються, переробляються безпосередньо виробником цих товарів (продукції), а також продукти обробки та переробки цих товарів (продукції), якщо вони були придбані або вироблені на власних або орендованих потужностях (площах) для продажу, переробки або внутрішньогосподарського споживання».

2.9. Змінити редакцію пункту 209.7 статті 209 Податкового кодексу України, із змінами та доповненнями, та викласти в наступній редакції:

«209.7. Сільськогосподарськими вважаються товари, зазначені у товарних групах 1 - 24, товарних позиціях 4101, 4102, 4103, 4301, 4401 23 00 00 згідно з УКТ ЗЕД, та послуги, які отримані в результаті здійснення діяльності, на яку відповідно до пункту 209.17 цієї статті поширюється дія спеціального режиму оподаткування у сфері сільського та лісового господарства, а також рибальства, якщо такі товари вирощуються, відгодовуються, виловлюються або збираються (заготовляються), а послуги надаються, безпосередньо платником податку - суб'єктом спеціального режиму оподаткування (крім придбання таких товарів/послуг у інших осіб), які поставляються зазначеним платником податку - їх виробником».

3. Пільги суб'єктам господарювання, які займаються вирощуванням енергетичних культур

3.1. Доповнити Підрозділ 2 «Особливості справляння податку на додану вартість», Розділ XX «Перехідних положень» Податкового кодексу, пунктом 23¹ та викласти в наступній редакції:

«23¹. Тимчасово до 1 січня 2020 року від оподаткування податком на додану вартість звільняються операції з постачання, у тому числі операції з імпорту відходів, продуктів та залишків деревини товарних позицій 4401, 4403, 4404 згідно з УКТ ЗЕД».

Операції з вивезення в митному режимі експорту товарів, зазначених у цьому пункті, звільняються від оподаткування податком на додану вартість.

3.2. Змінити редакцію підпункту б, пункту 2, підрозділу 2 «Особливості справляння податку на додану вартість» Розділу XX «Перехідні положення», та викласти в наступній редакції:

«б) імпорту за кодами УКТ ЗЕД, визначеними статтею 7 Закону України «Про альтернативні види палива», садивного матеріалу та техніки для вирощування, садіння, догляду та збору енергетичних культур; техніки, обладнання, устаткування, що використовуються для реконструкції існуючих і будівництва нових підприємств з виробництва біопалива і для виготовлення та реконструкції технічних і транспортних засобів з метою споживання біопалива, якщо такі товари не виробляються та не мають аналогів в Україні, а також технічних та транспортних засобів, у тому числі самохідних сільськогосподарських машин, що працюють на біопаливі, якщо такі товари не виробляються в Україні».

3.2.1. Змінити назву та доповнити пунктами 6 та 7 статтю 7 Закону України «Про альтернативні види палива» від 14.01.2000 року №1391-XIV, із змінами та доповненнями, виклавши в наступній редакції:

«Стаття 7. Технічні засоби, що працюють на альтернативних видах палива, та порядок підтвердження здатності технічного засобу працювати на альтернативних видах палива, садивний матеріал, техніка та обладнання, призначені для вирощування, садіння, догляду та збирання енергетичних культур»

До садивного матеріалу, призначеного для вирощування енергетичних культур, які використовуються для виробництва твердого біопалива, відносяться товари, які класифікуються за кодами УКТ ЗЕД 0602 10 20 00.

До техніки та обладнання, призначених для садіння, догляду та збирання енергетичних культур, які використовуються для виробництва твердого біопалива, відносяться товари, які класифікуються за кодами УКТ ЗЕД 8432 30 80 00, 8433 54 00 00, 8716 20 10 00».

3.3. Доповнити Групу 84 «Реактори ядерні, котли, машини, обладнання і механічні пристрої; їх частини», Розділу XVI «Машини, обладнання та механізми; електротехнічне обладнання; їх частини; звукозаписувальна та звуковідтворювальна апаратура, апаратура для запису або відтворення телевізійного зображення і звуку, їх частини та приладдя» наступними видами товарів:

Код	Назва	Ставка мита, %			Додаткові ОВО
		преференційна	пільгова	повна	
8432 30 80 00	- машини розсадосадильні (саджалки) для енергетичних культур		0	0	шт.
8433 54 00 00	- комбайни, машини та механізми для збирання		0	0	шт.

	енергетичних культур				
--	----------------------	--	--	--	--

3.4. Доповнити Групу 87 «Засоби наземного транспорту, крім залізничного або трамвайного рухомого складу, їх частини та обладнання», Розділу XVI «Засоби наземного транспорту, літальні апарати, плавучі засоби і пов'язані з транспортом пристрої та обладнання», наступними видами товарів:

Код	Назва	Ставка мита, %			Додаткові ОВО
		преференційна	пільгова	повна	
8716 20 10 00	- причеп для перевезення твердого біопалива		0	0	шт

3.5. Внести наступні зміни до Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку ввезення на митну територію України техніки, обладнання, устаткування, технічних та транспортних засобів, що використовуються для розвитку виробництва і забезпечення споживання біологічних видів палива» від 18 травня 2011 р. №581:

3.5.1. Змінити назву Постанови та викласти її в наступній редакції:
«Про затвердження Порядку ввезення на митну територію України садивного матеріалу, техніки, обладнання, устаткування, технічних та транспортних засобів, що використовуються для вирощування, догляду та збирання енергетичних культур, розвитку виробництва і забезпечення споживання біологічних видів палива».

3.5.2. внести зміни до п. 1 Постанови та викласти в наступній редакції:
«п. 1. Цей Порядок визначає механізм ввезення суб'єктами господарювання на митну територію України без сплати ввізного мита та податку на додану вартість садивного матеріалу енергетичних культур, техніки, обладнання та устаткування, що використовуються для садіння, догляду та збирання енергетичних культур, реконструкції існуючих і будівництва нових підприємств з виробництва біологічних видів палива, виготовлення і реконструкції (переобладнання) технічних та транспортних засобів з метою забезпечення споживання біологічних видів палива, і технічних та транспортних засобів, у тому числі самохідних сільськогосподарських машин, що працюють з використанням біологічних видів палива, які класифікуються за кодами згідно з УКТЗЕД, визначеними у статті 7 Закону України "Про альтернативні види палива", що не виробляються та не мають аналогів в Україні, а також визначені Кабінетом Міністрів України відповідно до пункту 2 розділу II "Прикінцеві положення" Закону України "Про внесення змін до деяких законів України щодо сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива" (далі - товари).

