

**ГО НТЦ «БІОЕНЕРГІЯ»
БОРЩІВСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ КОЛЕДЖ**

.

ВИРОЩУВАННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР



**За сприяння Міністерства закордонних справ Норвегії
“UKR-14/0034” «СТВОРЕННЯ ЦЕНТРУ ДЛЯ БІОЕНЕРГЕТИКИ ТА УПРАВЛІННЯ
МІСЦЕВИМИ ЕНЕРГОРЕСУРСАМИ»**

2018 р.

УДК 57.084:652.631

ББК 42.1

Г 54

Рекомендовано до друку Педагогічною радою Борщівського агротехнічного коледжу (протокол № 6 від 02.07.2018 р.)

Авторський колектив:

М. Я. Гументик, Б. М. Радейко, Я. Д. Фучило, В. М. Сінченко, О. М. Ганженко,
В. С. Бондар, А. В. Фурса, В. М. Квак, М. М. Харитонов, В. М. Кателевський

Р е ц е н з е н т и: Цвей В. П. – доктор сільськогосподарських наук, професор;

Лопушняк В. І. – доктор сільськогосподарських наук, професор;

Блозва І. Й. – кандидат педагогічних наук.

Г 54 Вирощування біоенергетичних культур: /За редакцією к.с.-г. наук, с.н.с. М.Я. Гументик/ [М.Я. Гументик, Б.М. Радейко, Я.Д. Фучило, , В.М. Сінченко О.М. Ганженко, В.С. Бондар, А.С Фурса, В.М. Квак, М.М. Харитоновв. В.М. Кателевський]. – К.: ТОВ «ЦП «Компринт», 2018.-179 с

ISBN 978-966-929-779-2-

Розглянуто питання агротехнічних та екологічних основ технології вирощування високопродуктивних біоенергетичних культур. На основі комплексних наукових досліджень розроблені ефективні елементи технології вирощування біомаси. Наведено вимоги до строків сівби, садіння та показників якості виконання основного, передпосівного обробітків ґрунту та догляду за посівами. Обґрунтовано особливості створення й експлуатації енергетичної плантації. Визначено пріоритети розвитку біоенергетики в Україні на період до 2035 року.

Монографія розрахована на науковців, студентів сільськогосподарських навчальних закладів, керівників та спеціалістів сільськогосподарських підприємств, що вирощують біоенергетичні культури в якості біомаси для виробництва біопалива.

Рекомендовано для студентів денної і заочної форми навчання з підготовки фахівців ОКР «молодший спеціаліст» спеціальності 201 «Агрономія» в аграрних вищих навчальних закладах.

УДК 57.084;652.631

ББК 42.1

ISBN 978-966-929-779-2

© М.Я. Гументик, Б.М. Радейко, Я.Д. Фучило, В.М. Сінченко, О. М. Ганженко, Бондар В.С, В.М. Квак, М.М. Харитонов, В. М. Кателевський, 2018

© Борщівський агротехнічний коледж, 2018

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ (Гумендик М.Я. к.с.-г наук, с.н.с.).	9
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПЛАНТАЦІЙ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН (Фучило Я. Д. д.с.-г. наук, професор; Сінченко В. М. д. с.- наук, Гумендик М.Я. к.с.-г наук. с.н.с.)	16
2.1. Технологія вирощування енергетичних плантацій верби	16
2.1.1. Вибір місця під плантації енергетичної верби.....	16
2.1.2. Підготовка площі та основний обробіток ґрунту	17
2.1.3. Система удобрення енергетичних плантацій верби.....	22
2.1.4. Створення енергетичних плантацій верби	28
2.1.5. Догляд за енергетичними плантаціями верби.....	31
2.1.6. Заготівля деревної маси на енергетичних плантаціях верби.....	37
2.1.7. Рекультивація плантацій	39
2.2. Технологія вирощування енергетичних плантацій тополі	40
2.2.1. Вибір місця для створення плантацій та обробіток ґрунту	40
2.2.2. Садивний матеріал тополі.....	41
2.2.3. Створення плантацій тополі	43
2.2.4. Агротехнічний догляд за енергетичними плантаціями тополі .	46
Список використаних джерел.....	48
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО (Гумендик М. Я. к.с.-г наук, с.н.с., Квак В. М. к.с.-г наук, Кателевський В. М. м.н.с.)	55
3.1. Вибір місця під плантацію міскантусу гігантського	55
3.2. Основний обробіток ґрунту	56
3.3. Ранньовесняний обробіток ґрунту	58
3.4. Передсадильний обробіток ґрунту.....	59
3.5. Садіння ризомів міскантусу гігантського	60
3.6. Показники якості садивного матеріалу міскантусу гігантського .	64
3.7. Садіння ризомів міскантусу гігантського	66
3.8. Показники якості садіння.....	70
3.9. Догляд за насадженнями міскантусу гігантського	70

3.10. Досходове боронування	71
3.11. Хімічний спосіб захисту рослин міскантусу гігантського від бур'янів.....	71
3.12. Міжрядний обробіток ґрунту	73
3.13. Збирання біомаси міскантусу гігантського	75
3.14. Збирання міскантусу гігантського з одночасним подрібненням біомаси (пряме комбайнування).....	76
3.15. Роздільне комбайнування	78
3.16. Зберігання біомаси.....	79
3.17. Ліквідація плантації.....	81
Список використаних джерел.....	81

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОГО

СОРГО (<i>Ганженко О.М. к.т. наук, с.н.с., Радейко Б.М.</i>)	84
4.1. Місце в сівоzmіні цукового сорго	84
4.2. Основний обробіток ґрунту	85
4.3. Весняний обробіток ґрунту.....	86
4.4. Сівба насіння цукрового сорго	88
4.5. Догляд за посівами цукрового сорго	90
4.6. Збирання біомаси	95
4.7. Переробляння біомаси цукрового сорго.....	98
Список використаних джерел.....	102

РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ПРОСА

ПРУТОПОДІБНОГО «СВІТЧГРАСУ» (<i>Гументик М.Я. к.с.-г наук, с.н.с., Радейко Б.М.</i>).....	104
5.1. Коротка історія походження та вивчення культури проса прутіоподібного (<i>Panicum virgatum L.</i>).....	104
5.2. Біологічні та агротехнічні особливості проса прутіоподібного ..	105
5.3. Вибір ділянки	111
5.4. Обробіток ґрунту	112
5.5. Основний обробіток ґрунту	113
5.6. Ранньовесняний обробіток ґрунту	116
5.7. Передпосівний обробіток ґрунту	116
5.8. Підготовка насіння та сівба проса прутіоподібного.....	118
5.9. Сівба насіння проса прутіоподібного	119
5.10. Коткування посівів проса прутіоподібного.....	123
5.11. Догляд за посівами проса прутіоподібного.....	124
5.12. Міжрядний обробіток ґрунту	125

Список використаних джерел.....	136
---------------------------------	-----

РОЗДІЛ 6 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА МАРГІНАЛЬНИХ ЗЕМЛЯХ У СТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ (*Харитонов М.М. д.с.-г. наук, професор; Гументик М.Я. к.с.-г наук, с.н.с.*)

.....	138
6.1. Оцінка продуктивного потенціалу сортів міскантусу при вирощуванні на еродованих ґрунтах	138
6.2. Характеристика природно-кліматичних умов в районі розташування Покровського стаціонару рекультивації порушених земель ДДАЕУ	143
6.3. Оцінка продуктивного потенціалу міскантусу при вирощуванні на гірських породах	145
6.4. Оцінка продуктивного потенціалу проса прутіподібного при вирощуванні на гірських породах	151
6.5. Оцінка продуктивного потенціалу сортів цукрового сорго при вирощуванні на гірських породах	155
6.6. Оцінка продуктивного потенціалу тополі при вирощуванні на техноземі.....	157
Список використаних джерел.....	163

РОЗДІЛ 7 ПРІОРИТЕТИ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ В

УКРАЇНИ (<i>Бондар В.С. к.е.наук, с.н.с.; Гументик М.Я. к.с.-г наук, с.н.с., Фурса В.В. к.е.наук, с.н.с.).....</i>	164
Список використаних джерел.....	173

ТЕРМІНИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ	175
--	-----

ВСТУП

З початку промислової революції, менш ніж за три століття, людство використало більше половини викопного палива, яке нагромаджувалось в надрах землі протягом сотень мільйонів років. Розуміння про обмеженість цього ресурсу спричинило швидкі зміни у підходах до його використання і пошуку відповідної альтернативи. Додатковий імпульс у пошуку нових рішень в галузі використання енергії зумовили глобальні зміни клімату та їх негативний вплив на біосферу. Тому, більшість розвинутих країн надають пріоритет пошуку та використанню нових відновлювальних джерел енергії, серед яких значне місце займає біопаливо для виробництва якого використовується біомаса цілого ряду біоенергетичних культур.

Україна багата земельними ресурсами, серед яких значну частину становлять низькопродуктивні та деградовані ґрунти, що підлягають рекультивації і які можливо залучити до вирощування таких культур. Потреба в локальних джерелах теплової та електричної енергії, одержаної від переробки місцевих видів палива має зростаючу тенденцію, обумовлену економічними факторами розвитку країни. Наступною проблемою, що склалася на ринку виробництва біопалива в Україні, є те, що виробники відчують нестачу якісної сировини для переробних підприємств у певні періоди року. Для стабільного завантаження виробничих потужностей біопаливних заводів та забезпечення сировиною твердопаливних котелень в сільській місцевості необхідна відповідна кількість біомаси. Отже, вирощування біомаси високопродуктивних біоенергетичних культур та використання біопалива дозволять поповнити енергобаланс сільських підприємств і регіонів, що значною мірою знизить енергетичну залежність від імпортованого викопного палива.

Дану проблему можливо вирішити завдяки створенню енергетичних плантацій високопродуктивних культур з високою врожайністю біомаси. Серед широкого спектру культур, які є

сировиною для виробництва біопалива, значна увага приділяється спеціальним високопродуктивним енергетичним культурам, які є новими для українських сільгоспвиробників. Таким, як енергетична верба, тополя, павловнія, міскантус, просо прутоподібне, цукрове сорго, біомаса яких є найбільш придатною сировиною для виробництва твердих видів біопалива. Особливої уваги заслуговують багаторічні злакові культури, які здатні нагромаджувати значні обсяги біомаси за рахунок фотосинтезу, що відбувається впродовж тривалого періоду – від ранньої весни до пізньої осені.

У зв'язку з підвищеним попитом на рослинну сировину виникає нагальна проблема розширення промислових площ під біоенергетичними культурами для виробництва біопалива, а також необхідність розробки ефективних технологій їх вирощування і переробки біосировини на біопаливо. Вирішенню цих проблем і присвячена дана публікація.

РОЗДІЛ І. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ

(Гументик М.Я. к.с.-г наук, с.н.с.)

Нестримне підвищення вартості енергоресурсів, нафти, вугілля та природного газу веде до зростання тарифів на електроенергію і підвищення вартості комунальних послуг. Переважна кількість існуючих муніципальних котелень працює поки що на природному газі, ціна якого значно вище тарифу, який встановлений для населення, а збитки підприємствам покриваються за рахунок бюджетних субвенцій. Сотні сільських населених пунктів, сільськогосподарських підприємств та фермерських господарств ще недостатньо забезпечені електричною та тепловою енергією. Істотно також, збільшується частка енергоресурсів в собівартості промислових товарів, сільськогосподарської сировини та продукції.

Для вирішення даних проблем експертами та науковцями ведеться активний пошук ефективного використання альтернативних поновлюваних джерел енергії. Однією з найперспективніших складових відновлювальної енергетики стає біоенергетика, заснована на використанні енергії біомаси, споживання якої не призводить до підсилення глобального парникового ефекту. У зв'язку з цим необхідний розвиток всіх можливих напрямів біоенергетики з урахуванням наявних природних ресурсів у різних регіонах. Однак при цьому повинна здійснюватись різнобічна ефективна техніко-економічна оцінка переваг та недоліків різних технологій виробництва біомаси, перероблення її на біопаливо і подальшого його використання. В умовах постійного подорожчання викопних видів палива, які є основними для теплопостачання переважної більшості об'єктів бюджетної сфери в Україні, надзвичайно актуального значення набуло питання диференційованого вибору енергетичного обладнання та використання місцевих видів енергоресурсів в сільській місцевості. Це пов'язано не тільки з наростаючим дефіцитом вуглецевої сировини, ай з проблемами екології, оскільки згоряння палива супроводжується викидами в

атмосферу значної кількості шкідливих речовин: оксидів азоту, вуглецю, сірки та ін.

З огляду на те, що розвиток місцевої комунальної енергетики вимагає значних витрат, темпи зростання тарифів на електроенергію і вартість Гкал теплової енергії будуть збільшуватися, незважаючи на її ручне регулювання та стримування. Прогнози стверджують, що до 2020 року очікується дефіцит енергопотужностей практично по всій території України. У той же час, у зв'язку з поліпшенням економічної ситуації в країні, простежується стійка тенденція до збільшення виробництва і споживання енергії. Поряд з цим, в аграрно-промисловому комплексі, лісовій та деревообробній галузі існує та кожен рік накопичується значний потенціал відходів різноманітної органічної сировини: заготівля і обробка деревини (неліквідна деревина, вершки, сучки, пні, обрізки, тирса, стружка), в сільському господарстві - солома зернових культур, полова, стебла, качани кукурудзи, лушпиння та стебла соняшника, відходи переробки льону та інша органічна сировина, які на даний час не достатньо ефективно використовуються, але можуть бути використані для виробництва теплової та електричної енергії. Швидке погіршення екологічної ситуації через накопичення відходів в різних галузях промисловості, сільському господарстві, комунальному секторі, в тому числі на стаціонарних і несанкціонованих звалищах, вимагає рішучого впровадження перспективних методів утилізації відходів. В Україні на разі необхідно використовувати технології з низьким техногенним навантаженням на навколишнє середовище, тому що існуючі технології мають на нього значний негативний вплив.

В науково технічному центрі «БІОЕНЕРГІЯ» м. Борщів, Тернопільської області протягом 10 років проводяться комплексні дослідження з вирощування спеціальних високопродуктивних біоенергетичних культур для виробництва енергії та використання найбільш ефективних способів переробки органічної сировини для отримання різних видів енергії. Серед них найбільш поширеними є багаторічні високопродуктивні культури: міскантус, енергетична

верба, павловнія, просо прутоподібне, які вегетують на енергетичних плантаціях 15-20 років. Підготовка ґрунту для їх вирощування не вимагає великих енергетичних витрат, урожай збирають восени, взимку або навесні з використанням звичайної збиральної та спеціалізованої сільськогосподарської техніки.

Одними із перспективних та економічно обґрунтованих для спалювання органічної сировини є газогенераторні печі, теплогенератори та твердопаливні піролізні котли, що працюють за принципом піролізу та газифікації з можливістю отримання дешевої теплової енергії. Отримане тепло використовується в комунальному та сільському господарстві у різному технологічному промисловому устаткуванні, системах опалення, гарячого водопостачання промислово-виробничих приміщень і господарських споруд, в сушильних камерах, теплицях тощо. Використання біомаси та органічних відходів в звичайних енергетичних установках та твердопаливних котлах прямого спалювання призводить до ускладнення конструкцій подачі, топкових пристроїв і збільшення їх габаритів, що пов'язано з низькою жаростійкістю металевих труб, та їх швидким виходом з експлуатації. Труднощів, що виникають при спалюванні целюлозної сировини, можна уникнути за рахунок термічної переробки біомаси в газоподібний енергоносіє. Йдеться про отримання синтез-газу в процесі газифікації біомаси та органічних відходів.

Використання нових технологій та енергетичного обладнання при переробці 1 кг біомаси дає можливість отримати 1,5-2,0 м³ синтез-газу, який можна використати для отримання теплової та електричної енергії. За оцінкою експертів та науковців, близько 50% споживаної енергії в Україні можуть бути заміщені шляхом використання паливних відходів в комунальному господарстві та с.-г виробництві, а ще 50% за рахунок спеціально вирощеної біомаси біоенергетичних культур.

Газифікація органічної сировини - це отримання синтез-газу під впливом високих температур, каталізаторів та інших фізичних, хімічних і біологічних впливів. Синтез-газ можна ефективно спалювати в газових пальниках при хорошій організації процесу горіння; а також використовувати в топках для спалювання газоподібного палива в котельних агрегатах і установках. Значною перевагою синтез-газу в порівнянні з твердим паливом є можливість використання його в газових турбінах для вироблення електричної та теплової енергії. Газифікація найчастіше проводиться у великих промислових газогенераторах в киплячому шарі при нестачі окислювача. Конструкції установок для газифікації різних видів палив відрізняються, але не принципово. Основним процесом при газифікації є піроліз – це хімічний процес розкладання органічної складної сполуки на простіші складові під впливом високих температур ($500 - 850^{\circ}\text{C}$) і під час відсутності окислювача. Піроліз у присутності водяної пари називають гідропіролізом. В результаті піролізу можуть бути виділені тверді, рідкі та газоподібні продукти при нормальних умовах речовини, згідно узагальненої формули: $\text{БМ} + \text{тепло} = \text{С (вуглиста речовина)} + \text{смоли} + \text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_4 + \text{C}_n\text{H}_m$. Газоподібні продукти піролізу являють собою газ, що містить CH_4 , CO , H_2 , $Q_{\text{нр}} = 10\text{-}15 \text{ МДж/м}^3$, вихід до 70% від маси сухої сировини при високотемпературному швидкому піролізі. ККД піролізу становить 80-90%. Всі розглянуті процеси отримання синтез газу з органічної сировини можна розділити за такими стадіями: попередня підготовка біомас, спалювання через утворення синтез-газу; отримання високопотенційної теплової енергії.