3) внести зміни до п. 3 та викласти в наступній редакції:

3.5.3. внести зміни до п. 3. Постанови та викласти в наступній редакції:

«Для підтвердження відповідності товарів критеріям, визначеним у пункті 1 цього Порядку, суб'єкт господарювання подає митному органу заяву із

зазначенням найменування товарів, їх кодів згідно з УКТЗЕД, кількості, вартості та призначення, до якої додаються:

1) засвідчені в установленому порядку копії:
зовнішньоекономічного договору (контракту) або іншого документа, який є підставою для ввезення товару на митну територію України;
технічного паспорта або іншого документа заводу - виробника товару, продавця садивного матеріалу енергетичних культур, в якому зазначено, що товар, призначений для садіння, догляду та збирання енергетичних культур, виробництва та/або споживання біологічних видів палива.

2) висновок Міністерства економічного розвитку і торгівлі, виданий у встановленому Міністерством порядку, про те, що товари не виробляються та не мають аналогів в Україні».

ДОДАТКИ

1 ТИПОВА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ МАТОЧНОГО САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

Площа - 100 га

Вихід пагонів 40000 шт./га

№ п/п	Технологічні операції	Одиниці виміру	Обсяг робіт, т(га)	Склад агрегату		Норма виробітку, т(га)	Затрати праці, люд.-год.	Оплата праці з нарахуванням, грн	Витрати паливно- го, грн
				трактори	с.г. ма- шини				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Розділ 1. Основний обробіток ґрунту									
1	Обробіток ґрунту фрезою (квітень)	га	100	Джон Дір	мульчар	50,0	14,0	874,8	92800,0
2	Лущення (2-3 разовий обробіток). Глибина обробітку ґрунту 10-12 см (травень-червень)	га	200	ХТЗ-121	БДВП-5,5 БДТ-7	32,2	43,5	3118,2	185600,0
3	Транспортування води (250 л)	л	25000	МТЗ-82	АПВ-8	30,	5,8	338,4	8320,4
4	Підготовка і внесення робочого розчину гербіциду Раундап, 5-6 л/га (липень-серпень)	га	100	МТЗ-82	ОПК-3000	45,0	30,8	2431,0	52160,0
5	Навантаження міндобрив	т	40	МТЗ-82	Борекс	30,0	24,5	1212,2	7360,0
6	Підвезення міндобрив до агрегату	т	40	КАМАЗ 55111		40,0	7,0	370,8	115200,0
7	Внесення міндобрив сечовина 60 кг/га супер фосфат 50 кг/га + калій магн. 80 кг/га д.р.	га	100	ХТЗ-121	МВУ-0,8	70,0	9,8	825,6	87040,0
8	Оранка на глибину 30-35 см (кінець липня – початок серпня)	га	100	ХТЗ-121	ПЛН-5-35	10,0	70,0	5024,0	55360,0
9	Суцільний обробіток ґрунту (вересень-жовтень)	га	200	ХТЗ-121	ЗПГ-24 + борона ЗБЗСС-1+ЗБП-06А	25,0	56,0	3501,2	64640,0
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ I							261,4	17696,2	668480,0
Розділ 2. Підготовка ґрунту та садіння пагонів									
10	Передпосівний обробіток ґрунту на глибину 6-8 см	га	100	ХТЗ-121	АРВ-8,1-01	29,0	24,15	1508,6	32320,0
11	Навантаження пачок пагонів, живців	пач.	30000	вручну		1000,0	210,0	7666,8	
12	Перевезення до місця садіння	пач.	30000	МТЗ-82	2ПТС-4-887А	30000	7,0	286,6	20160,0
13	Садіння черенків (глибина 18-19 см, відстань між саджанцями в рядку 0,60 м, відстань між рядами 0,75м, густина насадження 30000 шт./га, садіння в листопаді).	га	100	Джон Дір	Egedal ДК-7160	35,0	60,9	3086,2	32320,0
14	Прикочування після садіння живців весною	га	100	МТЗ-100	ЗККШ-6А	35,0	20,02	1165,8	3296,0
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ II							322,07	13714,0	88096,0

№ п/п	Аморти- зація, грн	Поточний ремонт, грн	Витрати (грн) на				Інші витрати	Адміні- стратив- ні витрати	Разом
			садівний матеріал	мін. добрива	орг. добрив а	отруто- хімікати			
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Розділ 1.									
1	19472,8	10226,8					6168,8	5181,8	134725,0
2	10725,6	10870,8					10515,8	8833,2	229663,6
3	1150,0	1380,0					559,4	309,8	12057,6
4	4510,0	5412,0				30000,0	4725,6	3969,6	103208,2
5	2084,8	2501,8					657,8	552,6	14369,2
6	6630,0	7956,0		-	-	-	6507,8	5466,6	142131,2
7	5710,0	6852,0		560000,0	-	-	33021,4	27737,8	721186,8
8	14000,0	16800,0		-	-	-	4559,2	3829,8	99573,0
9	9000,0	10800,0	-	-	-	-	4397,0	3693,4	96031,6
	73283,2	72799,4		560000,0		30000,0	71112,8	59574,6	1552946,2
Розділ 2.									
10	9000,0	10800,0	-	-	-		2681,4	2252,4	58562,4
11				-	-	-	383,4	322,0	8372,2
12	2680,0	3056,0		-	-	-	1713,8	1556,4	29452,8
13	9000,0	10800,0	-		-	-	2760,2	2318,4	60284,8
14	1146,0	1380,0	-		-	-	349,4	293,4	7630,6
	21826,0	26036,0					7888,2	6742,6	164302,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Розділ 3. Догляд за вирощуванням енергетичної верби									
15	Суцільний обробіток ґрунту (боронування) при з'явленні бур'янів (2-3 рази)	га	100	ХТЗ-121	ЗПГ-24, борона ЗБЗСС-1.0+ ЗБП-06А	25,0	56,0	3501,2	64640,0
16	Транспортування води (250 л)	л	25000	МТЗ-82	АПВ-8	30,0	5,8	338,4	832,0
17	Підготовка і внесення гербіциду СТОМП 5 л/га до сходів	га	100	МТЗ-82	ОПК-3000	45,0	30,8	2431,0	5216,0
18	Підсаджування живців у місця непророслих, якщо залишилися менше 85 % від насаджених (на другому році)	шт.	2000	вручну	меч Колесо́ва	200,0	140,0	5111,2	
19	Розпушування ґрунту в міжряддях 2-3 рази	га	200	МТЗ-100	Ortolan НС 250, ЛСД-3,1	12,0	116,9	5468,0	8749,8
20	Транспортування води (250 л)	л	25000	МТЗ-82	АПВ-8	30,0	5,8	338,4	
21	Приготування і внесення робочого розчину гербіциду Пантера – 2 л/га	га	100	МТЗ-82	ОПК-3000	45,0	30,8	2431,0	5216,0
22	Транспортування води (250 л)	л	25000	МТЗ-82	АПВ-8	30,0	5,8	338,4	832,0
23	Внесення інсектицидів (Децис Ф-Люкс 0,4 л/га)			МТЗ-82	ОПК-3000	45,0	30,8	2431,0	5216,0
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ III							431,1	22786,2	93517,2
Розділ 4. Заготівля садивного матеріалу (пагонів)									
24	Скошування енергетичної верби для промислового садіння	га	100	МТЗ-82	Косілки КР-1,65; Z-1,8	10,5	66,5	4449,6	5216,0
25	Заготівля пагонів (висота пагонів 1,4-2,5м, сатування пагонів 2,0-0,8см) Упаковка пагонів у пачки по 50 шт. Навантаження пагонів на транспорт	пач.	60000	вручну		600,0	14000,0		
26	Перевезення пагонів до місця збереження	пач.	60000	МТЗ-82	2ПТС-4-887А	3000	140,0	8160,0	736,0
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ IV							14206,5	395993,6	5952,0
ВСЬОГО ПО ТЕХНОЛОГІЇ							15221,07	450190,0	856045,2