Економічно ефективним обладнанням для спалювання біомаси є газогенераторна піч з водяним теплообмінником моделі СУП-ВТ 80М, потужністю 80-100 кВт виробником якої є ТОВ «Сіона». Вона призначена для утилізації промислових побутових відходів та спалювання паливної тріски і подрібненої біомаси біоенергетичних культур. Тепло, яке виділяється, може бути використане для сушіння деревини, опалення житлових, промислових, адміністративно-

побутових приміщень, бань, гаражів та майстерень, торгових та спортивних залів, складських приміщень і т.д. об'ємом до 2000 м³ (за умови теплоізоляції приміщень та встановлення печі за межами цих приміщень, або в спеціально обладнаних приміщеннях – котельнях). Всеядній утилізаторній печі використовується принцип піролізного спалювання “Ласіона”, що дозволяє досягти майже 100% згорання сировини, не викидаючи в атмосферу летючих речовин, навіть при вологості до 70%. Газогенераторна піч для спалювання твердого палива містить завантажувальну камеру з жаростійким реактором у вигляді усіченого конуса, меншою частиною спрямованою в низ з скрізними каналами, що зв'язують оточуючий канал подачі повітря для первинного окислення палива з надколосниковим простором, центральну вертикально-спрямовану вниз камеру-канал допалювання піролізного газу та частинок не догорілого палива, пов'язану з автономною дозуючою камерою подачі повітря для забезпечення рівномірної газифікації палива. Для захисту металевих частин від перегріву застосовується високотемпературна керамічна футерівка. Носієм теплової енергії можуть бути повітря та вода. Використання пропонованої печі в сільському господарстві, зокрема на зерносушарках, зменшує витрати та собівартість сушіння більше як в три рази.

Альтернативні технології вирощування та перероблення біомаси дозволяють створити нові виробництва і робочі місця в сільській місцевості, при чому значно збільшити податкові надходження в місцеві бюджети. Використання в якості палива сільськогосподарських відходів дозволить, окрім отримання дешевої енергії, знизити витрати на їх утилізацію. Вивільнення грошей, призначених на закупівлю і на доставку енергоносіїв, надасть можливість перерозподілу статей бюджету на користь соціальної сфери.

Газифікація біомаси та органічних відходів є ефективною та привабливою тим, що дозволяє отримувати екологічно чисте паливо та енергоносії з низькою собівартістю. Але на формування

кон'юнктури національного ринку обладнання для термохімічної конверсії біомаси на даний час впливають три основні чинники:

- динаміка подорожчання традиційних викопних видів палива.
- інвестиційна криза, наслідком якої є відсутність на національному ринку іноземних виробників біогазових та газогенераторних установок;
- динаміка розвитку ринку біопалива, яка ініціює швидке зростання попиту на установки і обладнання для виробництва біопалива.

Висновок. У структурі собівартості виробництва продукції енергетична складова має переважне значення. Тому з урахуванням різкого подорожчання і дефіциту висококалорійних енергоносіїв на основі викопних палив виникла необхідність створення технологій і устаткування для отримання теплової та електричної енергії з поновлюваних і місцевих видів палива (відходи с/г виробництва, промислові відходи, біомаса спеціально вирощених біоенергетичних культур), вартість яких зараз приблизно в 4-6 разів нижче вартості нафтопродуктів.

Виробництво енергії з біомаси може бути конкурентноспроможним вже сьогодні, навіть при закупівлях іноземного обладнання. За певних умов, таких як низька вартість сировини, виробництво якісного генераторного (синтез-газу) з відходів біомаси буде більш рентабельним, ніж виробництво традиційних енергоносіїв, вартість яких динамічно зростає. Також ефективним обладнанням нового покоління для виробництва енергії є газові мікротурбіни, які працюють на низькокалорійних піролізних газах різного компонентного складу і які не потребують значного очищення, та на біогазі з мінімальними викидами в атмосферу NO_x -9 мг/м^3 , CO -46 мг/м^3 . Виробниками мікротурбін пропонується широкий діапазон потужностей від 15-100 кВт до 2-10 МВт, що надає можливість встановлювати генератори електричної енергії безпосередньо споживачу без великих газосховищ.

Широке застосування нових технологій в біоенергетиці може замінити в Україні четверту частину споживаного природного газу, так як біометан можна використовувати для вироблення теплової і електричної енергії та безпечення ЖКГ дешевим паливом.

З огляду на те, що розвиток комунальної енергетики вимагає значних витрат, темпи зростання тарифів на електроенергію і вартість Гкал теплової енергії будуть збільшуватися, з іншого боку в силу ряду об'єктивних причин близько половини території України не може бути забезпечена централізованим енергопостачанням. Існуючі котельні і міні-ТЕЦ працюють на привізному дорогому паливі, що збільшує собівартість виробленої енергії значно вище тарифу, що встановлюється для населення, а збиток покривається за рахунок бюджетних субвенцій.

Біоенергетика в її сьогоdnішньому стані поки не є безальтернативною заміною вуглеводневій енергетиці на найближчу перспективу, однак, уже зараз вона може стати важливим елементом для стримування дефіциту на вуглеводневу сировину та запорукою енергобезпеки споживачів.

РОЗДІЛ 2.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПЛАНТАЦІЙ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН

*(Фучило Я. Д. д.с.-г.наук, професор; Сінченко В. М. д. с.- наук,
Гументик М.Я. к.с.-г наук. с.н.с.)*

Найважливішими заходами зі створення високопродуктивних плантацій верб та тополь є: вибір місця для майбутніх плантацій, ретельний основний та передсадивний обробіток ґрунту, підбір оптимального сортового складу верби для конкретної зони вирощування, своєчасне та якісне садіння живців, догляд за рослинами впродовж усього періоду експлуатації плантації з внесенням добрив та захистом рослин від шкідників і хвороб.

2.1. Технологія вирощування енергетичних плантацій верби

2.1.1. Вибір місця під плантації енергетичної верби

Верби, зважаючи на їхні різні екологічні особливості, можливо вирощувати на всіх типах ґрунтів, але для вербових плантацій будь-якого призначення оптимальним є вологий, багатий на гумус, добре дренаований супіщаний або суглинковий ґрунт. Це відповідає типам умов місцезростання від В₂₋₄ до Д₂₋₄ (табл. 1).

Оптимальні умови для росту верби створюються за залягання ґрунтових вод у липні на глибині 0,6-2,0 м. До таких місць належать: заплави річок, крім приматерикової частини, днища балок, вибалків, ярів, конуси виносу ярів, нижні частини пологих схилів тощо. Рельєф ділянки повинен бути рівним без впадин, де може застоюватися вода, ґрунт – слабокислим або нейтральним. Більшість дослідників вважають оптимальним водне рН 5–7 [28, 35].

Слід відзначити, що згідно директиви 28/2009/ЄС плантації енергетичної верби слід закладати на землях, які не

використовуються для вирощування сільськогосподарських культур, мають низький вміст карбону та низький рівень біорізноманіття [9].

Таблиця 1

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

Вид верби	Елементи ландшафту	Тип лісорослинних умов	
		у природі	у 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, вологі долини, канали	$C_{3-5} - D_{3-5}$	$C_{3-5} - D_{2-5}$
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 прутковидна	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, зруби	$A_{2-4} - D_{2-4}$	$A_{2-4} - D_{1-4}$
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 боліт, мокрі, заболочені ліси	$A_{4-5} - C_{4-5}$	$A_{3-5} - C_{2-5}$
Верба мірзинолиста (в. чорніюча)	Окраїни низових та попередніх боліт, вологі розріджені ліси, луки	$B_{3-4} - D_{3-4}$	$B_{3-4} - D_{1-4}$

2.1.2. Підготовка площі та основний обробіток ґрунту

Енергетичні плантації верби створюють переважно на сільськогосподарських неугіддях, пустирях, низькопродуктивних

сінокосах тощо. Такі площі, як правило, зарослі бур'янами, чагарниками, молодими деревами.

Зважаючи на те, що ефективно вирощування енергетичних плантацій неможливе без суцільного якісного обробітку ґрунту, надземну частину існуючої рослинності подрібнюють з метою забезпечення успішного проведення подальших операцій. Для цього використовують мульчувачі рослинних залишків, зокрема – МР-1,5, який виробляється на ПАТ «Спецлісмаш» (м. Лубни) і призначений для подрібнення порослі дерев (рис. 1).

Основні завдання обробітку ґрунту полягають в активному впливі на фізичні, хімічні та біологічні процеси, що відбуваються в ньому, на водно-повітряний режим та режим живлення. Технологічні операції з основного обробітку ґрунту за вирощування енергетичних плантацій вербитакож необхідно розглядати в комплексі як важливі засоби контролювання чисельності бур'янів, шкідників та збудників хвороб.

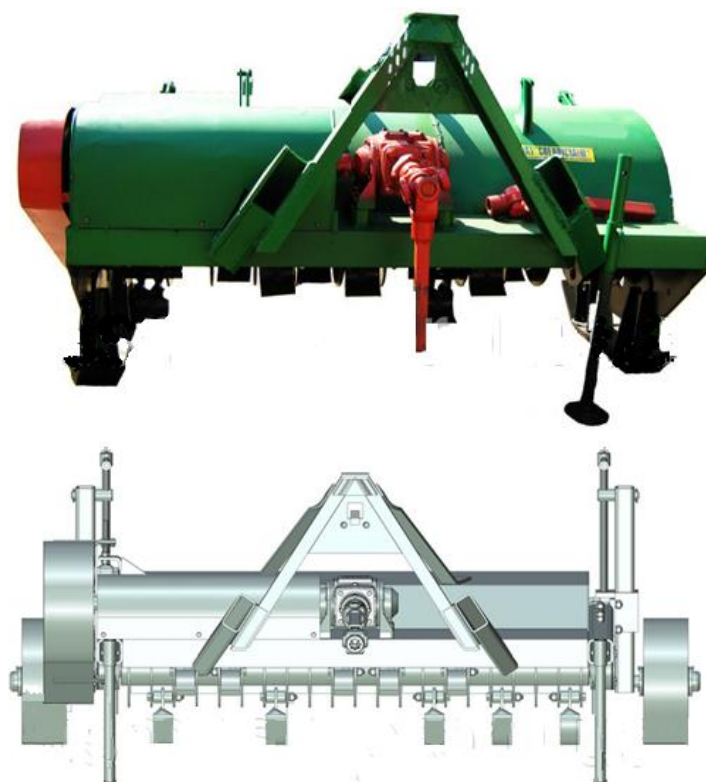


Рис. 1. Агрегат для мульчування рослинних залишків МР-1,5

Під створення енергетичних плантацій верби доцільно застосовувати 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 бородами, а саме: перше – на глибину 6-8 см, через 10-12 днів – повторне дискове лушення на глибину 8-10 см, третє – глибоке лемішне лушення на глибину 12-15 см при появі бур'янів;
- зяблеву оранку наприкінці вересня – на початку жовтня на глибину 30-32 см 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 луцильниками;
- внесення гербіциду суцільної дії;
- глибоку оранку після внесення мінеральних добрив у кінці липня – на початку серпня;
- культивацію, дискування або боронування при появі бур'янів, після випадання опадів протягом усього осіннього періоду (вересень-жовтень).

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

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, осот 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.

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

Висока якість оранки досягається за проведення її оборотними плугами з передплужниками. Це пояснюється тим, що рослинні рештки краще загортаються у глибший, завжди вологий шар ґрунту, де вони мінералізуються з утворенням органічних сполук, а біологічно менш активний шар вивертається на поверхню, де в умовах вільного доступу повітря збагачується доступними для рослин елементами живлення. Завдяки кращому загортанню у ґрунт пожнивних решток, бур'янів та органічних добрив поліпшується якість роботи агрегатів для садіння живців та розпушування міжрядь під час догляду за насадженнями.

За ранньої оранки насіння бур'янів, що вивертається з глибоких шарів ґрунту, за сприятливих умов інтенсивно проростає, а сходи їх знищуються наступними культиваціями 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 культури, товщиною гумусового шару ґрунту, засміченістю поля та іншими умовами. Встановлено, що її проведення на середніх та важких ґрунтах на глибину 30–32 см під створення енергетичних плантацій ефективніша, ніж звичайна (20–22 см) та мілка (14–16 см).

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. Оранка здійснюється човниковим способом без розбивки на загінки. Глибоку оранку можна виконати оборотними плугами ПНО-3,35, ПОНП-6 та ін.

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.

До комплексного догляду за зябом, за вирощування енергетичної фітомаси верби, перед садінням рекомендовано включати також його щілювання як додатковий захід для підвищення вологозберігаючої ефективності системи обробітку ґрунту і знищення «підшви». Для цього застосовують щілиноутворювачі ЩП-000 та ЩП-3-70. Щілювання завжди здійснюють по діагоналі чи 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. Глибина щілин має становити 45-50 см, відстань між ними – 140 см.

Система основного обробітку ґрунту під енергетичні плантації верби за напівпаровим способом з самого початку зорієнтована на переваги тривалого та ретельного літньо-осіннього догляду за глибоко зораним у кінці липня – на початку серпня полем. У багатьох сучасних зональних технологіях вирощування енергетичної верби застосовують напівпаровий обробіток ґрунту 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.

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 культивації. Це збільшує витрати, ущільнює ґрунт, погіршує його фізичні властивості. Під час вирівнювання поверхні ґрунту застосовують трактори типу ХТЗ-121, МТЗ-82 в агрегаті з с.-г. машинами: СП-16А+ВНІС-Р+ЗБСС-1,0 або АРВ-8, 1-01; ЗПГ-24. Глибина обробітку – 5–6 см, під кутом 10–15° до напрямку оранки.

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.

Таким чином, осінній обробіток (вирівнювання ґрунту) забезпечує більш ранню весняну стиглість ґрунту, активізацію біологічних процесів, а також швидке проростання бур'янів. На весні необхідний лише дуже мілкий обробіток ґрунту (закриття вологи). На полях, сильно засмічених однорічними бур'янами (мишій, куряче просо, щириця, лобода біла та ін.), найбільш ефективним є напівпаровий обробіток ґрунту.

2.1.3. Система удобрення енергетичних плантацій верби

Верба належить 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 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 наведені оптимальні дози мінеральних добрив за вирощування енергетичної верби у різних ґрунтово-кліматичних умовах на ґрунтах з середнім рівнем забезпечення елементами живлення.

Таблиця 2

**Орієнтовані дози внесення мінеральних добрив
під енергетичні плантації верби**

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 ₃₀₀ K ₃₀₀	N ₈₀
	дерново-підзолисті		N ₈₅ P ₃₀₀ K ₃₀₀	N ₉₀
	дерново-підзолисті глейові	гідроморфні	N ₇₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀	N ₉₀
	дернові, лучно-болотні, торфувато-болотні		N ₈₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀	N ₁₀₀
Лісостеп	Умови достатнього зволоження, урожайність – 50 т/га			
	чорноземи опідзолені, темно-сірі лісові	автоморфні	N ₆₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀	N ₆₀
	сірі лісові		N ₇₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀	N ₇₀
	чорноземно-лучні, лучно-чорноземні, лучні	гідроморфні	N ₅₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀	N ₆₀
	дернові, лучно-болотні, торфувато-болотні		N ₈₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀	N ₈₀
	Умови нестійкого зволоження, урожайність – 45 т/га			
	чорноземи опідзолені, темно-сірі лісові	автоморфні	N ₆₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀	N ₆₀
	сірі лісові		N ₆₅ P ₃₀₀ K ₃₀₀	N ₇₀
	чорноземно-лучні, лучно-чорноземні, лучні	гідроморфні	N ₅₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀	N ₆₀
	дернові, лучно-болотні, торфувато-болотні		N ₇₅ P ₃₀₀ K ₃₀₀	N ₈₀

Примітка: у процесі вирощування та експлуатації енергетичних плантацій верби вносяться тільки азотні добрива один раз у три роки (після зрізування фітомаси).

За низького рівня забезпечення ґрунту елементами живлення дозу внесення мінеральних добрив збільшують в 1,2 раза, за підвищеного та високого – зменшують відповідно в 1,1 та 1,2 раза.

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 енергетичних плантацій 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 протифітопатогенних речовин), а зміцнення клітинних стінок запобігає пошкодженню 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 на поверхні поля напередодні 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.

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 «Калімаг-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 на 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 під час внесення їх необхідно відразу 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.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% СаО) та гіпсу (32% СаО) 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 меліоранту 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 та удобрювальні властивості органічних добрив.

2.1.4. Створення енергетичних плантацій верби

Енергетичні плантації верби закладають доброякісним, селекційно поліпшеним садивним матеріалом. Найчастіше ним є однорічні здерев'янілі (зимові) живці. Заготовляють їх з однорічних видовжених пагонів (пругів), що вирощені на спеціальних маточних плантаціях. Заготівля пагонів проводиться у період від закінчення вегетаційного періоду до початку сокоруху.

Період зрізання пагонів залежить від сезону садіння, тобто заготівля пагонів у жовтні-листопаді передбачає осіннє садіння, а у січні-березні – весняне. Живці з пагонів бажано нарізати безпосередньо перед їх садінням.

Під час нарізання живців верхній і нижній зрізи виконують на відстані 0,5–1,0 см від бруньок гострим інструментом. Живці верб мають бути прямими, мати не менше чотирьох добре розвинених бруньок. Оптимальна довжина живців – від 20 до 30 см, а товщина у верхній частині – від 0,6 до 2,0 см [8, 14, 22, 24, 28, 31]. Живці повинні бути чистими, здоровими і мати високу вологість (близько 50 %). Їхні зрізи доцільно обробити розчином вапна, а для недопущення садіння живців верхівкою вниз – позначити верхівки певним кольором.

Для весняного садіння пагони зберігаються в холодильних камерах, за температури -4°C , куди вони поміщаються відразу ж після заготівлі. За два-три дні перед садінням, необхідно винести пагони з холодильної камери та зберігати їх при температурі навколишнього середовища у закритому приміщенні, де немає сонячних променів та протягів.

За відсутності холодильних камер пагони зберігають у вологому субстраті, не допускаючи їх висушування і передчасного проростання.

Живці з ознаками висушування, з механічними пошкодженнями (в тому числі – з неякісно виконаними зрізами), а також уражені шкідниками і хворобами не допускають до висаджування.

Під час перевезення пучки вкривають вологим матеріалом, а зверху – брезентом або поліетиленовою плівкою, щоб не допустити їх пересихання.

Для зберігання живці прикопують у ґрунт, підтримуючи його у вологому стані. У період зберігання необхідно:

- слідкувати, щоб живці знаходилися у вологому ґрунті;
- проводити заходи з недопущення пошкодження живців гризунами;
- із настанням відлиг захищати живці від передчасного початку росту, покриваючи їх снігом і соломою.

У випадку використання при створенні енергетичних плантацій садильних машин, що розрізають пагони на живці безпосередньо у процесі садіння, садивним матеріалом можуть слугувати пагони. Транспортування і зберігання пагонів аналогічне з живцями, але пагони менше пересихають і менше пошкоджуються хворобами.