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Розділ 3.									
15	9000,0	10800,0					4397,0	3693,4	96031,6
16	1150,0	1380,0		-	-		185,0	155,4	4040,8
17	4510,0	5412,0		-	-	30000,0	2378,4	1997,8	51945,2
18			4000,0				455,6	382,6	9949,4
19	4700,0	5640,0					954,4	801,8	26314,0
20									
21	4510,0	5412,0				104000,0	6078,4	5105,8	132753,2
22	1150,0	1380,0		-	-		185,0	155,4	4040,8
23	4510,0	5412,0		-	-	30000,0	2378,4	1997,8	51945,2
	35444,8	42373,8	4000,0			164000,0	17826,2	14973,8	394922,0
Розділ 4.									
24	6160,0	7192,0					1150,8	966,8	25135,2
25			-	-			19169,2	16102,2	418655,4
26	2084,8	2501,8					674,2	566,2	14723,0
	8244,0	9693,8					20994,2	17635,2	458513,6
	138798,0	150903,0	4000,0	560000,0	-	194000,0	117821,4	98926,2	2570684,6

2 ТИПОВА ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА З ТЕХНОЛОГІЇ ДОГЛЯДУ ЗА ВИРОЩУВАННЯМ САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ (на протязі 25 років)

Площа - 100 га

Вихід живців 1500000 шт./га або 80000 шт./га пагонів

№ п/п	Технологічні операції	Одиниці виміру	Обсяг робіт, т(га)	Склад агрегату		Норма виробітку, т(га)	Заграти праці, люд.-год.	Оплата праці з нарахуванням, грн	Витрати пального, грн
				трактори	с.г. машини				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Розділ 1. Догляд за вирощуванням садивного матеріалу садивної верби									
1	Розпушування ґрунту в міжряддях	га	100	МТЗ-100	ЛСД-3,1	12,0	58,1	3386,4	9280,0
2	Транспортування води (250 л/га)	л	25000	МТЗ-82	АПВ-8	300,0	583,0	33986,4	16000,0
3	Приготування і внесення робочого розчину гербіциду Пантера – 2 л/га	га	100	МТЗ-82	ОПК-3000	45,0	30,8	2431,0	4016,0
4	Розпушування ґрунту в міжряддях	га	100	МТЗ-100	ЛСД-3,1	12,0	58,1	3386,4	9280,0
5	Транспортування води (250 л/га)	л	25000	МТЗ-82	АПВ-8	300,0	583,0	33986,4	16000,0
6	Приготування і внесення розчину інсектицидів (Деціс Ф-Люкс 0,4 л/га)	га	100	МТЗ-82	ОПК-3000	45,0	30,8	2431,0	4016,0
	ВСЬОГО						1343,8	79607,6	58592,0
Розділ 2. Заготівля садивного матеріалу пагонів									
7	Скошування енергетичної верби для садивного матеріалу (пагони)	га	100	МТЗ-82	Косілки КР-1,65; Z-1,8	10,5	66,5	4449,6	5216,0
8	Заготівля пагонів (висота пагонів 1,4-2,5 м, сатування пагонів 2,0-0,8 см). Упаковка пагонів у пачки (50 шт.) Навантаження пагонів на транспорт	пач.	133200	вручну		1330,0	14014	575652,0	
9	Перевезення пагонів до місця збереження або садіння	пач.	133200	МТЗ-82	2ПТС-4-887А	3000,0	140,0	8160,0	736,0
	ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ II						14220,5	588261,6	5952,0
	Разом						15564,3	667869,2	64544,0

№ п/п	Аморти- зація, грн	Поточний ремонт, грн	Витрати (грн) на				Інші витрати	Адміні- стратив- ні витрати	Разом
			садівний матеріал	мін. добрива	орг. добрив а	отруто- хімікати			
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Розділ 1									
1	4700,0	5640,0	-		-		1150,4	966,2	25123,0
2	1330,0	1380,0		-	-		2634,8	2213,2	57544,4
3	4510,0	5412,0	-	-	-	96000,0	5618,4	4719,4	122706,8
4	4700,0	5640,0	-		-		1150,4	966,2	25123,0
5	1330,0	1380,0		-	-		2634,8	2213,2	57544,4
6	4510,0	5412,0	-		-	83200,0	4978,4	4181,8	108729,2
	21080,0	24864,0				179200,0	18167,2	15260,0	396770,8
Розділ 2.									
7	6160,0	7192,0					1150,8	966,8	25135,2
8				-	-		28782,6	24177,4	628612,0
9	2084,8	2501,8		-	-		674,2	566,2	14723,0
	8244,8	9693,8					30607,6	25710,4	668470,2
	29324,8	34557,8				179200,0	48774,8	40970,4	1065241,0

3 ТИПОВА ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА З ТЕХНОЛОГІЇ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