Безпосередньо перед садінням живців проводиться **передсадивний обробіток ґрунту**, спрямований на максимальне збереження вологи, прогрівання ґрунту, знищення бур'янів, створення оптимальних умов для приживання і подальшого росту живців, забезпечення дрібногрудкуватого стану верхнього шару ґрунту.

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

При створенні енергетичних плантацій верби живців висаджують вертикально (дозволяється незначний нахил), з таким розрахунком, щоб вони виступали над поверхнею ґрунту на 2 см. Найчастіше на 1 га висаджують 15 тис. живців, а садіння відбувається двома спареними рядками з відстанню між ними 0,75 м, міжряддями 1,50 м, та відстанню між живцями в рядку 0,60 м.

Залежно від наявної у господарствах техніки, сировини, яку планується вирощувати, та інших причин, схема розміщення садивних місць і початкова густота плантацій може бути різною.

За якісного і глибокого обробітку ґрунту садіння можна виконувати застромлюванням живців у ґрунт вручну під шнур, або після проведення маркування площі (рис. 2). За такого способу, для створення 1 га плантації з початковою густотою 15 тис. шт./га, необхідно витратити 5–6 людино-днів.



Рис. 2. Ручне садіння живців верби

Для створення плантацій верби на великих площах в Європі розроблено низку спеціальних машин. Одна із них – 4-рядкова садильна машина Energy Planter датської компанії Egedal (рис. 3).

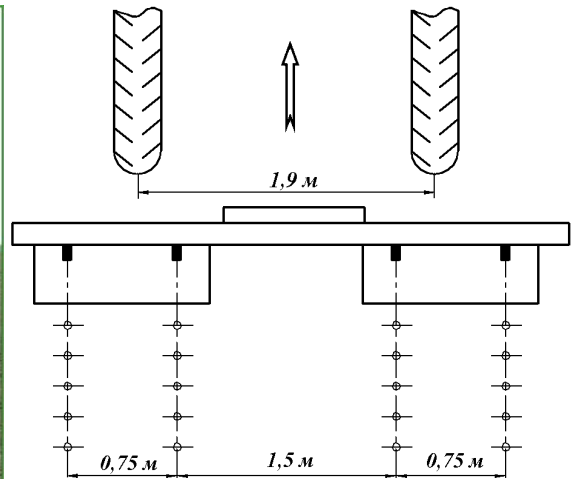


Рис. 3. Машина Energy Planter для садіння живців верби

Вона використовується для садіння живців верби в основному на великих плантаціях (понад 100 га). Важливим є те, що ця машина розрізає прут на живці безпосередньо під час садіння, що забезпечує високий відсоток їх приживання. Продуктивність машини в середньому 2,5 га за годину, що дає можливість за світловий день засаджувати живцями верби до 30 га. Машина висаджує живці за схемою 1,5x0,75 м.

У місцях пропусків, пов'язаних з огріхами під час садіння та відпадом посаджених живців, необхідно проводити доповнення плантацій за допомогою меча Колесова. Його доцільно проводити, якщо частка пропусків та рослин, що відпали, перевищує 15%.

2.1.5. Догляд за енергетичними плантаціями верби

Догляд за енергетичними плантаціями верби включає такі технологічні операції:

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

За плантаційного вирощування енергетичної фітомаси верби зазвичай застосовується комбінована система її захисту від бур'янів. Вона особливо доцільна на площах з високим рівнем насіння бур'янів

у ґрунті та за умови недостатнього рівня матеріально-технічного забезпечення. Ця система передбачає обов'язкове внесення в ґрунт гербіцидів, що діють у вологому ґрунті через кореневу систему, і проведення наступних обприскувань сходів.

Найбільш складно контролювати комплекс дводольних видів бур'янів, тому основну увагу при виборі ґрунтових гербіцидів необхідно приділяти протидводольним препаратам.

Головне завдання гербіцидів – забезпечити необхідний захист посівів від бур'янів до моменту, коли пагони верби сягають висоти, більшої за висоту бур'янів.

Одразу після садіння живців верби (до їх проростання) застосовують ґрунтовий гербіцид СТОМП з нормою внесення 5 л/га. Посходові обприскування доцільно починати при появі бур'янів. Перший обробіток плантацій верби проводять у фазі сім'ядоль у бур'янів, застосовуючи гербіцид Пантера 40 з нормою внесення 2 л/га. За появи нової хвилі ярих видів дводольних і злакових бур'янів обробку плантації такою ж дозою цього гербіциду доцільно повторити. На цей час рослини верби повинні мати не менше чотирьох-п'яти листків. Обприскування грамініцидами проводять незалежно від фаз розвитку рослин верби (приблизно у травні). Комплекс захисту плантацій від бур'янів, за чіткого дотримання регламентів роботи з гербіцидами, не дає побічних ефектів.

Наземне обприскування проводять у суху погоду за швидкості вітру до 5 м/с і температури повітря не вище 24°C і не нижче 15°C. У 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 $\pm 5\%$.

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 восків, які серйозно перешкоджають проникненню гербіцидів у тканини і провідні системи листків і стебел. Все це необхідно враховувати при визначенні доз внесення гербіцидів.

Механізовані роботи після внесення гербіцидів можна проводити лише на четвертий день, а ручні – на восьмий день після обприскування. На важких ґрунтах, де легко утворюється ґрунтова кірка, необхідно проводити міжрядні розпушування навіть коли вони знижуватимуть захисну дію гербіцидів. На ґрунтах, щільність яких не перевищує $1,1\text{--}1,2\text{ г/см}^3$, міжрядні розпушування не проводять, щоб не спровокувати появу нової хвилі сходів бур'янів [12].

Механізований догляд за ґрунтом має за мету знищення бур'янів, поліпшення аерації ґрунту і затримання в ньому вологи. Особливо важливе місце він відіграє у випадку заборони використання гербіцидів. Кількість доглядів за вегетаційний період залежить від зараженості плантації насінням та кореневищами бур'янів, лісорослинних умов, погоди, а також від віку насадження. За перший вегетаційний період рекомендується проводити не менше п'яти доглядів [12, 14, 22, 31, 33, 34, 35].

У наступні роки кількість доглядів зменшується і проводяться вони по мірі необхідності. Приблизно з четвертого року вирощування догляди зводяться до одноразового механізованого догляду, що проводиться навесні, поки не відросли пагони в зрізаних в осінньо-зимовий період рядах. Глибина обробітку ґрунту при перших доглядах – 4–5 см, при подальших до 10 см [12]. За незначних обсягів робіт і вузьких міжряддях (близько 1 м) можна застосовувати мотокультиватори. За допомогою останніх можна також проводити обробіток ґрунту.

Ручні догляди проводять на перший, рідше – на другий рік вирощування, кількість їх залежить від забур'янення ґрунту плантацій.

Заходи захисту плантацій верби від шкідників. За високої заселеності плантацій верб листогризучими комахами, такими як вербовий шовкопряд-листовійка, вербова хвилівка та інші, засоби захисту полягають у застосуванні хімічних, біологічних або гормоноподібних препаратів, дозволених для використання, з урахуванням площі вогнищ, екологічної ситуації та особливостей економічної доцільності. У роки масового розмноження листоїдів плантації обприскують інсектицидами типу амбуш, 25 %-й концентрат емульсії у дозі 0,02–0,04 кг/га; децис, 2,5 %-й к.е. у дозі 0,4 кг/га; карбофос, 50 %-й к.е. у дозі 1,5 кг/га тощо.

Суцільне внесення в ґрунт інсектицидів, як засіб ліквідації личинок хруща або зниження їх чисельності до безпечного рівня, рекомендується для найбільш активних вогнищ з середнім числом личинок у лісовій і лісостеповій зонах більше 5 шт. на 1 м² старшого віку або 8 – молодшого. Внесення інсектицидів у ґрунт здійснюється одночасно з суцільною оранкою за допомогою пристроїв для висіву насіння у плужні борозни, дозаторів ґрунтових інсектицидів, культиваторів-рослинопідживлювачів тощо. Для цих цілей рекомендуються гранульовані: базудин (діазинон) 10 %-й, з витратою 25–35 кг/га; волатон (фоксим) 5%-й – 30–50 кг/га(максимальна витрата при кількості личинок більше 10 шт./м²).

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 однієї 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.

За замочування 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 протягом 30 і більше днів.

Захист молодих плантацій від личинок травневого хруща здійснюється шляхом внесення вищеназваних гранульованих інсектицидів у борозни уздовж рядів рослин з розрахунку 40 кг/га. Оптимальний термін внесення – червень, коли личинки хруща знаходяться у верхніх шарах ґрунту.

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

У роки масових розмножень вербової горностаєвої молі у період виходу гусениць із мін необхідна обробка рекомендованими інсектицидами або біопрепаратами. Насадження, розміщені в заплавах поблизу річок і озер, необхідно обробляти лише біопрепаратами. Проти павутинного кліща застосовують рекомендовані препарати акарицидної дії для дерев'янистих рослин.

Проти мишоподібних гризунів та капустянки застосовують розкладання отруєних приманок з фосфідом цинку (3–5 %).

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 [35]. Бажано 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 загрозі сильного ураження іржею та цитоспорозами рекомендується проводити обприскування рослин фунгіцидами у рекомендованих для багаторічних насаджень нормах витрати за допомогою авіації.

Верби також можуть уражуватись 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 листків, другу – через 10–12 днів.

Одним із дієвих заходів боротьби з ервінією та іншими бактеріальними і грибовими хворобами (за незначних обсягів) є своєчасне виявлення хвороби, видалення уражених і прилеглих до осередку рослин, з обов'язковим корчуванням пнів і подальшим їх спалюванням.

У перший рік вегетації з живця виростає 1–3 пагони заввишки 1–2 м і завтовшки 7–15 мм. Впродовж осінньо-весняного періоду їх зрізують на висоті 2–5 см вручну або за допомогою механічних засобів для утворення у рослин більшої кількості пагонів. Завдяки цьому заходу протягом другого вегетаційного періоду кількість пагонів зростає до шести і більше, при чому заввишки вони досягають 2,5 метра, а завтовшки – 13–50 мм. За третій рік рослини

досягають вже 5,5 м заввишки і 80 мм завтовшки, а за четвертий висота пагонів досягає 6 метрів, а товщина – 100 мм.

2.1.6. Заготівля деревної маси на енергетичних плантаціях верби

Заготівля деревної маси на енергетичних плантаціях проводиться після закінчення вегетації, як правило, з листопада до березня. Циклічність збору урожаю – через кожні 2–4 роки.

Цю операцію можна виконувати різними способами, але основними є заготівля деревної маси з одночасним подрібненням її на тріску (рис. 4), або з формуванням зі зрізаних пагонів тюків або снопів (рис. 5).



Рис. 4. Заготівля вербової енергетичної сировини з подрібненням її на тріску

Заготівлю біомаси бажано проводити у період, коли ґрунт на плантації замерзлий. У цьому випадку коренева система кущів міцно утримується у ґрунті і не відбувається висмикування рослин під час роботи агрегату.



а)



б)

Рис. 5. Заготівля енергетичної сировини з формуванням тюків (а) і снопів (б)

За незначних обсягів заготівлі фітомаси, а особливо – за однодворічних пагонів у якості садивного матеріалу, її зрізують за допомогою мотокущорізів, що на даний час досить популярні у системі лісового господарства (рис. 6).



Рис. 6. Заготівля енергетичної фіто маси верби мотокущорізом «Shtihl»

2.1.7. Рекультивація плантацій

Після закінчення терміну експлуатації енергетичних плантацій верби (через 20–25 років від моменту створення) землі, на яких вони зростали, підлягають рекультивації для створення наступних насаджень верби або для вирощування традиційних сільськогосподарських чи лісових культур. Оскільки плантаційне вирощування вербової енергетичної сировини передбачає часте зрізування надземної частини кущів, верби формують відносно неглибокі кореневі системи, які легко видаляються за допомогою спеціальних культиваторів (рис. 7).



Рис. 7. Машина «Destroyer», призначена для рекультивації насаджень верби

Як показує практика європейських фермерів, рекультивація земель після завершення вирощування енергетичних плантацій верби не спричинює особливих труднощів.

2.2. Технологія вирощування енергетичних плантацій тополі

Рід тополя (*Populus* L.) належить до родини вербових (Salicaceae). Рослини цього роду природно зростають у різних кліматичних зонах північної півкулі, де налічується близько 110 її видів, за винятком гібридних форм [51,56]. Це дводомні вітрозапильні дерева, що легко схрещуються і утворюють природні гібриди. Завдяки легкому вегетативному розмноженню утворені форми чи різновидності швидко закріплюються [56].

Для вирощування енергетичної біомаси в основному використовують види і сорти двох секцій: чорні тополі (*Aigeiros* Duby) та бальзамічні тополі (*Tacamahaca* Spach). Найбільше поширення отримали євроамериканські гібриди чорних тополь (*Populus* × *euramericana* (Dode) Guinier).

Основними агротехнічними заходами при створенні насаджень тополі є: вибір місця під плантацію, сорту та садивного матеріалу, обробіток ґрунту, сезон і спосіб садіння, догляд за ґрунтом, удобрення ґрунту та захист плантацій від шкідників і хвороб. Зважаючи на те, що у тополі, як і у верби, після зрізання вирощеної сировини з порослі можна формувати кілька наступних генерацій плантації, важливу роль у підтриманні високої продуктивності і стійкості таких енергетичних насаджень відіграють також способи і терміни заготівлі деревної маси.

2.2.1. Вибір місця для створення плантацій та обробіток ґрунту

Сприятливими для зростання тополь є багаті на поживні речовини ґрунти, добре забезпечені вологою та повітрям. Необхідно брати до уваги, що найбільші вимоги до ґрунту ставлять євроамериканські тополі. Вони більш придатні для вирощування на важких ґрунтах, а тополя біла (*Populus alba* L.) та чорна (*Populus nigra* L.) – на супіщаних та суглинкових ґрунтах.

Перспективи розвитку плантаційного вирощування деревної

маси значною мірою пов'язані з сільськогосподарськими невгіддями, які передаються під заліснення.

Швидкий ріст тополі в молодому віці вимагає застосування для її вирощування виключно високої агротехніки створення і вирощування [55]. При створенні плантацій доцільно проводити обробіток ґрунту за системою чорного або сидерального пару. На нелісових землях, після обробітку ґрунту, в рядах майбутніх культур необхідно проводити також глибоке безполицеве розпушення підґрунтя [59]. Підготовлений під посадку ґрунт повинен бути дрібно-грудкуватої структури, без брил, що при механізованому садінні є необхідною умовою нормальної роботи лісосадильної машини [55].

Підготовка ґрунту включає також вапнування, потреба у якому виникає у тому випадку, коли показник рН (KCl) менший, ніж 4,5. Для вапнування доцільно використовувати доломітове борошно, сланцевий попіл, дефека́т тощо. При вапнуванні слід виходити з того, що для зниження кислотності ґрунту на одну одиницю рН на легкосуглинкових ґрунтах потрібно 3–4 т/га, а на суглинкових та торф'янистих – 4–6 т/га CaCO_3 . Вапнування здійснюють перед проведенням обробітку ґрунту [59].

2.2.2. Садивний матеріал тополі

Ріст і розвиток культур тополі в значній мірі залежить від виду садивного матеріалу. При створенні міні-ротаційних енергетичних плантацій віддають перевагу висаджуванню на постійне місце зимових (здере́в'янілих) живців. При формуванні енергетичних плантацій з тривалим періодом ротації доцільно використовувати саджанці вегетативного та насінного походження [54, 56, 57].

Живці для створення міні-ротаційних плантацій доцільно нарізати з однорічних пагонів, що вирощені на спеціальних маточних плантаціях. Їх оптимальна довжина – 20–30 см, а діаметр у верхньому зрізі 4–15 мм [61]. Під час нарізання живців бажано утримуватися від

використання верхівкової частини пагона [59,61].

Проведена нами оцінка продуктивності 8-річних маточних плантацій тополь показала, що при створенні маточних плантацій за схемою 1х1 м можна отримати значну кількість стандартних однорічних живців (табл. 3).

Плантації тополь з тривалим циклом вирощування доцільно створювати живцевими та насінними 1–2-річними саджанцями. В Італії, Румунії та в низці інших державтакож широко використовують барбатели – саджанці з дворічним стовбуром і трирічною кореневою системою [55, 66].

Таблиця 3

Вихід стандартних однорічних живців з маточних плантацій тополі

№ п/п	Назва сорту	Належність до виду	Вихід живців, млн шт./га
1	'Ijzer-5'	<i>Populus × euramericana</i>	0,95
2	'Ghoy'	<i>Populus nigra</i> L.	0,54
3	'Dorskamp'	<i>Populus × euramericana</i>	0,65
4	'Gelrica'	<i>Populus × euramericana</i>	0,57
5	'Heidemij'	<i>Populus × euramericana</i>	0,72
6	'Marilandica'	<i>Populus × euramericana</i>	0,61
7	'Robusta'	<i>Populus × euramericana</i>	0,97
8	'Blanc du Poitou'	<i>Populus × euramericana</i>	0,95
9	'Serotina'	<i>Populus × euramericana</i>	0,94
10	'Tardif de Champagne'	<i>Populus × euramericana</i>	0,67
11	'I-45/51'	<i>Populus × euramericana</i>	0,57
12	'I-214'	<i>Populus × euramericana</i>	0,97
13	'Vereecken'	<i>Populus nigra</i> L.	1,81
14	'San Giorgio'	<i>Populus nigra</i> L.	1,27
15	'V-235'	<i>Populustrihocarpa</i> Torr. et Grey	0,56
16	'Rochester'	<i>P. nigra × P. Maximowiczii</i>	1,10

2.2.3. Створення плантацій тополі

Оптимальними способами створення плантацій тополі є пізньоосіннє садіння із заготівлею садивного матеріалу безпосередньо перед посадкою та ранньовесняне садіння із заготівлею живціву кінці періоду зимового спокою (до початку сокоруху). До позитивних сторін першого з них належать швидший початок росту, повніше використання ґрунтової вологи, можливість проводити посадку не в стислі строки, відсутність затрат на зберігання посадкового матеріалу, а до негативних – ризик висушування, вимерзання і витискання садивного матеріалу з ґрунту в малосніжні зими. При весняному садінні цієї небезпеки немає, але виникає необхідність зберігання живців протягом 1–1,5 місяця і скорочується оптимальний термін створення плантацій [60].