Площа - 100 га

Урожайність щепи 36 т/га,

№ п/п	Технологічні операції	Одиниці виміру	Обсяг робіт, т(га)	Склад агрегату		Норма виробітку, т(га)	Затрати праці, люд.-год.	Оплата праці з нарахуванням, грн	Витрати паливно- го, грн
				трактори	с.г. ма- шини				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Розділ 1. Основний обробіток ґрунту									
1	Підготовка площі (квітень)	га	100	ХТЗ-121	мульчар	30,0	23,1	1444,0	9600,0
2	Лушення (2-3 разовий обробіток). Глибина обробітку ґрунту 10-12 см (травень-червень)	га	200	ХТЗ-121	БДВП-5,5 БДТ-7	25,0	56,0	3501,2	18560,0
3	Транспортування води (250 л/га)	л	25000	МТЗ-82	АПВ-8	300,0	583,0	33986,4	16000,0
4	Підготовка і внесення робочого розчину гербіциду Раундап, 6 л/га (липень-серпень), (600 л)	га	100	МТЗ-82	ОПК-3000	45,0	30,8	2431,0	4016,0
5	Навантаження міндобриг	т	83	МТЗ-82	Борекс	20,0	86,1	4460,4	1696,0
6	Підвезення міндобриг до агрегату	т	83	КАМАЗ 55111		40,0	14,7	856,8	2400,0
7	Внесення міндобриг сечовина 60 кг/га д.р. супер фосфат 50 кг/га д.р. + калій магн. 80 кг/га д.р.	га	100	ХТЗ-121	МВУ-0,8	50,0	14,0	1004,6	6720,0
8	Оранка на глибину 30 см (кінець липня – початок серпня)	га	100	ХТЗ-121	ПЛН-5-35	10,0	70,0	5024,0	49600,0
9	Суцільний обробіток ґрунту (вересень-жовтень)	га	200	ХТЗ-121	ЗПГ-24 + борона ЗБЗСС-1+ЗБП-06А	25,0	56,0	3501,2	51840,0
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ I							933,7	56209,6	160432,0
Розділ 2. Підготовка ґрунту та садіння пагонів									
10	Передпосівний обробіток ґрунту на глибину 5-6 см	га	100	ХТЗ-121	АРВ-8,1-01	25,0	28,0	1750,4	25920,0
11	Навантаження пачок пагонів, живців	пач.	60000	вручну		1000,0	420,0	15333,8	
12	Перевезення до місця садіння	пач.	60000	МТЗ-82	2ПТС-4-887А	3000,0	140,0	8763,8	3520,0
13	Садіння пагонів (глибина 18-19 см, відстань між саджанцями в рядку 0,60 м, відстань між рядами 0,70 м, густина насадження 15000 шт./га, садіння в листопаді-квітні).	га	100	Джон Дір	Egedal ДК-7160	25,0	140,0	6609,8	25920,0
14	Прикочування після ручного садіння живців та весною	га	100	МТЗ-100	ЗПГ-24 ЗККШ-6А	25,0	28,0	1536,0	3296,0
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ II							756,0	33993,8	58656,0

№ п/п	Аморти- зація, грн	Поточний ремонт, грн	Витрати (грн) на				Інші витрати	Адміні- стратив- ні витрати	Разом
			садівний матеріал	мін. добрива	орг. добри- ва	отруто- хімікати			
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Розділ 1.									
1	22473,6	25426,8	-				2947,2	2475,6	64367,2
2	14725,6	16870,8					2682,8	2253,6	58594,0
3	1330,0	1380,0	-				2634,8	2213,2	57544,4
4	4510,0	5412,0				172800,0	9458,4	7945,0	206572,4
5	2084,8	2501,8	-				537,2	451,2	11731,4
6	6630,0	7956,0					892,2	749,4	19484,4
7	11710,0	12852,0		756400,0			39434,4	33124,8	861245,8
8	16200,0	18800,0					4481,2	3764,2	97869,4
9	9000,0	10800,0	-				3757,0	3156,0	82054,2
	88664,0	101999,4		756400,0		172800,0	66825,2	56133,2	1459463,4
Розділ 2.									
10	12140,0	13080,0	-	-	-		2644,6	2221,4	57756,4
11				-	-	-	766,6	644,0	16744,4
12	2680,0	3056,0		-	-	-	901,0	756,8	19677,6
13	14600,0	15560,0	3180,0		-	-	166634,4	139973,0	372477,2
14	2246,0	2700,0			-	-	489,0	410,6	10677,6
	31666,0	34396,0	3180,0				171435,6	144005,8	477333,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Розділ 3. Догляд за вирощуванням енергетичної верби									
15	Суцільний обробіток ґрунту (боронування) при з'явленні бур'янів – після ручного садіння	га	200	ХТЗ-121	ЗПГ-24, борона ЗБЗСС-1.0+ ЗБП-06А	25,0	56,0	3501,2	51840,0
16	Транспортування води (250л/га)	л	25000	МТЗ-82	АПВ-8	300,0	583,0	33986,4	16000,0
17	Підготовка і внесення гербіциду СТОМП 5 л/га до проростання	га	100	МТЗ-82	ОПК-3000	45,0	30,8	2431,0	4016,0
18	Підсаджування живців у місця непророслих, якщо залишилися менше 85 % від насаджених (на другому році)	шт.	200000	вручну	меч Колесова	500,0	4200,0	153337,4	
19	Розпушування ґрунту в міжряддях 2 рази	га	200	МТЗ-100	Ortolan НС 250, ЛСД-3,1	12,0	116,9	5468,0	8749,8
20	Транспортування води (250 л/га)	л	25000	МТЗ-82	АПВ-8	300,0	583,0	33986,4	16000,0
21	Приготування і внесення робочого розчину гербіциду Пантера – 2 л/га (травень)	га	100	МТЗ-82	ОПК-3000	45,0	30,8	2431,0	4016,0
22	Транспортування води (250л/га)	л	25000	МТЗ-82	АПВ-8	300,0	583,0	33986,4	16000,0
23	Внесення інсектицидів (Децис Ф-Люкс 0,4 л/га)	га	100	МТЗ-82	ОПК-3000	45,0	30,8	2431,0	4016,0
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ III							6214,3	271558,8	120637,8
Розділ 4. Збирання веби на промисловій основі									
24	Збирання енергетичної верби з подрібненням на щепу	га	100	Джон Дір	Spearhead DESTROVER	10,0	140,0	15626,8	25920,0
25	Транспортування біосировини на край поля і складування в бурти	т	3600	ХТЗ-121	причеп Кобзарка	25,0	560,0	32640,2	4160,0
26	Навантаження біосировини з буртів у транспорт	т	3600	МТЗ-82	Борекс	50,0	840,0	36764,4	1472,0
27	Перевезення біосировини до місця збереження або використання	т	3600		КАМАЗ + причеп ГКБ-8360	50,0	980,0	3951,2	57600,0
ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ IV							1820,0	88982,6	89152,0
ВСЬОГО ПО ТЕХНОЛОГІЇ							9724,0	450744,8	428877,8