Ділянки з високим рівнем ґрунтових вод слід засаджувати восени, коли він найнижчий. Висаджувати живці потрібно вертикально, або, за надмірного зволоження, – під кутом на всю їх довжину. За осіннього садіння їх доцільно заглиблювати на кілька сантиметрів від поверхні або присипати ґрунтом на 3–4 см. Корисними ці заходи вважаються також і при весняному садінні [54].

Висаджування живцевих саджанців, залежно від їх розмірів і обсягів робіт, проводять під лопату або у підготовлені механізованим способом (ямокопачами, мотобурами тощо) лунки, заглиблюючи кореневу шийку на 10–15 см нижче від поверхні ґрунту. Ґрунт біля висадженого садивного матеріалу необхідно ретельно ущільнити [66].

В умовах недостатнього зволоження, перед садінням живцевих саджанців, у лунки доцільно вносити суперабсорбенти – речовини, здатні утримувати велику кількість вологи і віддавати її рослинам протягом вегетаційного періоду. Одним із найбільш апробованих суперабсорбентів в Україні на даний час є теравет (Terawet) – полімерна сполука на основі калію [62]. На один живцевий саджанець доцільно вносити близько 3 г теравету, що на 5–10% підвищує

приживленість, і в 1,2–1,5 раза збільшує інтенсивність росту. Якщо на час садіння ґрунт недостатньо забезпечений вологою, то саджанці після садіння необхідно полити [47,62]. Вищий ефект від внесення суперабсорбенту можна отримати на легких неструктурованих ґрунтах, які погано утримують вологу [47].

При створенні міні-ротаційних енергетичних плантацій на великих площах використовують спеціальні садильні машини. Невеликі ділянки засаджують вручну, використовуючи при цьому садильний штир або вузький меч Колесова.

Для умов України доцільно вибирати такі схеми розміщення садивних місць (табл. 2). В залежності від наявної у господарстві техніки і застосованої технології вирощування енергетичних плантацій розміщення садивних місць може відрізнятися від запропонованого у таблиці 4.

Таблиця 4

**Орієнтовне розміщення садивних місць
при створенні енергетичних плантацій тополь**

Вид плантацій	Цикл заготівлі біомаси, років	Відстань між рослинами		Кількість рослин, тис. шт./га
		між рядами, м	у ряду, м	
Міні-ротаційні плантації	1	0,7	0,40–0,70	20,4–35,7
	2	0,8	0,40–0,80	15,6–31,3
	3	1,0	0,30–1,00	10,0–33,3
	4	2,0	0,50–1,00	5,0–10,0
	5	2,5	0,40–1,00	4,0–10,0
Плантації з тривалим періодом ротації	10	2,0–2,5	2,0–3,0	1,3–2,5
	15	3,0	2,0–3,0	1,1–1,7
	20	3,5	2,0–3,5	0,8–1,4
	25	4,0	2,0–4,0	0,6–1,3

Доповнення (ремонт) плантацій проводиться за відпаду 15% рослин і більше. Восени або навесні, після закінчення першого вегетаційного періоду, у місцях відпаду перекопують ґрунт і висаджують новий живець чи саджанець [59].

Як уже відзначалось, оптимальними для отримання

максимального ефекту від вирощування енергетичної тополі є умови, що сформувались у середній частині заплав річок [63]. Результати хімічного аналізу ґрунту на одній з таких ділянок показали, що у верхньому 30-сантиметровому шарі ґрунту міститься: гумусу – 4,3%, P_2O_5 – 6,7 мг·на 100 г, K_2O – 6,5 мг, азоту лужногідролізованого – 20,8 мг. Зважаючи на те, що в цих умовах відзначається інтенсивний ріст тополевих плантацій, такий хімічний склад ґрунту можна вважати оптимальним для вирощування на ньому енергетичних плантацій і в позазаплавних умовах.

При періодичному зрізанні деревної маси і видаленні її з плантації, виноситься значна кількість поживних речовин. Для відновлення родючості плантації їх необхідно повертати у ґрунт [55]. Кількість макроелементів, необхідних для відновлення родючості 1 га ґрунту, після отримання урожаю в кількості 10 т свіжозрізаної енергетичної маси, приблизно становить: NO_3^- – 42 кг, K_2O – 25 кг, P_2O_5 – 15 кг і CaO – 45 кг [64].

За даними британських дослідників (Parfitt, Stott [67]), чотириразове збільшення вмісту фосфору, азоту і калію в добривах збільшило урожай відповідно на 150, 100 і 75%, збільшення ж кількості магнію не дало помітних результатів. При цьому дія мінеральних добрив була більш відчутною наступного року.

Дослідженнями, проведеними у Швеції встановлено, що при низькій концентрації азоту в субстраті у сіянців тополі відзначається ріст переважно кореневої системи, а при високій – надземної частини [65]. Оскільки на першому році вирощування важливо, щоб живці і саджанці добре укоренились, то висока концентрація азоту в ґрунті небажана.

На бідних ґрунтах під садіння енергетичних плантацій тополі потрібно внести необхідну кількість торфу і гною. Зокрема, на середніх суглинках оптимальна кількість внесення торфу – 150 т/га, гною – 25–40 т/га, залежно від наявності поживних речовин у ґрунті [51]. Надалі внесення добрив слід проводити одночасно з доглядом за ґрунтом [58, 59]. Основну їх масу необхідно вносити перед першим

доглядом, а частину бажано залишити для внесення перед періодом найбільш інтенсивного росту. Це в основному стосується азотних добрив, оскільки вони швидко вивітрюються з ґрунту, а в період інтенсивного росту є найбільш необхідними для рослин [58, 59]. За нашими спостереженнями цей період настає в кінці травня – на початку червня.

2.2.4. Агротехнічний догляд за енергетичними плантаціями тополі

Для енергетичних плантацій тополь у перші роки важливо не обмежуватися проведенням доглядів лише у міжряддях, слід його проводити також і в рядах культур. Кількість доглядів за вегетаційний період залежить від забур'яненості, лісорослинних умов, а також від віку насадження [49, 50]. Орієнтовно, за перший вегетаційний період рекомендується проводити не менше п'яти доглядів [49, 50]. У наступні роки кількість доглядів зменшується і проводяться вони у міру необхідності. Глибина обробітку ґрунту при перших доглядах – 4–5 см, при подальших – до 10 см [64].

Застосування гербіцидів для боротьби з бур'янами не у всіх регіонах України можливе, оскільки частина території зазнала радіаційного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС і застосування пестицидів на ній заборонено. У регіонах, де застосування хімічних засобів боротьби з небажаною рослинністю не заборонене, за необхідності можна рекомендувати використання препаратів системної дії на основі гліфосату (раундап, ураган, вулкан та інші). Дози їх внесення становлять в межах 4–8 літрів на 1 га. Препарати у вигляді водних розчинів вносяться на листки і пагони вегетуючих рослин. При цьому необхідно не допускати попадання гербіциду на рослини вирощуваної культури.

Лісівничий догляд у плантаціях має за мету видалення з насадження хворихта відсталих у рості екземплярів для забезпечення сприятливих умов росту і розвитку здорової частини насадження. У

короткоротаційних плантаціях тополі доглядів рубання не проводяться, оскільки пошкоджені і заражені шкідниками і хворобами рослини систематично видаляються з насадження одночасно з проведенням заготівлі біомаси [59].

За культивування плантацій з тривалою ротацією, для захисту від бур'янів і підвищення інтенсивності росту, в широких міжряддях (3–10 м) у перші роки вирощують просапні сільськогосподарські культури або тіневитривалі дерева чи кущі, що особливо часто практикується у країнах Західної Європи [55, 66].

Заготівлю вирощеної сировини проводять у період зимового спокою. Середні і грубі сортименти заготовляють за допомогою бензопил або спеціальних звальювальних машин. Дрібні сортименти зрізають вручну за допомогою спеціальних ножів, секаторів або мотокущорізів [55]. У Західній Європі створені спеціальні комбайни, що використовуються для зрізування і переробки деревної маси на енергетичних вербових та тополевих плантаціях.

Щорічне зрізання надземної частини плантацій найчастіше використовується на маточних плантаціях. Цикл рубання міні-ротаційних енергетичних плантацій тополь на енергетичну масу становить 2–5 років, а плантацій з тривалим періодом ротації – 10–25 років.

З вегетативного поновлення на зрубках таких плантацій доцільно формувати ще одну-дві генерації [63]. Встановлено, що в умовах Нижньодніпров'я, після зрізання 10-річної плантації тополі Торопогрицького [48], для формування високопродуктивної другої генерації плантації доцільно залишати по 2–5 порослевих пагонів на один пень. При цьому, у віці 13–17 років такі насадження мають запас стовбурової деревини на рівні 440–670 м³/га, що становить від 160 до 245 абсолютно сухої біомаси.

Список використаних джерел

1. Бабенко В.В. Влияние ростовых веществ на приживаемость и рост одревесневших черенков некоторых видов кустарниковых ив в открытом грунте / В.В. Бабенко, Я.Д. Фучило // Совершенствование ведения лесного и защитного лесоразведения: Сб. науч. Тр. УСХА. – Киев: Изд-во УСХА, 1988. – С. 39-44.
2. Вісман Д. Розведення кошикової лози / Д. Вісман. – Харків: Рад. селянин, 1930. – 55 с.
3. Гелету́ха Г.Г. Бар'єри для розвитку біоенергетики в Україні. Частина 1 / Г.Г. Гелету́ха, Т.А. Желєзна // Промислова теплотехніка. – 2013, Т. 35, № 4. – С. 63-71.
4. Гелету́ха Г.Г. Бар'єри для розвитку біоенергетики в Україні. Частина 2 / Г.Г. Гелету́ха, Т.А. Желєзна // Промислова теплотехніка. – 2013, Т. 35, № 5. – С. 43-47.
5. Гелету́ха Г.Г. Енергетичний та екологічний аналіз технологій виробництва енергії з біомаси. Аналітична записка / Г.Г. Гелету́ха, Т.А. Желєзна, О.І. Дроздова. – БАУ № 8, 2014 <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-8-ua.pdf>
6. Гелету́ха Г.Г. Перспективи виробництва електричної енергії з біомаси в Україні / Г.Г. Гелету́ха, Т.А. Желєзна, Є.М. Олійник, А.І. Гелету́ха // Промислова теплотехніка. – 2013, Т. 35, № 6. – С. 67-75.
7. Гелету́ха Г.Г. Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні / Г.Г. Гелету́ха, Т.А. Желєзна, Є.М. Олійник // Промислова теплотехніка. – 2013, Т. 35, № 5. – С. 48-57.
8. Геоботанічне районування Української РСР. – Київ: Наук. думка, 1977. – 302 с.
9. Гордієнко М.І. Чагарникові верби рівнинної частини України / М.І. Гордієнко, Я.Д. Фучило, А.Ф. Гойчук. – К.: ІАЕ УААН, 2002. – 174 с.
10. 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>

11. ДСТУ ISO 14040:2004 Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура (18014040:1997, IDT).

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>

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

13. 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>

14. Кобезський М.Д. Лоза, її господарське значення і розведення / М.Д. Кобезський . – Київ-Харків: ДВКРЛ УСРР, 1936. – 66 с.

15. Кравцов Н.С. Использование заболоченных почв в поймах рек УССР для выращивания высокопродуктивных насаждений ивы белой / Н.С. Кравцов // Лесоводство и агролесомелиорация. – 1965. – Вып. 5. – С. 71-79.

16. Кузнецова А. Виробництво пелет в Україні: прибутковий варіант сталого розвитку? / А. Кузнецова [Електронний ресурс]. – [file:///C:/Documents%20and%20Settings/Admin/%D0%9C%D0%BE%D0%B8%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/Downloads/PP37_Pellets_UKR_f%20\(1\).pdf](file:///C:/Documents%20and%20Settings/Admin/%D0%9C%D0%BE%D0%B8%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/Downloads/PP37_Pellets_UKR_f%20(1).pdf)

17. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року. <http://saee.gov.ua/documents/NpdVE.pdf>

18. Никитин И.А. Некоторые вопросы выращивания тополей / И.А. Никитин, И.И. Полубояринов, Н.И. Ониськив // Пути повышения продуктивности лесов. – Киев: Урожай, 1965. – С. 106-115.

19. Новітні технології біоенергоконверсії / [Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетука, І.П. Григорюк та ін.]. – К: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 326 с.

20. Ониськів Н.И. Агротехника вирощування культур тополя в Полес'є і Лесостепі УРСР / Н.И. Ониськів // Лесовирощування і лесовозобновлення. – 1965. – № 1. – С. 15-18.

21. Ониськів М.І. Особливості створення плантацій швидкорослих деревних порід / М.І. Ониськів, Я.Д. Фучило, М.В. Сбитна // Наук. вісн. НАУ. – 1999. – Вип. 20. – С. 81-87.

22. Ониськів М.І. Плантаційне вирощування деревини для потреб целюлозно-паперової промисловості / М.І. Ониськів, Я.Д. Фучило, М.В. Сбитна // Наук. вісн. УкрДЛТУ. – 2000. – Вип. 10.1. – С. 147-153.

23. Орлов О.М. Вирощування чагарникових верб – на промислову основу / О.М. Орлов, В.І. Порва, В.Б. Лісовський // Ліс. журн. – 1994. – № 6. – С. 17-18.

24. Плантаційне вирощування деревної сировини для потреб целюлозно-паперової та інших галузей промисловості. Методичні рекомендації/М.І. Ониськів, Я.Д. Фучило, М.В. Сбитна, В.Б. Логгінов, А.М. Бобко. – К.: ВЦ НАУ, 2003. – 53 с.

25. Порва В.І. Застосування гербіцидів при вирощуванні чагарникових верб на промислових плантаціях / В.І. Порва, В.Б. Лісовський // Лісоводство і агролісомеліорація. – Київ: Урожай, 1995. – Вип. 90. – С. 55-59.

26. Постанова НКРЕ «Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію» (№ 567 від 30.04.2014) <http://www.nerc.gov.ua/?id=10756>

Режим доступу: [file:///C:/Documents%20and%20Settings/Admin/%D0%9C%D0%BE%D0%B8%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/Downloads/PP37_Pellets_UKR_f%20\(1\).pdf](file:///C:/Documents%20and%20Settings/Admin/%D0%9C%D0%BE%D0%B8%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/Downloads/PP37_Pellets_UKR_f%20(1).pdf)

27. 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>

28. Саутин В.И. Выращивание и комплексное использование ивы / В.И. Саутин, П.Н. Райко, В.Н. Воробьев. – Минск: Ураджай, 1986. – 51 с.

29. Сидоров А.И. Таннидные ивы / А.И. Сидоров. – Москва: Лесн. пром-сть, 1978. – 119 с.

30. Статистичний щорічник України за 2012 рік. Видання Державної служби статистики України, 2013.

31. Фучило Я.Д. Біологічні та технологічні основи плантаційного лісовирощування / Я.Д. Фучило, М.І. Ониськів, М.В. Сбитна. – К.: ННЦ ІАЕ, 2006. – 394 с.

32. Фучило Я.Д. Перспектива застосування видів роду *Salix* L. для створення енергетичних плантацій в Україні / Я.Д. Фучило, М.В. Сбитна, Д.Ф. Деркач // Український фітоценологічний збірник, випуск 25, серія С Фітоєкологія. 2007. – С. 97–102.

33. Фучило Я.Д. Створення та вирощування енергетичних плантацій верб і тополь. Науково-методичні рекомендації / Я.Д. Фучило, М.В. Сбитна, О.Я. Фучило, В.М. Літвін. – К.: Логос, 2009. – 80 с.

34. Фучило Я.Д. Плантаційне лісовирощування: теорія, практика, перспективи. – К.: Логос, 2011. – 464 с.

35. Фучило Я.Д. Вербни України: біологія, екологія, використання: монографія. Видання друге, виправлене і доповнене / Я.Д. Фучило, М.В. Сбитна. – К.: ЦП «Компринт», 2017. – 259 с.

36. Шестакова А.В. Инструкция по созданию промышленных ивовых плантаций / А.В. Шестакова. – Киев: УкрНИИместпром, 1976. – 79 с.

37. Alakangas E. 1999. Production Techniques of Logging Residue Chips in Finland / E. Alakangas, T. Sauranen, T. Vesisenaho // Training Manual. ENE39/TOO39/99. AFB- net IV and BENET. 83 p.

38. 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
39. 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.
40. EU Energy in Figures. Publication of European Commission, 2013 http://ec.europa.eu/energy/publications/doc/2013_pocketbook.pdf
41. 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.
42. Francesco Cherubini. Life cycle assessment of bioenergy systems: State of the art and future challenges / Francesco Cherubini, Anders Hammer Strømman. // Bioresource Technology, N 102, 2011, P. 437-451. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085241001360> X (Abstrac)
43. Hakkila, P. & Fredriksson, T. 1996. Metsämme bioenergian lahteena. Metsäntutkimuslaitos ja Puumäärä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 613. 92 s. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/other_documents
44. Solid Biomass Barometer. EurObserv'ER, December 2012. <http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro212biomass.pdf>
45. Solid Biomass Barometer. EurObserv'ER, December 2013. http://www.energiesrenouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ_baro219_en.pdf

46. Finnish Forest Research Institute. 69. European Bioenergy Outlook. AEBIOM, 2013 <http://www.aebiom.org/blog/aebiom-statistical-report-2013/>

47. Вплив суперабсорбентів на укорінення живців і ріст живцевих саджанців чорних тополь / [Я. Д. Фучило, М. В. Сбитна, В. М. Літвін та ін.] // Лісівництво і агролісомеліорація. – Харків: УкрНДІЛГА, 2009. – Вип. 116. – С. 153–157.

48. Головчанский И. Н. Тополь Торопогрицкого – быстрорастущий гибрид / И. Н. Головчанский, А. И. Коваленко // Лесоводство и агролесомелиорация. – 1974. – Вып. 38. – С. 40–47.

49. Гордієнко М. І. Лісові культури / Гордієнко М. І., Корецький Г. С., Маурер В. М. – К.: Сільгоспосвіта, 1991. – 320 с.

50. Ониськів М. І. Особливості створення плантацій швидкорослих деревних порід / М. І. Ониськів, Я. Д. Фучило, М. В. Сбитна // Науковий вісник НАУ. – Вип. 20. – 1999. – С. 81–87.

51. Ониськів М. І. Плантаційне вирощування деревини для потреб целюлозно-паперової промисловості / М. І. Ониськів, Я. Д. Фучило, М. В. Сбитна // Науковий вісник УкрДЛТУ. – Вип. 101 – 2000. – С. 147–153.

52. Особливості ведення лісового господарства у приміських лісах [науково-методичні рекомендації] / [В. О. Рибак, Я. Д. Фучило, М. І. Ониськів та ін.]. – К. : ВП НАУ «Боярська лісова дослідна станція», 2008. – 85 с.

53. Особливості росту деяких гібридних форм тополі у Київському Поліссі / Я. Д. Фучило, М. В. Сбитна, В. М. Літвін [та ін.] // Наук. вісн. НАУ. – 2007. – Вип. 113. – С. 92–96.

54. Павленко Ф. А. Размножение тополей / Павленко Ф. А. – Москва: Сельхозгиз, 1960. – 64 с.

55. Плантаційне вирощування деревної сировини для потреб целюлозно-паперової та інших галузей промисловості: методичні рекомендації / [М. І. Ониськів, Я. Д. Фучило, М. В. Сбитна та ін.]. – К. : ВП НАУ «Боярська лісова дослідна станція», 2008 – 85 с.

56. Редько Г. И. Биология и культура тополей / Редько Г. И. –

Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. – 175 с.

57. Русина Л. М. Выращивание селекционного посадочного материала на маточных плантациях / Л. М. Русина // Интенсиф. выращивания лесопосадоч. матер. тез.докл. Всерос. науч.-практ. конф. Йошкар-Ола 11-13 сент., 1996. – Йошкар-Ола, 1996. – С. 76–77.

58. Справочник по удобрениям в лесном хозяйстве / Под ред. В. С. Побудова. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 174 с.

59. Створення та вирощування енергетичних плантацій верб і тополь [науково-методичні рекомендації] / Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Фучило О. Я., Літвін В. М. – К.: ВП НУБіП «Боярська лісова дослідна станція», 2009. – 80 с.

60. Субоч Г. Н. Укоренение черенков тополей и ив в зависимости от сроков посадки / Г. Н. Субоч // Лесные культуры: Матер. науч.-тех. конф. ЛЛТА им. Кирова. – Ленинград. – 1968. – С. 50–54.

61. Субоч Г. Н. Влияние длины черенка ив и тополей на их укоренение и рост побегов / Г. Н. Субоч // Лесные культуры : Науч. труды ЛЛТА им. Кирова. – Ленинград. – 1970. – № 120. – С. 73–78.

62. «Теравет» – кристаллы дарящие жизнь / Благоустройство территорий. – К. : ЧП «Издательство Аврора Принт», 2006. – № 4-5. – С. 94–97.

63. Фучило Я. Д. Біологічні та технологічні основи плантаційного лісовирощування / Фучило Я. Д., Ониськів М. І., Сбитна М. В. – К. : ННЦ ІАЕ, 2006. – 394 с.

64. Фучило Я.Д. Біологічні, екологічні та технологічні аспекти плантаційного вирощування тополі в умовах Київського Полісся /Фучило Я. Д., Літвін В. М., Сбитна М. В. – К.: Логос, 2012.–214 с.

65. Ericsson T. Effects of varied nitrogen stress on growth and nutrition in three Salix clones / T. Ericsson // Phisiol.Pantarum. – 1981. – 51, № 4. – P. 423–425.

66. Корескы F. Деякі основні питання розведення тополів Угорщині / F. Korovsky // Az Erdo. – 1958., № 2, S. 41–47.

РОЗДІЛ 3.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО

*(Гументик М.Я. к.с.-г наук, с.н.с., Квак В.М. к.с.-г наук,
Кателевський В.М. м.н.с.)*

Міскантус гігантський є однією з основних біоенергетичних багаторічних культур, що вирощується в Україні та світі [4, 5, 10]. Для створення високопродуктивних плантацій (вирощування на одному полі до 25 років з врожайністю сухої біомаси понад 20 т/га) необхідно забезпечити своєчасне та якісне виконання усіх технологічних операцій, починаючи з вибору місця під плантацію і закінчуючи збиранням біомаси. Особливу увагу необхідно приділяти вибору ділянки, якості садивного матеріалу та доглядів перший рік вегетації рослин міскантусу гігантського, тому що від цього залежить кількість та якість біомаси у наступні роки вирощування.

3.1. Вибір місця під плантацію міскантусу гігантського

Щорічна кількість опадів і ґрунтової води сильно впливатиме на врожайність біомаси міскантусу. В процесі вегетації рослини міскантусу гігантеусу потребують близько 700 мм опадів. Його потреба у воді набагато вища, ніж наявні обсяги середньорічних опадів в Україні. Такі великі потреби у воді, попри незначне вживання її на продукування 1 кг сухої маси (близько 250 л), спричинені великим урожаєм біомаси з одиниці площі.

Міскантус володіє хорошою ефективністю використання водних ресурсів, якщо їх розглядати, виходячи з кількості води, необхідної з розрахунку на одиницю біомаси. Коріння може проникати на глибину до 2 м і підтягувати воду [11].

Завдяки біологічним особливостям рослин міскантусу їх рекомендується висаджувати на маргінальних землях. Міскантус гігантський добре адаптований до несприятливих умов вирощування,

зокрема до ґрунтів з підвищеним вмістом солей, при цьому оптимальна кислотність ґрунту повинна становити рН – 6,5...7,5. На ґрунтах з відрегульованим водним режимом і підвищеним вмістом гумусу врожайність міскантусу гігантського підвищується на 20...30% [7, 9].

У Вимогах Сталості, які визначені Директивою ЄС про відновлювальну енергію, зазначено, що політика у сфері біопалива не повинна негативно впливати на наявність продуктів харчування і екологічний стан місцевості [14]. Тому, відповідно до цих вимог, сировина для виробництва біопалива не може вирощуватися на землях з таким статусом:

- землі з високим рівнем біорізноманіття (ліс та лісисті території, заповідні зони, біорізноманітні луки),
- землі з високим вмістом карбону (водо-болотяні угіддя, ліси з визначеним рівнем покриву),
- торфовища.

3.2. Основний обробіток ґрунту

Для вирощування міскантусу гігантського обробіток ґрунту потрібно спрямовувати на створення таких умов, які б забезпечили повні дружні сходи, добрий ріст і розвиток рослин впродовж усього вегетаційного періоду.

Одним із основних завдань обробітку ґрунту є зміна будови і структури стану ґрунту з метою створення найбільш сприятливого водно-повітряного, теплового і поживного режимів ґрунту впродовж усього періоду росту рослин. Крім покращення кругообігу поживних речовин, фізичних, хімічних і біологічних властивостей, якісний обробіток ґрунту сприяє контролю чисельності бур'янів, шкідників і збудників хвороб міскантусу гігантського. Під час загортання добрив і рослинних решток у ґрунт створюються сприятливі умови для якісного садіння, одержання повних і дружніх сходів, і таким чином – для підвищення ефективності всіх інших агротехнічних, хімічних,

біологічних заходів, які проводяться з метою підвищення урожайності біомаси.

Для інтенсивного накопичення вологи та поживних речовин, а також ефективного контролювання забур'яненості, система основного обробітку ґрунту передбачає дискове лушення з наступною глибокою оранкою та культивацією [1].

Дискування виділених під насадження міскантусу гігантського площ проводять боронами або луцильниками (табл. 5). Площі, які тривалий час не були задіяні у вирощуванні сільськогосподарських культур, рекомендується обробляти важкими дисковими боронами типу БДВП-7,2 на глибину 10...12 см. За вирощування міскантусу гігантського (маточного розсадника) на окультурених площах, після збирання попередника слід провести лушення стерні дисковими луцильниками типу ЛДГ-10 на глибину 8...10 см у два сліди перехресним способом з кутом атаки дисків 30...35°. Швидкість руху агрегату 8...12 км/год. Для знищення багаторічних коренепаросткових бур'янів рекомендується за 10...14 днів перед лушенням внести гербіцид суцільної дії.

Глибоку зяблеву оранку проводять через 10...15 днів після лушення оборотними плугами на глибину 28...30 см. Швидкість агрегату на оранці – 5...6 км/год.

На схилових площах, що піддаються вітровій та водній ерозії, головними вимогами до основного обробітку ґрунту є збереження рослинних решток (безполицевий обробіток) або брилистої поверхні поля. При цьому оранку (контурну) слід проводити упоперек схилу, а замість різноглибинного полицевого або одноглибинного безполицевого розпушування ґрунту основний його обробіток проводиться комбінованими знаряддями, які поєднують робочі органи плоскорізного та чизельного типу.

Для вирівнювання поверхні поля, знищення сходів бур'янів та створення сприятливих умов для накопичення вологи у ґрунті в осінньо-зимовий період, через 10-15 днів після оранки необхідно провести суцільну культивацію на глибину 5...7 см [1].

Таблиця 5

**Агрегати для основного обробітку ґрунту під
міскантус гігантський**

Назва	Марка	Агрегуються з тракторами тягового зусилля 14- 20 кН	Ширина захвату, м	Продуктив-ність, га/год.
Лушпильник дисковий	ЛДГ-10		10	10,0
Борона дискова важка	БДВП-7,2		7,0	5,6
Плуги оборотні	ПО-3-40		1,05	0,8
	ППО-4-40		1,4	1,0
	ПОН-5-40		1,75	1,2
Чизельні плуги	ПН-4-35П		1,4	0,8
	ПЧН-4,0		4,0	2,2
Культиватори	КПС-4		4,0	4,4

3.3. Ранньовесняний обробіток ґрунту

Головною метою ранньовесняного обробітку ґрунту є збереження ґрунтової вологи, накопиченої за осінньо-зимовий період та часткове вирівнювання поверхні поля. Для цього за настання фізичної стиглості ґрунту проводять ранньовесняний обробіток на глибину до 4 см впоперек або під кутом до напрямку оранки. В залежності від типу ґрунтів застосовують важкі, середні або пружинні борони (табл. 6). Доцільно використовувати широкозахватні агрегати.

Таблиця 6

**Агрегати для ранньовесняного обробітку ґрунту під
міскантус гігантський**

Назва	Марка	Агрегуються з тракторами тягового зусилля 14-20 кН	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год.
борони пружинні	БП-12 «Метелик»		12	7,2
	ЗБР-24-02М «Зебра»		24	14,4
	ЗПГ-12		12	7,2
	ЗПГ-24		24	14,4
середні зубові борони	СП-11У+ БЗСС-1,0		18	10,8
легкі посівні зубові борони	ЗБП-0,6А		18	10,8
райборінки	ЗОР-0,7		18	10,8

3.4. Передсадильний обробіток ґрунту

Передсадильну культивуацію проводять з метою знищення бур'янів і створення структури ґрунту сприятливої для проростання висаджених ризомів.

Культивуацію проводять не раніше ніж за добу перед садінням. Оскільки ризоми міскантусу гігантського висаджуються на глибину 8...10 см, передсадильну культивуацію слід проводити у два сліди в різних напрямках до оранки, на таку ж глибину комбінованими агрегатами типу КН-4,2 (табл. 7, рис. 9).



Рис. 9. Передсадильна культивуація машиною КН-4,2 на дослідному полі ІБКіЦБ (с. Ксаверівка друга, Васильківський р-н) 2016 р

Фракційний склад обробленого шару ґрунту має бути таким, щоб масова частка грудочок розміром 0,01...10 мм становила не менше 60%, 10...20 мм – близько 35 %, більше 20 мм – менше 5 %. Наявність такого фракційного складу ґрунту запобігає непродуктивним втратам ґрунтової вологи внаслідок її випаровування, покращує аерацію ґрунту. Твердість ґрунту в розпушеному шарі має бути в межах 0,3...0,5 МПа [8].

Агрегати для передсадильного обробітку ґрунту під міскантус гігантський

Назва	Марка	Агрегуються з тракторами тягового зусилля	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год.
Культиватори	АРВ-5,4-0,1	14-20 кН	5,4	6,0
	КН-4,2		4,2	4,6
	КПС-4		4,0	4,0
	К-11 «Краснянка»	30-50 кН	11	11
	Alligator «Ропа Україна»		9	9

3.5. Садіння ризомів міскантусу гігантського

Міскантус гігантський розмножують вегетативно поділом кореневищ (ризомів) (рис. 10), які висаджуються за допомогою садильної машини або вручну.

Серед агротехнічних і організаційно-господарських заходів під час вирощування міскантусу найважливішу роль відіграє передсадильна підготовка садивного матеріалу і сам процес садіння, тому всі операції з садіння ризомів, щоб досягти високих сталих урожаїв біомаси впродовж використання плантації, необхідно проводити якісно і своєчасно.

Зазвичай ризоми отримують із одно- або дворічних рослин міскантусу. Викопування маточних кореневищ міскантусу проводять, як правило, навесні, безпосередньо перед садінням (ІІІ декада березня – І декада квітня) попередньо зібравши наземну біомасу (рис. 11; рис. 12). Викопування маточних кореневищ може здійснюється за допомогою картоплекомбайнів типу КПК-2-01 та картоплекопачів типу КТН-2В (табл. 8), або за невеликих площ – вручну.



**Рис.10. Ризоми міскантусу першого року вегетації після
викопування на плантації НТЦ «Біоенергія»
(м. Борщів, Тернопільська обл.) 2016 р.**



**Рис. 11. Викопування ризомів міскантусу гігантського сорту
Верум на полі ТзОВ «Енерго Аграр» (с. Вірля, Баранівський р-н)
2016 р**



Рис. 12. Викопування ризомів міскантусу гігантського на ділянках НТЦ «Біоенергія»(м. Борщів, Тернопільська обл.) 2016р.

Таблиця 8

Агрегати для викопування маточних кореневищ міскантусу гігантського

Марка	Агрегуються з тракторами тягового зусилля 14-20 кН	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год.
КПК-2-01		1,4	0,5
КТН-2В		1,4	0,5

Викопані маточні кореневища міскантусу гігантського розділяють на ризоми і зберігають до садіння, але не більше 14 діб. Розділення кореневищ проводять вручну (рис. 13), після чого готові до садіння ризоми складають на поліетиленову плівку і змочують, щоб вони не пересихали.



Рис. 13. Розділення кореневищ міскантусу гігантського на ризомів на Прикарпатській ДСГДС (с. П'ядики, Коломийський р-н) 2014 р

Зверху їх вкривають іншою плівкою, забезпечивши таким чином вологе середовище, де ризоми будуть зберігатись до садіння, тому що сухі ризоми втрачають здатність до проростання, особливо за посушливої весни. У разі зберігання ризомів у приміщенні, температура повітря має бути в межах від 4 до 15°C. Низькі температури призведуть до підмерзання, що подовжує час проростання і знижує польову схожість ризомів. Збільшення температури під час зберігання впродовж 10 діб призводить до проростання ризомів, внаслідок чого під час садіння пробуджені бруньки можуть травмуватись, що негативно впливає на їх проростання.

За наявності стаціонарних сховищ з регульованим температурним режимом, з метою зменшення часу на підготовку садивного матеріалу навесні або інших організаційно-фінансових умов, викопування маточних кореневищ міскантусу можна проводити восени (у II-III декаді листопада залежно від погодних умов) і вже

навесні, безпосередньо перед садінням їх розділяють на ризоми, які зберігають до садіння за вищеописаним способом [8].

3.6. Показники якості садивного матеріалу міскантусу гігантського

Під час розділення маточних кореневищ міскантусу гігантського (рис. 14) отримують ризоми двох форм: лінійної та розгалуженої (рис. 15). Головною вимогою до садивного матеріалу є кількість потенційних бруньок, які можуть прорости. Їх кількість має бути не менше 4–5 шт. на одній ризомі. Довжина ризомів повинна бути в межах 5...15 см, за маси відповідно від 10 до 30 г. Ризоми лінійної форми є більш продуктивними, порівняно з ризомами розгалуженої форми, це пояснюється тим, що на одиницю маси у ризомів лінійної форми припадає більше сплячих бруньок і поживних речовин. У деяких випадках, якщо ризоми містять малу кількість бруньок або після поділу частини кореневища на дві ризоми кількість бруньок на обох ризомах буде низькою (переважно для ризомів розгалуженої форми), їх маса може перевищувати 30 г. При цьому слід пам'ятати, що обмежувальним фактором при розрізанні кореневищ на ризоми є розмір садильного апарату, тобто максимальний розмір ризоми не повинен перевищувати розміру поперечного перерізу садильної труби, щоб запобігти застряганню в ній ризомів.



Рис. 14. Маточне кореневище міскантусу гігантського

Під час зимівлі маточні кореневища міскантусу можуть бути пошкоджені низькими температурами. Якщо кореневища пошкоджені більше ніж на 80%, то їх вибраковуюють, в іншому випадку уражену частину кореневища вилучають, а решту – ділять на ризоми.



Рис. 15. Ризоми міскантусу гігантського, підготовлені до садіння:
а) – лінійної форми; б) – розгалуженої форми

Під час зберігання в стаціонарних сховищах кореневища міскантусу гігантського можуть уражатися хворобами (гнилями) або пересихати. Масова частка таких ризомів не повинна перевищувати

0,5% від загальної маси. Окрім того, ризоми можуть бути пошкоджені механічно, шкідниками або гризунами (рис. 16). Частка таких ризомів має бути не більше 5% від загальної маси. Пошкоджені ризоми вибраковуюють.

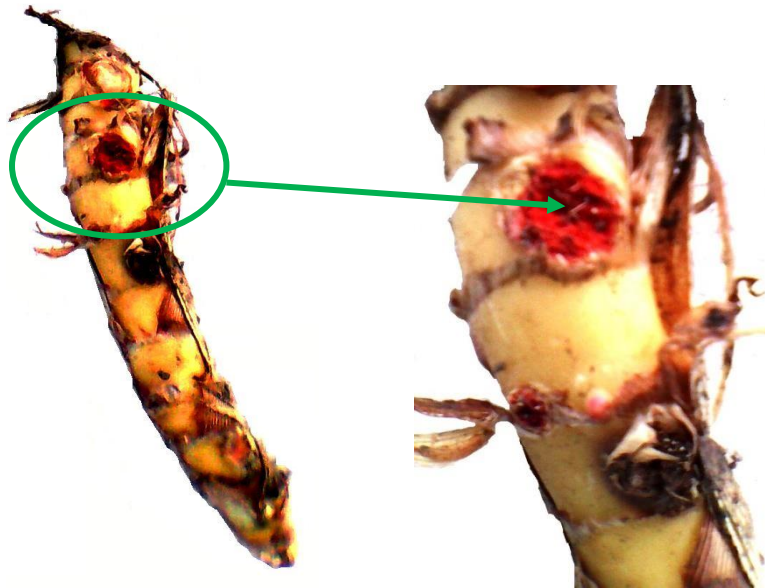


Рис. 16. Ризоми міскантусу гігантського, пошкоджені личинками

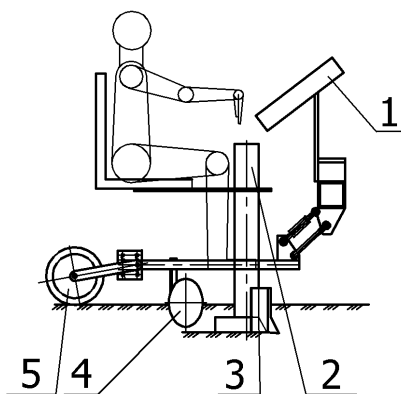
3.7. Садіння ризомів міскантусу гігантського

Наявність достатньої кількості вологи у ґрунті на час садіння відіграє важливу роль, оскільки міскантус є вологолюбною рослиною [15]. У зв'язку з цим садіння необхідно здійснювати у першій декаді квітня, коли верхні шари ґрунту найбільш насичені вологою [12].