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Розділ 3.									
15	9000,0	10800,0					3757,0	3156,0	82054,2
16	1330,0	1380,0	-	-	-		2634,8	2213,2	57544,4
17	4510,0	5412,0	-	-	-	128000,0	7218,4	6063,4	157650,8
18			28800,0				29466,8	24752,2	236356,4
19	4700,0	5640,0					1227,8	1031,4	26817,0
20	1330,0	1380,0					2634,8	2213,2	57544,4
21	4510,0	5412,0				96000,0	5618,4	4719,4	122706,8
22	1330,0	1380,0		-	-		2634,8	2213,2	57544,4
23	4510,0	5412,0		-	-	83200,0	4978,4	4199,8	108729,2
	31220,0	36816,0	28800,0			307200,0	60171,2	50543,8	906947,6
Розділ 4.									
24	180000,0	183800,0					20267,2	17024,4	442638,4
25	2680,0	3056,0	-	-		-	2126,8	1786,6	46449,6
26	2510,0	3012,0					2188,0	1837,8	47784,2
27	9620,0	11544,0					4135,8	3474,0	90325,0
	194810,0	201412,0					28717,8	24122,8	627197,2
	346360,0	374623,4	31980,0	756400,0		480000,0	327149,8	274805,6	3470941,4

4 ТИПОВА ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА З ПРОМИСЛОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДОГЛЯДУ ЗА ВИРОЩУВАННЯМ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

Площа - 100 га

Урожайність – 50 т/га

№ п/п	Технологічні операції	Одиниці вимі- ру	Об- сяг ро- біт, т(га)	Склад агрегату		Норма виробітку, т(га)	Затрати праці, люд.-год.	Оплата праці з нарахуванням, грн	Витрати пально- го, грн
				трактори	с.г. ма- шини				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Розділ 1. Догляд за промисловими плантаціями верби через кожні 2-3 роки (12-8 разів)									
1	Розпушування ґрунту в міжряддях, дискування	га	100	МТЗ-100	ЛСД-3,1	12,0	58,1	3386,4	9280,0
2	Підвезення міңдобри́в (КАС) до агрегату	т	25	МТЗ-82	АПВ-8	300,0	583,0	5729,2	16000,0
3	Внесення міңдобри́в (КАС) 80 кг/га д.р. після першого року зрізання	га	100	МТЗ-82	ОПК-3000	45,0	30,8	2431,0	4016,2
4	Розпушування ґрунту в міжряддях	га	100	МТЗ-100	ЛСД-3,1	12,0	58,1	3386,4	9280,0
5	Транспортування води (250 л/га)	л	25000	МТЗ-82	АПВ-8	300,0	583,0	33986,4	16000,0
6	Приготування і внесення розчину гербіциду Пантера 2 л/га	га	100	МТЗ-82	ОПК-3000	45,0	30,8	2431,0	4016,2
	ВСЬОГО						1343,8	51350,4	58592,4
Розділ 2. Збирання енергетичної верби на промисловій основі через кожні 2-3 роки (збирання 12 і 8 разів)									
7	Технологічний зріз енергетичної верби на щепу	га	100	Джон Дір	DPGGO-E	10,0	140,0	15626,8	25920,0
8	Транспортування біосировини на край поля і складування в бурти	т	5000	МТЗ-100	причеп Кобзарка	50,0	560,0	32640,2	4160,0
9	Навантаження біосировини з буртів у транспорт	т	5000	МТЗ-82	Борекс	50,0	1680,0	77619,2	29440,0
10	Перевезення біосировини до місця збереження або використання	т	5000	КАМАЗ 55111	причеп ГКБ-8360	50,0	560,0	34618,6	115200,0
	ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ II						2940,0	160504,8	174720,0
	Разом						4283,8	211855,2	233312,4

№ п/п	Аморти- зація, грн	Поточний ремонт, грн	Витрати (грн) на				Інші витрати	Адміні- стратив- ні витрати	Разом
			садівний матеріал	мін. добрива	орг. добрива	отруто- хімікати			
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
.									
1	4700,0	5640,0	-		-		1150,4	966,2	25123,0
2	1330,0	1380,0		-	-		1222,0	1026,4	26687,6
3	4510,0	5412,0		145000,0	-		8068,4	6777,4	176215,0
4	4700,0	5640,0	-		-		1150,4	966,2	25123,0
5	1330,0	1380,0		-	-		2634,8	2213,2	57544,4
6	4510,0	5412,0	-		-	83200,0	4978,4	4181,8	108729,4
	21080,0	24864,0		145000,0		83200,0	19204,4	16131,2	419422,4
Розділ 2.									
7	180000,0	183800,0					20267,2	17024,4	442638,4
8	2680,0	3056,0		-	-		2126,8	1786,6	46449,6
9	2510,0	3012,0					5629,0	4728,4	122938,6
10	9620,0	11544,0		-	-		8549,0	7181,2	186712,8
	194810,0	201412,0					36572,0	30720,6	798739,4
	215890,0	226276,0		145000,0		83200,0	55776,4	46851,8	1218161,8

Список використаних джерел

1. Андриенко Т.Л. Мелкие болотные ивы (*S. lapponum*, *S. myrtilloides*, *S. rosmarinifolia*) на Украине // Бот. журн. – 1980. – 65, № 6. – С. 843-848.
2. Андриенко Т.Л., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Растительный мир Украинского Полесья в аспекте его охраны. – Киев: Наук. думка, 1983. – 216 с.
3. Афанасьев Д.Н. Деревно-чагарникова рослинність заплави Поліського Дніпра // Укр. бот. журн. – 1958. – 15. № 1. – С. 48-59.
4. Бабенко В.В., Фучило Я.Д. Влияние ростовых веществ на приживаемость и рост одеревесневших черенков некоторых видов кустарниковых ив в открытом грунте // Совершенствование ведения лесного хозяйства и защитного лесоразведения: Сб. науч. тр. УСХА. – Киев: Изд-во УСХА, 1988. – С. 39-44.
5. Бельгард А.Л. Лесная растительность юго-востока УССР. – Киев: Изд-во Киев. ун-та, 1950. – 264 с.
6. Брадiс Є.М. *Salix L.* // Визначник рослин України / за ред. Д.К. Зерова – Київ: Урожай, 1965. – С. 186-193.
7. Бродович Т.Н., Бродович М.М. Деревья и кустарники запада УССР: Атлас. – Львов: Вища шк. Изд-во при Львов. ун-те, 1979. – 251 с.
8. Будниченко Н.И. Опыт посадки ив для биотехнических целей // Заповедники Белоруссии. – 1985, № 10. – С. 37-41.
9. Ваканова Е.И. Мелиоративное и промышленное использование ивы длиннолистной на Украине // Лесоводство и агролесомелиорация. – 1972. – Вып. 29. – С. 113-114.
10. Використання лози // Продукційні сили України: Бюл. – Київ, 1929. - № 3. – С. 13-20.
11. Вісман Д. Розведення кошикової лози. – Харків: Рад. селянин, 1930. – 55 с.
12. Гелету́ха Г.Г., Желéзна Т.А., Олійник Є.М. Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні // Промислова теплотехніка. – 2013, Т. 35, № 5. – С. 48-57.
13. Гелету́ха Г.Г., Желéзна Т.А., Олійник Є.М., Гелету́ха А.І. Перспективи виробництва електричної енергії з біомаси в Україні // Промислова теплотехніка. – 2013, Т. 35, № 6. – С. 67-75.
14. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Затверджена розпорядженням КМУ № 1071 від 24.07.2013.
<http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358>
15. Гелету́ха Г.Г., Желéзна Т.А. Бар'єри для розвитку біоенергетики в Україні. Частина 1 // Промислова теплотехніка. – 2013, Т. 35, № 4. – С. 63-71.

16. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А. Бар'єри для розвитку біоенергетики в Україні. Частина 2 // Промислова теплотехніка. – 2013, Т. 35, № 5. – С. 43-47. 15. Закон України «Про електроенергетику» (№ 575/97-ВР від 16.10.1997, зі змінами). <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/575/97-%D0%B2%D1%80>
17. Генсурук С.А., Кучерявий С.А., Гайдарова Л.Й., Бондаренко В.Д. Зелені скарби України. – Київ: Урожай, 1991. – 192 с.
18. Геоботанічне районування Української РСР. – Київ: Наук. думка, 1977. – 302 с.
19. Гордиенко И.И. Олешские пески и биогеоценотические связи в процессе их зарастания. – Киев: Наук. думка, 1969. – 242 с.
20. Гордиенко М.И. Методические указания по изучению и исследованию лесных культур. – Киев: УСХА, 1979. – 90 с.
21. Гордієнко М.І., Фучило Я.Д. Морфометричні параметри та посівні якості насіння деяких представників роду *Salix* L. в умовах Полісся України // Науковий вісник УкрДЛТУ. – 1999. – Вип. 9, 10. – С. 56-58.
22. Гордієнко М.І., Фучило Я.Д., Гойчук А.Ф. Чагарникові верби рівнинної частини України. – К.: ІАЕ УААН, 2002. – 174 с.
23. Постанова НКРЭ «Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію» (№ 567 від 30.04.2014) <http://www.nerc.gov.ua/?id=10756>
24. Иванова З.Я. Биологические основы и приемы вегетативного размножения древесных растений стеблевыми черенками. – Киев: Наук. думка, 1982. – 288 с.
25. Каталог раритетного біорізноманіття заповідників і національних природних парків України. Фітогенетичний фонд, мікогенетичний фонд / Під наук. ред. д.б.н. С.Ю. Поповича. – Київ: Фітосоціологічний центр, 2002. – 276 с.
26. Кобезьський М.Д. Лоза, її господарське значення і розведення. – Київ-Харків: ДВКРЛ УСРР, 1936. – 66 с.
27. Кравцов Н.С. Использование заболоченных почв в поймах рек СССР для выращивания высокопродуктивных насаждений ивы белой // Лесоводство и агролесомелиорация. – 1965. – Вып. 5. – С. 71-79.
28. Кулагин А.Ю. Экология ивы трехтычинковой // Экология. – 1981а. - № 7. С. 80-83.
29. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року <http://sae.gov.ua/documents/NpdVE.pdf>
30. Никитин И.А., Полубояринов И.И., Ониськив Н.И. Некоторые вопросы выращивания тополей // Пути повышения продуктивности лесов. – Киев: Урожай, 1965. – С. 106-115.

31. Ониськів Н.І. Агротехника вирощування культур тополя в Полес'є і Лесостепі УРСР // Лесовирощування і лесовозобновлення. – 1965. - № 1. – 15-18.
32. Ониськів М.І., Фучило Я.Д., Сбитна М.В. Особливості створення плантацій швидкорослих деревних порід // Наук. вісн. НАУ. – 1999. – Вип. 20. – С. 81-87.
33. Ониськів М.І., Фучило Я.Д., Сбитна М.В. Плантаційне вирощування деревини для потреб целюлозно-паперової промисловості // Наук. вісн. УкрДЛТУ. – 2000. – Вип. 10.1. – С. 147-153.
34. Ониськів М.І., Фучило Я.Д., Сбитна М.В., Логінов В.Б., Бобко А.М. Плантаційне вирощування деревної сировини для потреб целюлозно-паперової та інших галузей промисловості. Методичні рекомендації – К.: ВЦ НАУ, 2003. – 53 с.
35. Орлов О.М., Порва В.І., Лісовський В.Б. Вирощування чагарникових верб – на промислову основу // Ліс. журн. – 1994. - № 6. – С. 17-18.
36. Порва В.І., Лісовський В.Б. Застосування гербіцидів при вирощуванні чагарникових верб на промислових плантаціях // Лісоводство і агролісомеліорація – Київ: Урожай, 1995. – Вип. 90 – С. 55-59.
37. Саутин В.І., Райко П.Н., Вороб'єв В.Н. Вирощування і комплексне використання иви. – Минск: Ураджай, 1986. – 51 с.
38. Сидоров. А.І. Таннидніе ивы. – Москва: Лесн. пром-сть, 1978. – 119 с.
39. Сирота Н.П. Киевское Полесье // Физико-географическое районирование Украинской ССР. – Киев: Изд-во Киевского ун-та, 1968. – С. 35-36.
40. Таблиці ходу росту і товарності насаджень деревних порід України. – Київ: Урожай, 1969. – 110 с.
41. Статистичні дані Європейської Комісії у секторі енергетики
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/other_documents 31
42. Annual Statistical Report on the contribution of biomass to the energy system in the EU27, AEBIOM, 2011. <http://ru.scribd.com/doc/73012151/2011-AEBIOM-Annual-Statistical-Report>
43. Гелету́ха Г.Г., Желе́зна Т.А., Дроздова О.І. Енергетичний та екологічний аналіз технологій виробництва енергії з біомаси. Аналітична записка БАУ № 8, 2014 <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-8-ua.pdf>
44. Статистичний щорічник України за 2012 рік. Видання Державної служби статистики України, 2013.
45. Блюм Я.Б., Гелету́ха Г.Г., Григорюк І.П. та ін. Новітні технології біоенергоконверсії. – К: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 326 стор.