Садіння ризомів міскантусу здійснюють на глибину 8...10 см з густотою 14...20 тис. ризомів/га, з міжряддям 70 см та кроком садіння в 102...70 см [2, 3]. Дослідженнями, проведеними відділом технологій вирощування біоенергетичних культур, встановлено, що ущільнення ґрунту навколо висаджених ризомів зменшує польову схожість та подовжує період появи сходів. Оптимальною для проростання ризомів є твердість ґрунту в межах 0,3...0,5 МПа.

Для механізованого садіння ризомів міскантусу може використовуватись спеціальна садильна машина (рис. 17).

Садильний апарат такої машини виконаний у вигляді вертикально встановленої садильної труби 2, в нижній частині якої встановлено борозноутворювач 3. Під час садіння ризоми міскантусу гігантського робітники беруть із ящика 1 і вкидають в садильну трубу 2 за звуковим сигналом від встановленого на машині пристрою. Цим досягається більш-менш рівномірний крок садіння. Загортання та прикочування борозни здійснюється відповідно загортачами 4 та прикочувальними колесами 5.



а)



б)

Рис. 17. Механізоване садіння ризомів міскантусу гігантського на ТзОВ «Енерго Аграр» полях АФ «Світанок» (с. Велика Офірна, Фастівський р-н) 2016р:

а) схема садильної машини; б) садильна машина в роботі.

1 – ящик для ризомів, 2 – садильна труба, 3 – борозноутворювач, 4 – загортачі, 5 – прикочуючі колеса

Відділом технологій вирощування біоенергетичних культур запропоновано дещо удосконалений варіант садильної машини (рис. 18)

Садильна машина ризомів міскантусу СМ-2 складається з рами 1, до якої шарнірно приєднані садильні секції 2, кожна з них має борозноутворювач 3, садильний апарат, виконаний у вигляді вертикальної направляючої труби 4 та подаючого планчастого транспортера 5, загортачі 6, сидіння для робітника 7 та бункер 8 [13].

Під час роботи робітник бере ризоми з бункера 8 та розкладає їх по планчастому транспортеру 5, який подає ризоми через певні проміжки часу в направляючу трубу 4, звідки вони потрапляють у борозну, утворену борозноутворювачем 3, та засипаються землею за допомогою загортачів 6.

Завдяки наявності транспортера 5 умови роботи покращуються, оскільки зона зарядки більша, робітник не повинен кидати ризоми у направляючу трубу через певний проміжок часу, а розкладає їх по планчастому транспортеру. Ще одною перевагою машини СМ-2 є те, що борозна загортається рихлою землею без прикочування – копіюючі колеса 11 розташовані по обидві сторони рядка, що додатково збільшує схожість ризомів.

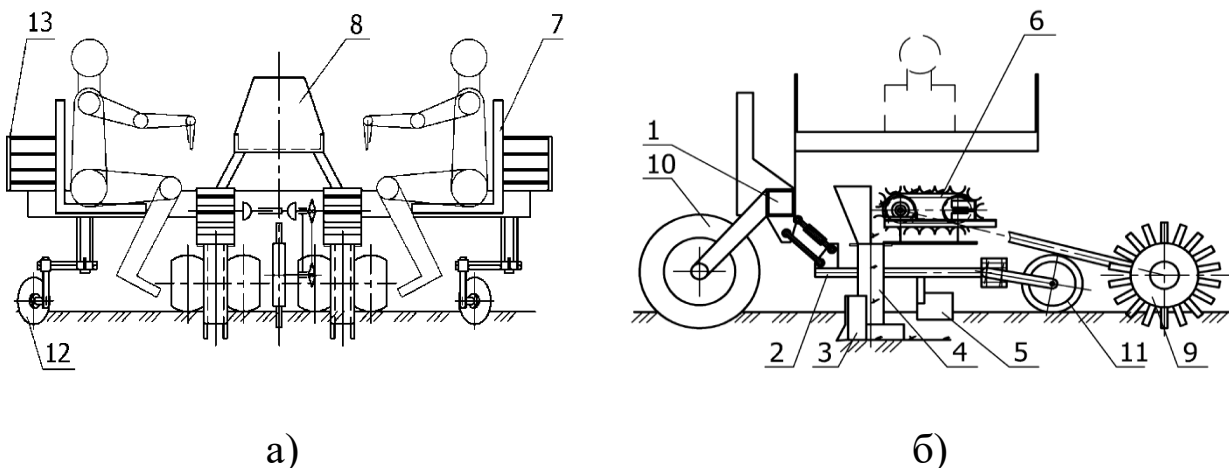


Рис. 18. Схема дворядної садильної машини СМ-2 (розробка відділу технологій вирощування біоенергетичних культур, пат. №75541):

а) вигляд ззаду; б) вигляд збоку. 1 – рама, 2 – садильна секція, 3 – борозноутворювач, 4 – направляюча труба, 5 – подаючий планчастий транспортер, 6 – загортачі, 7 – сидіння для робітника, 8 – бункер, 9 – колесо приводу планчастого транспортера, 10 – опорне колесо, 11 – копіюючі колеса, 12 – маркер, 13 – решітка для перевезення садивного матеріалу в тарі.

Садіння ризомів проводять на робочій швидкості 1,2...3,5 км/год., що відповідає швидкості першої передачі тракторів зусилля 14-20 кН, обладнаних ходозменшувачем (рис. 19). Додатково

на машині СМ-2 може встановлюватись шлейф для вирівнювання поверхні поля та спеціальний маркер для орієнтування агрегату під час досходового боронування.



Рис. 19. Садіння міскантусу гігантського на дослідному полі ІБКіЦБ (с. Ксаверівка друга, Васильківський р-н) дворядною машиною СМ-2 (розробка відділу технологій вирощування біоенергетичних культур) 2015 р

Ризоми на поле вивозять розфасованими у тару (мішки або ящики) і лишають на обох кінцях гонів. Після чого їх засипають у бункер, що встановлений на садильній машині. За схеми садіння 70х90 см одного ящика ризомів вистачає приблизно на 500 м рядка. Під час розвороту садильного агрегату спорожнілий бункер досипається новою порцією садивного матеріалу. Якщо довжина гону (поля) більше 500 м, то посередині нього доцільно розмістити місця довантаження. Крім того, під час розвороту садильного агрегату оглядають та, за необхідності, очищають від ґрунту та рослинних решток борозноутворювачі.

Якість садіння значною мірою залежить від кваліфікації робітників, які обслуговують садильні апарати. Виконання ними

одноманітної роботи, пов'язаної із вибиранням ризомів з ящика та розкладанням їх по планчастому транспортеру призводить до швидкої втоми і, як наслідок, до втрати пильності. За недостатньої їхньої уваги буде збільшуватись кількість пропусків, тому необхідно мати дві зміни робітників [8].

3.8. Показники якості садіння

Показники якості садіння ризомів міскантусу наведені у таблиці 9.

Таблиця 9

Показники якості садіння ризомів міскантусу гігантського

Назва показників	Значення показників
1 Густота садіння, тис. шт. /га	14...20*
2 Ширина міжрядь, см	70
3 Крок садіння, см	102...70*
4 Відхилення від заданого кроку садіння, см, не більше	10
5 Глибина садіння ризомів, см	8,0...10,0
6 Кількість пропусків, %, не більше	2,0
7 Твердість ґрунту в зоні рядка, МПа	0,3..0,5
8 Втрати ризомів, %, не більше	0,5

Примітка. * - за вирощування маточної плантації міскантусу гігантського доцільно зменшити крок садіння до 50 см, відповідно густота буде становити 28,5 тис. шт. /га.

3.9. Догляд за насадженнями міскантусу гігантського

Післясадильний обробіток – система заходів обробітку ґрунту (від садіння ризомів до збирання біомаси), яка передбачає створення оптимальної структури верхнього шару ґрунту для інтенсивного проростання ризомів та появи дружних сходів, регулювання водно-повітряного та поживного режиму ґрунту, руйнування ґрунтової кірки, знищення проростків і сходів бур'янів. Післясадильний обробіток включає: досходове боронування, міжрядні обробітки ґрунту та хімічний захист від бур'янів.

3.10. Досходове боронування

Досходове боронування насаджень міскантусу проводять з метою знищення бур'янів, які перебувають у фазі «біла ниточка» та фазі сім'ядоль, і руйнування ґрунтової кірки [16, 18]. Боронування проводять до появи перших сходів міскантусу пружинними боронами БП-12 «Метелик», ЗБР-24 «Зебра», ЗПГ-12, ЗПГ-24 вздовж рядків [17].

Агротехнічні вимоги до суцільного досходового обробітку ґрунту наведено в таблиці 10.

Таблиця 10

Агротехнічні вимоги до суцільного досходового обробітку ґрунту

Показники	Нормативи	Допуски
Початок проведення роботи	На 4-5 день від початку садіння	± 1 день
Глибина обробітку ґрунту	3,0-5,0 см	Товщина нерозпушеного шару над ризомами не менше 3 см
Швидкість руху агрегату, км/год.	до 10	
Пропуски за агрегатом і міжсуміжними проходами, витягування ризомів із ґрунту	не допускається	

3.11. Хімічний спосіб захисту рослин міскантусу гігантського від бур'янів

Для внесення гербіцидів використовують обприскувачі ОНШ-800, ОП-2000-2-01, ОРП-2000, ОПК-3000-18П та інші, які агрегують з тракторами з тяговим зусиллям 14-20 кН. Агрегати для виконання цього технологічного процесу наведено в таблиці 11.

Таблиця 11

Технічні засоби для хімічного захисту міскантусу від бур'янів

Марка	Агрегуються з тракторами тягового зусилля 14-20 кН	Ширина захвату, м	Продуктивність га/год.
ОНШ-800		14	9,6
ОП-2000-2-01		21,6	11,1
ОРП-2000		18	10,8
ОПК-3000-18П		18	10,8

Насадження міскантусу обробляють гербіцидом Пріма 911 SE с.е. (0,6 л/га) або МайсТер Пауер (150 г/га) або МайсТер® 62% В.Г. (150 г/га) + БіоПауер® (1,25 л/га) за настання фази інтенсивного пагоноутворення у культури та появи масових сходів у бур'янів. Застосування прилипача БіоПауер® є обов'язковим. Слід відмітити, що після обробітку гербіцидами можливе незначне порушення нормального росту рослин міскантусу.

Механізовані роботи після внесення гербіцидів проводять на 4-й день [19, 6].

Під час проведення обприскувань плантацій необхідно дотримуватись агротехнічних вимог до захисту рослин міскантусу від бур'янів (табл. 12).

Таблиця 12

Агротехнічні вимоги до захисту рослин міскантусу від бур'янів

Показники	Нормативи
Початок проведення роботи	фаза сім'ядоль – перша пара листочків у бур'янів
Висота рослин міскантусу, (см)	до 30
Пропуски за агрегатом і між суміжними проходами	не допускається
За температури повітря під час обприскування, °С	15...24 вранці або увечері
Швидкість вітру, (м/с)	до 5
Швидкість руху агрегату, км/год.	5-7
Спосіб руху агрегату по міжряддях	човниковий
Норми витрати робочої рідини, л/га	200-300
Нерівномірність розподілу робочої рідини по ширині захвату окремими розпилювачами від середньої витрати	до 25% до 10%

3.12. Міжрядний обробіток ґрунту

Перше розпушування ґрунту в міжряддях проводять за необхідності в період, коли тільки позначилися рядки сходів міскантусу гігантського. Слід мати на увазі, що паростки міскантусу мають відхилення від осі рядка до ± 10 см, тому захисна зона має становити 20-25 см. Для міжрядного обробітку використовують культиватори типу УСМК-5,4В(Б) з обладнанням їх однобічними лапами-бритвами з шириною захвату 150-165 мм, що встановлюються по дві на кожне міжряддя, а по його центру – стрілчаста лапа захватом 330 мм або спарені лапи-бритви. Глибина обробітку – 3...5 см (рис. 10).

Позаду секції культиватора, для більш ефективного знищення бур'янів, доцільно встановити пружинну боронку.

Слід мати на увазі, що робоча ширина захвату культиватора має співпадати із шириною садильної машини.

Культиватори КРНВ-4,2, КРНВ-5,6 агрегатуються з тракторами класу 14-20 кВт. Колію колісних тракторів за міжрядь 70 см виставляють на ширину 1400 мм.



а)

б)

**Рис. 10. Перший міжрядний обробіток ґрунту на дослідному полі
ІБКіЦБ (с. Ксаверівка друга, Васильківський р-н) 2015 р**
а) трьох рядний культиватор; п'ятирядний культиватор

Перший міжрядний обробіток проводять на глибину 3-5 см, другий – на глибину 7-8 см. Агрегати для виконання цього технологічного процесу наведено в таблиці 13.

Таблиця 13

**Агрегати для основного обробітку ґрунту під міскантус
гігантський**

Назва	Марка	Агрегуються з тракторами тягового зусилля 14-20 кВт	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год.
Культиватори	КРНВ-4,2		4,2	2,5
	КРНВ-5,6		5,6	3,4
	УСМК-5,4В(Б)		5,4	3,2

На дуже ущільнених і забур'яненних полях застосовують культиватори з активними робочими органами фрезерного типу, в зоні дії яких знищення бур'янів досягається 100%. Швидкість руху агрегатів під час проведення першого мілкового розпушування не повинна перевищувати 4 км/год. [18].

Дослідженнями встановлено, що перше розпушування ґрунту в міжряддях доцільно проводити на початку вегетації. Наступні розпушування в міжряддях необхідно проводити залежно від щільності та забур'яненості ґрунту культиватором на більшу глибину (до 8 см) з підгортанням рослин міскантусу спеціальними окучниками, при цьому відбувається присипання бур'янів у зоні рядка.

Агрегат виводять в міжряддя, визначені для першого проходу, опускають культиватор у робоче положення. На відрізку 10-20 м остаточно регулюють глибину обробітку ґрунту, ширину захисних зон. Під час наступних заїздів агрегату в загінку слідкують, щоб стикове міжряддя не потрапляло між робочими секціями культиватора [19]. Під час проведення розпушування ґрунту в міжряддях необхідно дотримуватись агротехнічних вимог (табл. 14).

Слід зазначити, що на другий рік вегетації відхилення пагонів від осі рядка досягає 15 см, тому ширина оброблювальної зони повинна становити 30...35 см (за ширини міжрядь 70 см).

Культивацію потрібно проводити в два сліди (за один прохід трактора) з перекриттям лап 100%. У контролюванні рівня забур'янення основну роль відіграє своєчасне обприскування гербіцидом.

Таблиця 14

Агротехнічні вимоги до розпушування ґрунту в міжряддях

Показники	Нормативи	Допуски
Початок проведення роботи	Позначення рядків сходами ризомів міскантусу гігантського	Повні сходи
Тривалість роботи, днів	2-3 в одному полі	±1
Глибина обробітку ґрунту в міжряддях, см: перший другий	3-5 до 8	±1
Швидкість руху агрегату, км/год.	4-6	±1
Ширина захисної зони рядка, см	20-25	
Пошкодження рослин міскантусу гігантського, %	до 5	+1
Повнота підрізання бур'янів, %	не менше 95	
Грудочок розміром не більше 20 мм, %	5	±5
Спосіб руху агрегату	Човниковий	

3.13. Збирання біомаси міскантусу гігантського

Збирання біомаси міскантусу гігантського проводять з листопада по березень за найменшої вологості. У листопаді вологість біомаси в середньому складає 40-45%, а в березні знижується до 20-25%. Вихід сухої біомаси та її якість багато в чому залежить від термінів збирання врожаю. В січні-лютому листя міскантусу опадає і урожайність біомаси знижується на 20–40%, але якість збільшується, тому що листя має високу зольність (стебло – 4,8%, листок – 9%).

До того ж варто пам'ятати про ризик зменшення збору біомаси через складні погодні умови, що можуть виникнути в осінньо-зимово-весняний період (вітер, налипання мокрого снігу, льоду тощо), що призводить до обламування або вилягання стебел. Листя міскантусу гігантського, що опало за зимовий період, можна використати як

мульчу або як органічне добриво. За осінньо-зимовий період зменшується мінеральний склад сировини (вміст золи, азоту, калію, хлору тощо), що підвищує її якість. Збір урожаю восени та взимку дозволяє отримати більше біомаси (порівняно з весною), переробити її та одразу використати як паливо, що суттєво скорочує витрати на зберігання.

Перевагою міскантусу гігантського над енергетичними плантаціями тополі та верби є те, що його збирають щороку. У перший рік після садіння фітомасу міскантусу не збирають через її незначну кількість (до 5 т/га сухої речовини). На другий рік врожайність плантацій зростає до 10 т/га, а на третій і наступні роки урожай культури становить близько 20-25 т/га сухої речовини. З одного поля міскантусу гігантського врожай можна збирати впродовж 15-20 років.

Для збирання біомаси використовують різні машини, залежно від потреб ринку. Зібраний врожай може бути у вигляді січки або тюків. У першому випадку проводиться збирання з одночасним подрібненням (пряме комбайнування), а у другому – скошування у валки з подальшим тюкуванням (роздільне комбайнування).

3.14. Збирання міскантусу гігантського з одночасним подрібненням біомаси (пряме комбайнування)

Операції зі збирання біомаси міскантусу гігантського прямим комбайнуванням об'єднані в єдиний технологічний процес, який складається із збирання і подрібнення стебел та транспортування листостеблової маси на завод.