46. Я.Д. Фучило, М.В. Сбитна, О.Я. Фучило, В.М. Літвін. Досвід та перспективи вирощування тополі (*POPULUS SP.L.*) у південному степу України // Наукові праці Лісівничої академії наук України: збірник наукових праць. – 2009. Вип. 7, с. 66-69.
47. Фучило Я.Д. Про інтенсивність утворення і енергію росту вербового прута // Ліс. госп-во, лісов., папер і деревооброб. пром-сть. – 1990-а. - № 2. – С. 19.
48. Фучило Я.Д. Продуктивність плантацій чагарникових верб в умовах Київського Полісся // «Проблеми агропромислового комплексу: пошук, досягнення»: Тези доп. наук. конф. проф.-викл. складу та аспірантів УДАУ. – Київ: Вид-во УСГА, 1993. – С.159.
49. Фучило Я.Д. Чагарникові верби Київського Полісся, створення та експлуатація їх плантацій. Автореф. дис. канд. с-г. наук. – Київ, 1994. – 22 с.
50. Фучило Я.Д. Вплив умов місцезростання на ріст чагарникових верб у культурі // Наук. вісн. УкрДЛТУ. – Вип. 5 – 1996. – С. 270-272.
51. Фучило Я.Д. Цвітуть верби // Лісове і мисливське господарство. – 1997. - № 1. – С. 29.
52. Фучило Я.Д. Без верби і калини нема України // Лісове і мисливське господарство. – 1998. - № 1. С. 27.
53. Фучило Я.Д. Види роду *Salix L.* в Україні та їхнє використання // Наук. вісн. НАУ. – 1999. Вип. 17. – 348-351.
54. Фучило Я.Д. Особливості заготівлі і посадки зимових живців верб // Наук. вісн. НАУ. – 1999. – Вип. 19. – С. 249-252.
55. Фучило Я.Д., Ониськів М.І., Сбитна М.В. Біологічні та технологічні основи плантаційного лісовирощування. – К.: ННЦ ІАЕ, 2006. – 394 с.
56. Фучило Я.Д., Сбитна М.В., Фучило О.Я., Фучило Д.Я. Вплив агротехніки створення енергетичних плантацій верб на їхню продуктивність // Лісове та мисливське господарство: стан та перспективи розвитку: Збірн. наук. статей уч. Міжнар. наук.-практ. конф. (27-29 листопада 2007 р., м. Житомир). – Т.І. – Житомир: ПП «Видавництво «Волинь»», ОП «Житомирська облдрукарня», 2007. – С. 34-37.
57. Фучило Я.Д., Сбитна М.В., Фучило О.Я. Добір видів і форм верб (*Salix L.*) для створення енергетичних плантацій // Лісове та мисливське господарство: стан та перспективи розвитку: Збірн. статей уч. Міжнар. наук.-практ. конф. (27-29 листопада 2007 р., м. Житомир). – Т. II. – Житомир: ПП «Рута», 2007. С. 186-189.
58. Фучило Я.Д., Сбитна М.В., Деркач Д.Ф. Перспектива застосування видів роду *Salix L.* для створення енергетичних плантацій в Україні // Український фітоценологічний збірник, випуск 25, серія С Фітоекологія. 2007. – С. 97-102.

59. Фучило Я.Д., Гойчук А.Ф., Сбитна М.В., Фучило О.Я., Фучило Д.Я. Продуктивність енергетичних плантацій верб в залежності від агротехніки їх створення // Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку: Матеріали III Міжвузівської науково-практичної конференції (18 квітня 2008 р., м. Ірпінь). – Ірпінь: Національний університет ДПС України, 2008. – С. 86-88.
60. Черствін Г.О. Заготівля та зберігання насіння деревовидних верб. – Київ: Урожай, 1966. – 4 с.
61. Шестакова А.В. Инструкция по созданию промышленных и маточных ивовых плантаций. – Киев: УкрНИИместпром, 1976. – 79 с.
62. Директива 2009/28/ЕС щодо стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел, внесення змін та подальшої зміни Директив 2001/77/ЕС та 2003/30/ЕС <http://faolex.fao.org/docs/pdf/eur88009.pdf>
63. Розпорядження КМУ «Про затвердження плану заходів щодо виконання у 2013 році Загальнодержавної програми адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу (№ 157-р від 25.03.2013) <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/157-2013-%D1%80>
64. Alakangas, E., Sauranen, T. & Vesisenaho, T. 1999. Production Techniques of Logging Residue Chips in Finland. Training Manual. ENE39/TOO39/99. AFB- net IV and BENET. 83 p.
65. FINBIO. 1998. Quality Assurance Manual for Recovered Fuels (REF/ RF). For Test Use. Finnish Bioenergy Association. Publications. 28 p. Jyväskylä, Finland. Finnish Forest Industries Federation. 1999. Facts and Figures. Statistics 1998. Helsinki 51 1999. Paino
66. Encyclopedia.com. 2000. Homepage, www.encyclopedia.com. Energy in Europe — European Energy to 2020 — A scenario approach, Special issues — Spring 1996. European Commission, Directorate General for Energy (DG XVII). 209 p. Energy in Europe. 1998. Annual Energy Review -Special issue — December 1998, European Commission 195 p.
67. Hakkila, P. & Fredriksson, T. 1996. Metsamme bioenergian lahteena. Metsantutkimuslaitosja Puuenergiary. Metsantutkimuslaitoksen tiedonantoja 613. 92 s. The Finnish Forest Research Institute.
68. European Bioenergy Outlook. AEBIOM, 2013 <http://www.aebiom.org/blog/aebiom-statistical-report-2013/>
6. Solid Biomass Barometer. EurObserv'ER, December 2013. http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro219_en.pdf
69. Solid Biomass Barometer. EurObserv'ER, December 2012. <http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro212biomass.pdf>