Від правильної і чіткої організації даного процесу, раціонального використання збиральної техніки і транспортних засобів залежить повнота збору врожаю. Тому перед збиранням (якщо застосовують груповий спосіб використання збиральних агрегатів) намічають раціональні маршрути руху, розбивають поле на

загінки (з врахуванням його конфігурації, способу руху та кількості збиральних агрегатів) і роблять прокоси (рис. 21).



Рис. 21. Збирання біомаси міскантусу гігантського косаркою Рось-2 на дослідному полі ІБКіЦБ (с. Ксаверівка друга, Васильківський р-н) 2017 р

Для збирання і одночасного подрібнення листово-стеблової маси міскантусу гігантського використовують самохідні кормозбиральні комбайни (табл. 15). При цьому, враховуючи товщину і твердість стебел, рекомендується застосовувати спеціальні машини, пристосовані до важких умов експлуатації.

Таблиця 15

Агрегати для збирання біомаси міскантусу гігантського прямим комбайнуванням

Марка машини	Агрегуються з тракторами	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год.
КПН-300 "Палессе FT40"	тягового зусилля 14-20 кН	3,0	1,8
КРП-Ф-2 «Рось-2»		2,0	1,2
КИР-1,5		1,5	0,9
МС 90 STWIN		1,4	0,8
КГ-6 "Полісся-250"	самохідний	3,0	1,8
"Дон-680" (PCM-100)	самохідний	3,4	2,0
Class „Jaguar”980	самохідний	4,5	2,7
Case Mammut 7800	самохідний	4,2	2,5

Швидкість руху агрегатів 4...10 км/год. Під час роботи слідкують, щоб автомобілі або трактори з причепами для відвезення подрібненої маси рухалися паралельно ходу агрегату. Показники, що характеризують якість збирання біомаси міскантусу, повинні відповідати значенням, наведеним у таблиці 16.

Таблиця 16

Показники якості збирання біомаси міскантусу гігантського

Назва показників	Значення показників
1 Вологість біомаси, %	до 25
2 Довжина січки, мм	до 20
3 Висота зрізу, см, не більше	10-15
4 Загальні втрати біомаси, %, не більше	1

Усі збиральні роботи слід провадити потоковим методом, при якому подрібнену біомасу без зайвих перевантажень доставляють до місць зберігання або переробляння.

3.15. Роздільне комбайнування

Роздільне комбайнування складається із двох технологічних операцій, які можуть бути розділені в часі. Спершу проводиться скошування у валки, а потім – тюкування у тюки, щільністю 140–170 кг/м³. Перевагою даного способу є те, що тюки зручніше транспортувати і зберігати. Скошування у валки проводять роторними косарками (табл. 17). Оптимальна швидкість руху агрегату – 8...14 км/год. За роздільного збирання необхідно, щоб висота зрізу була в межах 15-20 см, щоб утворений валок міцно утримувався на стерні та добре підсушувався. Валки повинні бути не надто широкими (на ширину прес-підбирача) та рівномірними.

Через два-три дні валки підбирають прес-підбирачем і тюкують у тюки, які транспортують на завод для переробки чи зберігання, або у котельні для спалювання. Для підбирання валків і тюкування використовують різні типи пресів, які створюють тюки різної форми і

маси (прямокутні тюки або круглі рулони). Швидкість руху таких агрегатів – 5...8 км/год.

Таблиця 17

**Агрегати для збирання біомаси міскантусу гігантського
роздільним комбайнуванням**

Марка машини	Агрегатуються з тракторами	Ширина захвату, м	Продуктивність га/год.
Косарки			
КН-2,1	тягового зусилля 14-20 кН	2,1	2,6
КРР-1,8		1,8	2,2
КР-1		2,1	2,6
КРС-2		2,0	2,4
Прес-підбирачі			
ППР-1,6М	тягового зусилля 14-20 кН	1,6	0,8
ППР-110		1,3	0,6
KUHN LSB 870		2,1	1,0
KUHN FB 119		1,7	0,8
Hesston 4800		2,0	0,1
New Holland 4990		2,0	0,1

Показники, що характеризують якість збирання біомаси міскантусу гігантського, повинні відповідати значенням, наведеним у таблиці 18.

Таблиця 18

Показники якості збирання біомаси міскантусу гігантського

Назва показників	Значення показників
1 Вологість біомаси, %	до 25
2 Висота зрізу, см, не більше	15-20
3 Товщина валка, см	20-30
4 Щільність пресування, кг/м ³	140–170
5 Руйнування пак (рулонів), %, не більше	2
6 Загальні втрати біомаси, %, не більше	5
7 Наявність каміння та сторонніх предметів у валку	не допускається

3.16. Зберігання біомаси

Зібрану біомасу (у вигляді січки або тюків) доцільно зберігати неподалік від пунктів її подальшої переробки.

Тріску зберігають у кагатах під навісом або під поліетиленовою плівкою. Для забезпечення максимального висихання та недопущення гниття січки, її необхідно періодично перемішувати. Зважаючи на низьку щільність січки (близько 117 кг/м^3), необхідно захистити її кагати від розвіювання вітром.

У разі тюкування міскантусу, слід подбати про безпечне зберігання тюків. Укладати тюки потрібно один на одного формуючи у скирти, які розміщують впоперек напрямку пануючих вітрів (рис. 22).

Відстань від скирт повинна бути не менше 15 м — від ліній електропередач, 20 м — від доріг, 50 м — від будівель та споруд. Скирти дозволяється розташовувати попарно. При цьому розриви між скиртами в одній парі мають бути не менше 6 м, між сусідніми парами — не менше 30 м.



Рис. 22. Скирта рулонів із соломи міскантусу гігантського у ТзОВ «Енерго Аграр» смт. Гриці Шепетівського р-н. 2017 р

Протипожежні розриви між двома парами повинні бути проорані смугою не менше 4 м завширшки на відстані 5 м від основи скирти.

3.17. Ліквідація плантації

Для ліквідації плантації міскантусу навесні після відростання пагонів до висоти 20...30 см проводять обробку гербіцидом суцільної дії (гліфосат). Не раніше ніж через два тижні проводять дискування важкими дисковими боронами у кількох напрямках та глибоку оранку. В подальшому поле слід підтримувати у чорному парі до сівби наступної культури. У деяких випадках доцільно використовувати важкі болотяні фрези типу ФБН-1,5.

Список використаних джерел

1. Курило В. Л. Методичні рекомендації з проведення передсадильного обробітку ґрунту і садіння ризомів міскантусу [Електронний ресурс] / В. Курило, О. Ганженко, М. Гументик, В. Квак, О. Замойський, П. Зиков К. : – 2012. – 22 с. – Режим доступу: <http://sugarbeet.gov.ua/metod/miscanthus.pdf>
2. Квак В. М. Вплив маси ризомів міскантусу та густоти їх садіння на енергетичну продуктивність біомаси / В. М. Квак; // Зб. наук. праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН – Київ, 2013. – Вип. 17. – Т. 1. – С. 146–151.
3. Гументик М. Я. Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу в умовах західного Лісостепу України / М. Я. Гументик, В. М. Квак; // Зб. наук. праць Вінницького національного аграрного університету.[Серія: Сільськогосподарські науки]. – Вінниця, 2012. – Вип. 1(57). – С. 168–173.
4. Мискантус (MISCANTHUS) сем. Мятликовые [Електронний ресурс] / Энциклопедия декоративных садовых растений. – Режим доступу: <http://flower.onego.ru/zlak/miscanth.html>.

5. Цвелев Н. Н. Злаки СССР / Н. Н. Цвелев. Под. ред. Федорова А. А. – Ленинград : Наука, 1976. – 788 с.
6. Ефективність впливу способів захисту від бур'янів на ріст і розвиток рослин міскантусу в умовах західної частини Лісостепу / М.Я. Гументик, О.Б. Хіврич, В.М. Квак, О.І. Замойський // Збірник наукових праць ІБКіЦБ – 2013. – №19. – С.24-27.
7. Зінченко В. О. Біогеліоенергія – наше енергетичне майбутнє / В. О. Зінченко, В. П. Кусайло // Пропозиція. – 2006. – №8. – С. 130–132.
8. Курило В. Л. Методичні рекомендації з технології вирощування і переробляння міскантусу гігантського / В. Курило, О. Ганженко, М. Гументик, В. Квак, та ін. К.: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ» – 2016. – 40 с.
9. McKervy Z. Miscanthus as an energy crop its potential for Nonthern Ireland / McKervy Z., Woods V. B., Easson D. L. – [publication NO. 8] – Hillsborough: AFBI Hillsborough, 2008. – 80 p.
10. Лось Л. В. Вирощування і газифікація біопалив – ефективний шлях вирішення енергетичних і екологічних проблем на прикладі міскантуса гігантеуса / Л. В. Лось, В. О. Зінченко, В. Р. Жайвороновський // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. Наук.–теор. зб. – 2011. – Т.1, №2(29). – С. 46–58.
11. Квак В. М. Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу для виробництва біопалива в західній частині Лісостепу України: дис. ... кандидата с.-г. наук : 06.01.09 / Квак Володимир Михайлович. – К., 2014. – 213 с.
12. Гументик М. Урожайність біомаси міскантусу залежно від кліматичних умов, строків і глибини садіння ризомів у західному Лісостепу України / М. Гументик, В. Квак, О. Замойський // Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія – Л. : – 2013. – №17(1). – С. 76–82.
13. Патент на корисну модель 75541 Україна, МПК А01С 11/02. Пристрій для садіння ризомів. / Курило В.Л.,

Ганженко О.М., Гументик М.Я., Зиков П.Ю., Квак В.М. (Україна); Заявник і власник патенту Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – №u201204500; Заявлено 10.04.2012; Опубл. 10.12.2012, Бюл. №23.

14. Директива 2009/28/ЕС від 23 квітня 2009 року на просування використання поновлюваних джерел енергії та про внесення змін і згодом скасування директиви 2001/77/ЕС та 2003/30/ЕС. Режим доступу:

http://ec.europa.eu/energy/renewables/targets_en.htm

15. Planting mascanthus for biomass - contractor shows how it' s done [Електронний ресурс] /Andrew Collings. – Режим доступу: <http://www.fwi.co.uk/Articles/2008/03/11/109731/planting-mascanthus-for-biomass>.

16. Загальне землеробство / [Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П. та ін.]; за ред. Єщенко В. О. – К.: Вища школа, 2004. – 336 с.

17. Механізація основних весняно-польових робіт. Рекомендації / [В. В. Адамчук, С. Ю. Булигін, А. С. Заришняк та ін.]. – Глеваха : ННЦ ІМЕСГ, 2013. – 66 с.

18. Роїк М. В. Буряківництво: Навчальний посібник / Роїк М. В., Бахмат М. І., Ігнат'єв М. О. – Кам'янець-Подільський: ПП «Медобори-2006», 2008. – 392 с.

19. Сінченко В. М. Цукрові буряки: історія, сорти і гібриди, технологія, виробництво / В. М. Сінченко. – К. : ІЦБ НААН України, 2010. – 186 с.

РОЗДІЛ 4.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОГО СОРГО

(Ганженко О.М. к.т. наук, с.н.с., Радейко Б.М.)

4.1. Місце в сівозміні цукрового сорго

Комплекс агротехнічних заходів, пов'язаних з вирощуванням культури, повинен бути спрямований на підвищення врожаю та його якості, а також враховувати біологічні особливості культури, ґрунтово-кліматичні умови, сортове розмаїття, цільове призначення посівів та інші фактори. В отриманні високих і стабільних урожаїв важливе значення мають: вибір поля, застосування раціональної системи обробітку ґрунту та удобрення, оптимальні строки сівби, ефективні прийоми догляду за рослинами і збирання врожаю.

Сівозміна відіграє важливу роль у поліпшенні водного і поживного режимів ґрунту, забезпечуючи значне підвищення врожайності та якості сільськогосподарських культур. Цукрове сорго може вирощуватися після будь-яких попередників, однак рекомендованими для нього є ранньостиглі культури, після яких поля не забур'янені та мають значний запас ґрунтової вологи. Найкращими попередниками для цукрового сорго є зернобобові та озимі культури. Не рекомендується висівати цукрове сорго після проса, оскільки ці культури мають багато спільних хвороб та шкідників.

Цукрове сорго формує високі врожаї зеленої маси, а отже виносить з ґрунту велику кількість поживних речовин і вологи. Крім того, воно відноситься до пізніх культур, після збирання яких залишаються поживні рештки, що ускладнюють проведення наступних обробітків ґрунту. Тому цукрове сорго є не найкращим попередником для інших сільськогосподарських культур [7, 8].

Разом з тим, дотримання рекомендованої технології вирощування (своєчасне проведення комплексу польових робіт, щорічне внесення розрахункових норм органічних і мінеральних

добрив та пестицидів) дозволяє вирощувати цукрове сорго впродовж 5 років як беззмінну культуру.

4.2. Основний обробіток ґрунту

У комплексі агротехнічних заходів, що забезпечують одержання високого врожаю сорго, важливе місце належить правильному основному обробітку ґрунту, завдяки якому створюються сприятливі умови для росту й розвитку рослин. Завдяки основному обробітку ґрунту контролюється забур'яненість поля, накопичується волога в осінньо-зимовий період, поліпшується аерація ґрунту, покращуються його агрофізичні і біохімічні властивості, створюються умови для активної життєдіяльності мікроорганізмів [5, 7, 8].

Система основного обробітку ґрунту під цукрове сорго включає лущення дисковими робочими органами на глибину 6...8 см, внесення гербіциду суцільної дії для знищення сходів бур'янів та падалиці, оранку на глибину 25...27 см та вирівнювання поверхні поля.

Після збирання попередника у ґрунті залишається волога, витратам якої через випаровування можна запобігти своєчасним і якісним лущенням стерні. Обробіток ґрунту лущильниками забезпечує його розпушування та часткове перемішування, а також підрізання бур'янів. Лущення провокує проростання бур'янів, які знищуються наступними обробітками.

Для виконання цього заходу використовують здебільшого дискові лущильники типу ЛДГ-10 (табл. 19). На чистих або забур'янених однорічними бур'янами площах лущення проводять на глибину 6...8 см у два сліди перехресним способом із кутом атаки дисків 30...35°. На полях, засмічених багаторічними коренепаростковими або кореневищними бур'янами, глибину лущення слід збільшити до 12 см. Швидкість руху агрегату – 8...12 км/год.

Через 2-3 тижні після лушення (в міру відростання бур'янів до 10...15 см) площу необхідно обробити гербіцидом суцільної дії.

Глибоку осінню оранку проводять через 2-3 тижні після внесення гербіциду оборотними плугами типу ПОН-3-35 на глибину 25...27 см. Швидкість агрегату на оранці – 5...6 км/год.

Для вирівнювання поверхні поля, знищення сходів бур'янів та створення сприятливих умов для накопичення ґрунтової вологи у осінньо-зимовий період після оранки необхідно провести суцільну культивуацію на глибину 5...7 см культиваторами типу КПС-4 за швидкості руху агрегату 10...12 км/год.

Цукрове сорго невибагливе до забезпечення елементами живлення, проте досить активно реагує на внесення органічних і мінеральних добрив. Під цукрове сорго, як біоенергетичну культуру, рекомендується вносити мінеральні добрива у нормі $N_{60...80}P_{60...80}K_{30}$.

Таблиця 19

Агрегати для основного обробітку ґрунту

Назва	Марка	Агрегатування з тракторами з тяговим зусиллям, кН	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год.
Луцильник дисковий	ЛДГ-10	30	10,0	8,0...12,0
Плуги оборотні	Vari-Diamant 160 (Lemken)	30	1,05	0,6
		50	1,75	1,0
	ПОН-3-35 (Велес Агро)	14-20	1,05	0,6
	ПОН-5-35+1	14-20	1,75	1,0
Культиватори	КПС-4	30	4,0	4,0...4,8
	КН-4,2	30	4,2	4,0...5,0

4.3. Весняний обробіток ґрунту

Весняний обробіток ґрунту складається з комплексу заходів, спрямованих на підтримання поверхні поля в розпушеному вирівняному стані, збереження накопиченої ґрунтової вологи, контролювання чисельності бур'янів та створення сприятливих умов

для проростання насіння цукрового сорго і включає ранньовесняне боронування ґрунту та дві культивації комбінованими агрегатами. Для цього, за настання фізичної стиглості ґрунту, проводять ранньовесняне боронування на глибину до 5 см впоперек або під кутом до напрямку оранки в один-два сліди важкими та середніми зубовими (типу БЗТС-1,0 та БЗСС-1) чи пружинними (типу БПВ-9) боролами (табл. 20). Швидкість руху агрегату при цьому становить 10...12 км/год.

Цукрове сорго належить до теплолюбних культур, насіння яких висівається наприкінці квітня-початку травня, тому має місце значний розрив у часі між закриттям вологи і сівбою насіння, що обумовлює необхідність у проведенні двох культивацій. Перша культивація проводиться через 2 тижні після закриття вологи на глибину до 6 см з обов'язковим наступним коткуванням ґрунту для збереження вологи та провокування проростання однорічних бур'янів, а також для знищення сходів падалиці попередників. Друга культивація (передпосівна) – проводиться безпосередньо перед сівбою і виконується на глибину загортання насіння [5].

Таблиця 20

Агрегати для закриття вологи та передпосівного обробітку ґрунту

Назва	Марка	Агрегатування з тракторами з тяговим зусиллям, кН	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год.
Важкі пружинні борони	БПВ-9	14	9,0	10,8
	БПВ-15	30	15,0	18,0
	БПВ-21	30	21,0	25,2
Важкі зубові борони	С-11У + БЗТС-1,0	14	11,0	13,2
Середні зубові борони	С-11У + БЗСС-1,0	14	11,0	15,0
Культиватори	УСМК-5,4В	14	5,4	6,5
	АП-6	30	6,0	7,2
	Компактор К 600 (Lemken)	30	6,0	7,2

4.4. Сівба насіння цукрового сорго

Для вирощування цукрового сорго за інтенсивною технологією слід особливу увагу приділяти якості посівного матеріалу, а саме використовувати насіння зі схожістю не менше 90%, а також використовувати насіння, оброблене захисно-стимулюючими препаратами. Для ефективного хімічного контролювання чисельності бур'янів на ранніх етапах розвитку рослин слід використовувати насіння, оброблене антидотом.