70. EU Energy in Figures. Publication of European Commission, 2013

http://ec.europa.eu/energy/publications/doc/2013_pocketbook.pdf

71. Thomas Nussbaumer, Michael Oser. Evaluation of biomass combustion based energy systems by cumulative energy demand and energy yield coefficient. Report for International Energy Agency and Swiss Federal Office of Energy, 2004

http://www.ieabcc.nl/publications/Nussbaumer_IEA_CED_V11.pdf

72. ДСТУ ISO 14040:2004 Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура (18014040:1997, IDT).

73. Francesco Cherubini, Anders Hammer Strømman. Life cycle assessment of bioenergy systems: State of the art and future challenges // Bioresource Technology, N 102, 2011, P. 437- 451.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085241001360X> (Abstrac)

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	3
Розділ 1 Загальна характеристика автохтонних верб.....	4
1.1. Історія вирощування верб.....	4
1.2. Використання верби в якості відновлюваного джерела енергії в світі.....	8
1.3. Вирощування енергетичної верби в Україні.....	11
1.4. Роль відновлювальних джерел енергії в екологічних аспектах зміни клімату планети.....	14
1.5. Використання біомаси в паливо-енергетичній галузі.....	19
1.6. Вплив ФАР на продуктивність біомаси енергетичної верби...	21
1.7. Біологічні та екологічні особливості видів верб.....	25
1.8. Характеристика верб.....	45
1.9. Колекція генофонду верб Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.....	65
Розділ 2 Технологія вирощування енергетичної верби.....	68
2.1. Вибір місця під плантацію верби.....	68
2.2. Основний обробіток ґрунту, підготовка ґрунту та садіння верби.....	69
2.3. Система удобрення енергетичної верби.....	72
2.4. Глибока оранка.....	76
2.5. Вирівнювання ґрунту.....	79
2.6. Підготовка ґрунту для садіння пагонів.....	80
2.7. Заготівля пагонів та живців.....	81
2.8. Найбільш поширені схеми закладання плантацій енергетичної верби.....	83
2.9. Методика розрахунку потреби в садивному матеріалі.....	85
2.10. Садіння енергетичної верби.....	87
Розділ 3 Догляд за плантаціями та збирання енергетичної верби.....	92
3.1. Ранньовесняний обробіток ґрунту.....	92
3.2. Захист плантацій енергетичної верби від бур'янів.....	93
3.3. Захист плантацій енергетичної верби від шкідників та хвороб	97
3.4. Заходи захисту плантацій верби від шкідників.....	103
3.5. Хвороби.....	104
3.6. Заходи захисту плантацій верби від хвороб.....	105
3.7. Техніка безпеки.....	106
3.8. Розпушування ґрунту в міжряддях	106
3.9. Присипання бур'янів ґрунтом в зоні рядків енергетичної верби	112
3.10. Збирання енергетичної верби.....	114
3.11. Збирання енергетичної верби для промислового використання.....	117

Розділ 4 Перероблення біомаси енергетичної верби в паливну щепу, брикети та гранули	122
4.1. Роздільно-перевалочний спосіб виготовлення щепи.....	122
4.2. Технологія заготівлі і виробництва паливної щепи.....	125
4.3. Виробництво паливної щепи на об'єкт її використання.....	126
4.4. Дискові подрібнювачі.....	128
4.5. Барабанні подрібнювачі машин.....	129
4.6. Молоткове подрібнення.....	130
4.7. Транспортування паливної щепи.....	132
4.8. Складування та зберігання сировини енергетичної верби.....	135
4.9. Технологія виробництва паливних гранул та брикетів.....	138
4.10. Подрібнення сировини (щепи).....	139
4.11. Сушіння сировини (щепи).....	140
4.12. Гранулювання сировини.....	141
4.13. Охолодження і пакування паливних гранул.....	142
4.14. Паливні брикети.....	143
4.15. Теплотворні властивості енергетичної верби.....	145
4.16. Розрахунок теплотворної здатності енергетичної верби.....	146
4.17. Використання біомаси енергетичної верби для обігріву приміщень.....	150
Розділ 5 Економічна ефективність вирощування та перероблення енергетичної верби.....	154
5.1. Економічна ефективність технології вирощування енергетичної верби.....	154
5.2. Економічна ефективність використання енергетичної верби (Salix) в якості твердого палива.....	157
Розділ 6 Законодавчі основи розвитку ринку біопалива в Україні.....	162
6.1. Законодавче регулювання розвитку енергетики в Україні.....	162
6.2. Пропозиції до законодавства України.....	165
ДОДАТКИ.....	171
Список використаних джерел.....	183

Е 62 Енергетична верба: технологія вирощування та використання. Під загальною редакцією доктора сільськогосподарських наук В.М. Сінченка. –Вінниця : ТОВ «Ніланд-ЛТД», – 2015.– 340 с.

Відповідальні за випуск: В.М. Сінченко, М.Я. Гументик, В.І. Пиркін

Редактор – І.К. Пиркіна

Комп'ютерне складання та верстка: В.І. Гореленко,
Л.Н. Гізбулліна, В.П. Москаленко

Энергетическая верба: технология выращивания и использование.–. –Вінниця : ТОВ «Ніланд-ЛТД», – 2015.– 340 с.

На основании комплексных научных исследований с учетом биологических, агротехнических, а также экологических особенностей разработаны элементы технологии выращивания энергетической вербы в условиях разных агроклиматических зон Украины.

В результате впервые разработана технология выращивания энергетической вербы, которая обеспечивает урожайность биосырья 40-70 т/га и ее использование. В технологии подробно рассматриваются агротехнические требования к выполнению технологических операций.

Обоснована экономическая эффективность технологии выращивания энергетической вербы и переработка биосырья на твердое топливо.

Книга рассчитана на научных работников, руководителей и специалистов по биоэнергетике, бизнесменов, аспирантов и студентов сельскохозяйственных учебных заведений.