Для забезпечення появи повних дружних сходів для сівби слід підбирати насіння крупної або середньої фракцій, маса 1000 насінин яких становить 25...30 та 20...24 г відповідно (рис. 23). Особливо негативно на схожість насіння цукрового сорго впливає термін його зберігання. Тому доцільно використовувати насіння, яке зберігалось не більше двох років (рис. 24).

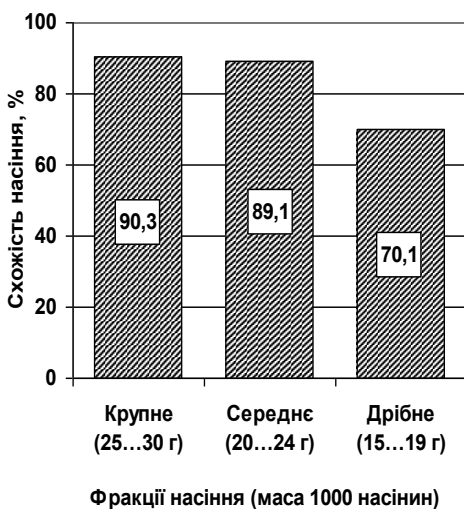


Рис.23. Вплив розміру насіння на його схожість

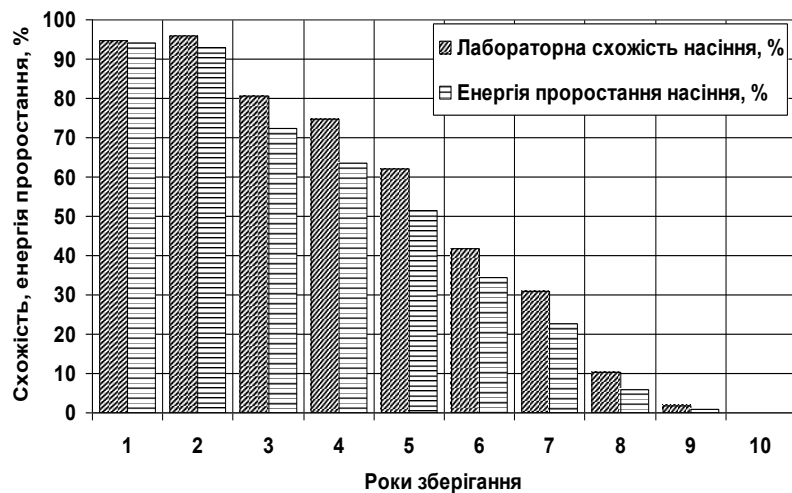


Рис.24. Вплив терміну зберігання насіння цукрового сорго на його схожість

Щоб отримати ранні та дружні сходи, насіння цукрового сорго під час сівби має потрапити на тверде вологе насіннєве ложе та на оптимальну глибину. Для проростання насіння цукрового сорго

необхідна менша кількість вологи порівняно з іншими культурами. Так, для набухання насіння цукрового сорго достатньо лише 35% води від маси самого насіння, тоді як для кукурудзи – 40%, пшениці – 60%. Однак за мілкої сівби та посушливих весняних умов насіння цукрового сорго, потрапляючи в суху землю, не дає сходів. Тому оптимальною для більшості регіонів України є глибина загортання насіння 4...6 см (рис. 25).

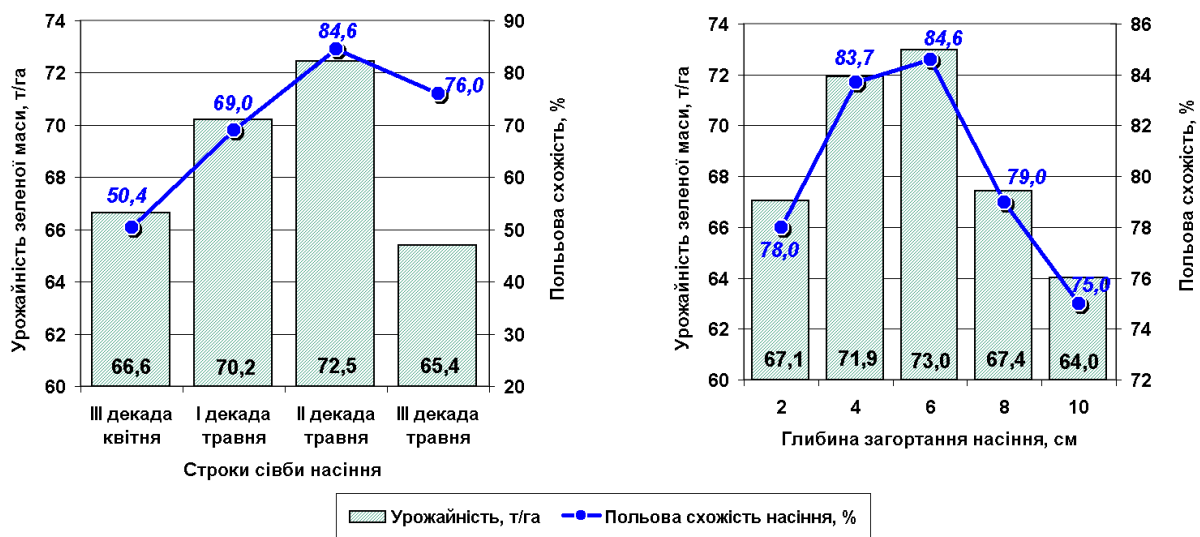


Рис. 25. Вплив строків сівби та глибини загортання насіння на польову схожість та врожайність зеленої маси цукрового сорго

Строки сівби мають важливе значення у водозабезпеченні рослин, а також в оптимізації світлового режиму. Вибір строку сівби залежить від кліматичних умов, стану ґрунту, біологічних особливостей сортів і гібридів. Розпочинати сівбу цукрового сорго слід за середньодобової температури ґрунту на глибині 10 см – 12...14°C. За такої температури сходи цукрового сорго з'являються на 10-12-ту добу. Для півдня України такі температури спостерігаються в період III декади квітня – II декади травня. За ранніх строків сівби у недостатньо прогрітий ґрунт (7...8°C) сходи з'являються на 30-35-ту добу, а польова схожість насіння знижується до 30%. Незначні заморозки до -2°C впродовж доби знищують сходи цукрового сорго.

Сівбу насіння рекомендується проводити сівалками точного висіву типу УПС-12 з шириною міжрядь 45 см або типу СУПН-8 з шириною міжрядь 70 см (табл. 21). Оптимальна густота стояння рослин цукрового сорго для зони достатнього зволоження України становить 220...270 тис.шт./га, нестійкого зволоження – 180...220 тис.шт./га, недостатнього зволоження – 140...180 тис.шт./га. Під час встановлення норми висіву слід враховувати, що польова схожість насіння на 20...25% менша за лабораторну [5, 9].

Після інтенсивних опадів за настання сонячної погоди може утворюватися ґрунтова кірка, яка перешкоджає появі та нормальному розвитку сходів. Якщо ґрунтова кірка утворилась до появи сходів, її руйнують середніми та легкими бородами або культиваторами типу УСМК-5,4 з ротаційними робочими органами.

Таблиця 21

Агрегати для сівби насіння цукрового сорго

Марка	Агрегування з тракторами з тяговим зусиллям, кН	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год.
УПС-12	14-20	5,4	2,8-3,2
СТВТ-12			
SK-12 «Multikorn»			3,2-5,4
L-6 «Optima»			до 5,4
СУПН-8		5,6	до 5,4

4.5. Догляд за посівами цукрового сорго

Головна мета догляду за посівами цукрового сорго полягає в підтриманні посівів у чистому від бур'янів стані, а також у створенні сприятливих ґрунтових умов для розвитку рослин. Цукрове сорго повільно росте на початку вегетаційного періоду, тому сходи бур'янів, які в цей період ростуть швидше, пригнічують сходи рослин сорго. Рихлення ґрунту в міжряддях у посівах цукрового сорго має не менше значення, ніж знищення бур'янів, оскільки рослини сорго погано переносять переущільнення ґрунту.

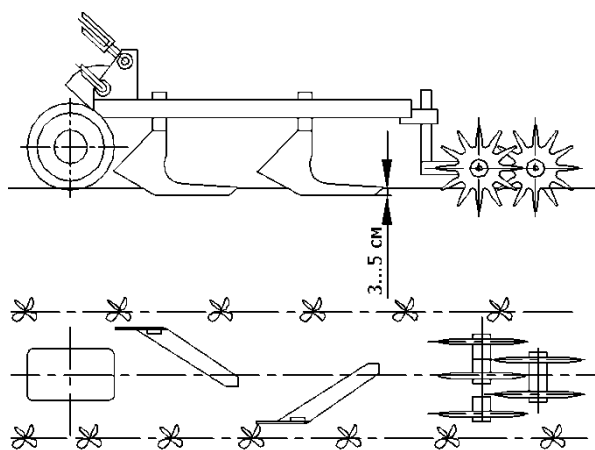
Агротехнічними заходами догляду за посівами цукрового сорго є: післяпосівне прикочування, досходове боронування, міжрядні культивації, підживлення добривами, захист посівів від бур'янів, хвороб і шкідників.

Післяпосівне прикочування збільшує контакт насіння з ґрунтом, підтягує капілярну вологу із нижніх більш вологих шарів ґрунту і вирівнює його поверхню. Прикочування також сприяє швидкому і дружному проростанню насіння бур'янів, які потім можуть бути знищені досходовим боронуванням впоперек рядків. Прикочування виконують кільчасто-шпоровими котками, які утворюють ребристу поверхню ґрунту, що перешкоджає утворенню ґрунтової кірки.

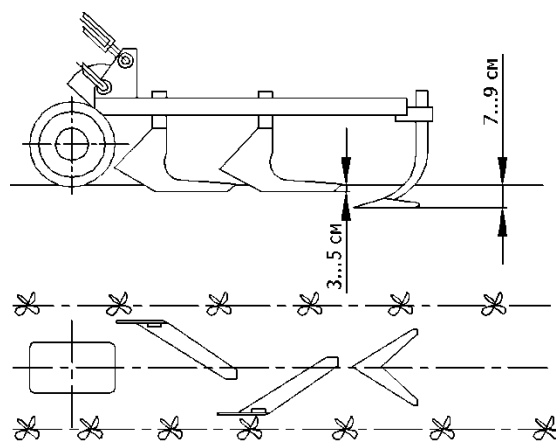
Досходове боронування, яке проводиться на 4-6-й день після сівби, дозволяє знищити до 80 % бур'янів. Важливо своєчасно проводити цей агрозахід, так як запізнення може призвести до пошкодження проростків, а як наслідок – до зрідження посівів цукрового сорго.

Для знищення бур'янів і розпушування ґрунту проводять 1-2 (до 3) міжрядні обробітки. Перший міжрядний обробіток ґрунту здійснюють на глибину 3...5 см культиваторами типу УСМК-5,4, що оснащені лапами-бритвами та ротаційними голчастими батареями (рис. 26а). В міру відростання бур'янів здійснюють другий міжрядний обробіток ґрунту у фазі 5-7 листків у рослин цукрового сорго. Для цього використовують лапи-бритви та стрілчаті лапи, які встановлюють на глибину 7...9 см для більш ефективного знищення бур'янів у міжряддях (рис. 26б). За необхідності через 14 днів після другого проводиться третій міжрядний обробіток ґрунту з присипанням бур'янів у рядках та підживленням. Третій обробіток здійснюють за висоти рослин цукрового сорго 35...40 см (8-10 листків). Для цього культиватор комплектують спеціальними підгортачами (рис. 26в).

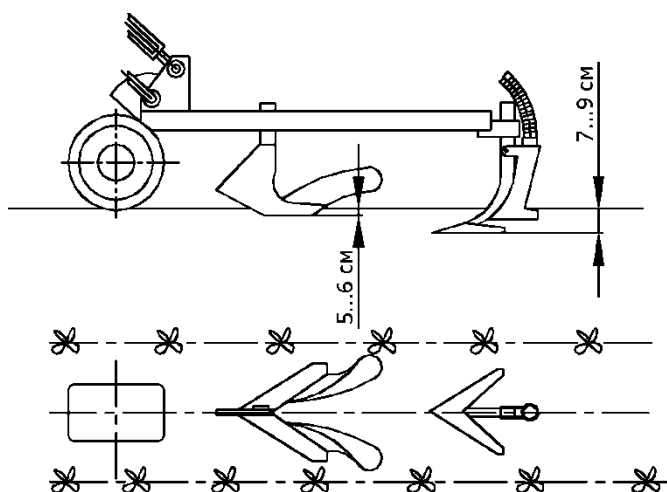
Ширина захисної зони, до появи вузлових коренів другого і третього ярусу, може становити 16...20 см, у наступних міжрядних обробітках ґрунту захисну зону слід збільшити до 20...24 см [2, 5].



а)



б)



в)

Рис. 26. Технологічні схеми міжрядних обробіток ґрунту:
а) перший; б) другий;
в) третій (з підгортанням та підживленням)

Цукрове сорго – світлолюбна рослина, яка у перший період свого розвитку росте досить повільно, тому поступається бур'янам у конкурентній боротьбі за сонячне світло (рис. 27). У зв'язку з цим контролювання забур'яненості повинно здійснюватися на ранніх етапах розвитку рослин з використанням ґрунтових гербіцидів. Щоб уникнути пригнічення рослин цукрового сорго гербіцидами, його насіння обов'язково має бути оброблене антидотом типу Концеп III 960 ЕС, що забезпечує стійкість рослин сорго до дії S-метолахлору, який входить до складу таких гербіцидів, як Дуал Голд 960 ЕС та Примекстра Голд 720 SC.



Рис. 27. Енергетична плантація цукрового сорго на ділянках НТЦ «Біоенергія», сорт «Медовий», другий місяць вегетації, 2017р.

Грунтовий гербіцид Дуал Голд 960 ЕС у нормі 1,6 л/га забезпечує захист рослин сорго впродовж 8-10 тижнів від однорічних злакових бур'янів (мишій, просоподібні) та деяких однорічних дводольних (щириця, грицики та ін.). Його можна вносити під передпосівну культивуацію або під час сівби.

Значно ширший спектр дводольних бур'янів контролюють гербіциди комбінованої дії Примекстра Голд 720 SC в нормі 3,0...3,5 л/га та Примекстра TZ Голд 500 SC в нормі 4,0...4,5 л/га. Ці препарати можна вносити як до сівби, так і після появи сходів.

У 2015 році компанія Монсанто зареєструвала новий гербіцид Гвардіан-Тетра, який використовується у посівах кукурудзи та сорго. Гвардіан-Тетра це препарат, що забезпечує високу ефективність контролювання однорічних однодольних та дводольних бур'янів і може застосовуватись як на досходовій, так і на ранній післясходовій стадіях.

За застосування хімічних способів контролювання забур'яненості механічні рихлення ґрунту в міжряддях проводяться

тільки за потреби для забезпечення оптимальної структури ґрунту (руйнування ґрунтової кірки).

Хімічний обробіток посівів цукрового сорго передбачає використання ряду технічних засобів для приготування та внесення робочих розчинів пестицидів (табл. 22).

Таблиця 22

Обприскувачі для внесення пестицидів на посівах цукрового сорго

Марка	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год.
ОПШ-2000-18	18,0	10,8
ОСШ-2500 «Фрегат»	18,0	10,8
ОП-2000	18,0	10,5
ОРП-2000/18	18,0	10,8
ОПК-3000-18	18,0	10,8
ОПК-2000	18,0	10,8
ОПШ-3500	21,6	13,0
Rau 2500L	24,0	25,0
Amazone UG 3000	24,0	20,0

Цукрове сорго краще ніж інші сільськогосподарські культури протистоїть впливу шкідників та хвороб, проте і воно уражується патогенами, чисельність яких слід контролювати старанним виконанням основних агротехнічних заходів та хімічними засобами.

Щоб запобігти ураженню сорго сажкою, а також червоним бактеріозом та гельмінтоспоріозом, його насіння протруюють гранозаном (1,0...1,5 кг/т) або меркураном (1,5...2,0 кг/т) в розрахунку на тонну посівного матеріалу. Протруювання здійснюють у день сівби, оскільки оброблене насіння під впливом діючої речовини втрачає схожість. Проти плямистостей у період вегетації застосовують Бірекс КС (за умови прояву) – 0,5 л/га та Титул Дуо – 0,25 л/га.

Найпоширеніший шкідник цукрового сорго – попелиця, яка уражує в основному молоді рослини, висмоктуючи з їх листя й стебел сік, у результаті чого ріст рослин уповільнюється, а іноді молоді рослини сорго у фазі до 4-5 листочків навіть гинуть. Для захисту

посівів цукрового сорго в період вегетації від попелиці застосовують Енжіо 247 SC (0,18 л/га).

У період викидання волотей рослини цукрового сорго іноді пошкоджує кукурудзяний метелик. Для контролювання чисельності цього шкідника застосовують Децис, 2,5% к.е. (0,5...0,7 л/га), Децис Форте, 12,5% к.е. (0,05...0,08 л/га), Карате 050 ЕС, к.е. (0,2 л/га), Карате Зеон 050 CS, м.к.с. (0,2 л/га), Штефесін, 2,5% к.е. (0,5–0,7 л/га). Але ефект від використання інсектицидів залежить від точності визначення строків обробок. Найвища ефективність досягається за внесення препаратів під час проникнення перших гусениць шкідника у стебла, тобто через 2-3 тижні після початку льоту метелика або під час масового льоту [5].

4.6. Збирання біомаси цукрового сорго

Строки та спосіб збирання біомаси цукрового сорго залежать від подальшого її використання: для виробництва біогазу, біоетанолу та твердого біопалива. Якщо біомаса використовується як сировина для виробництва біогазу, то цукрове сорго слід збирати у період максимальної врожайності зеленої маси, яка досягається у фазі формування і наливу зернівки (рис. 28). У цей період суха речовина біомаси становить 20...25%, що є оптимальним для виробництва біогазу.

У зоні достатнього зволоження з метою отримання більшої кількості біомаси для біогазу з одиниці площі цукрове сорго можна збирати двічі: наприкінці липня (у період інтенсивного росту) та на початку жовтня. У цьому випадку загальна кількість отриманої зеленої біомаси цукрового сорго сягатиме 150 т/га.

Для виробництва біогазу можна використовувати всю біомасу цукрового сорго (стебла, листя та волоті), тому збирання цукрового сорго здійснюється звичайними силосозбиральними комбайнами КСК-100А, КСК-250, Дон-750, Jaguar 900, Jaguar 870, Mammut 8790, John Deere 7200, John Deere 7300 і інші.

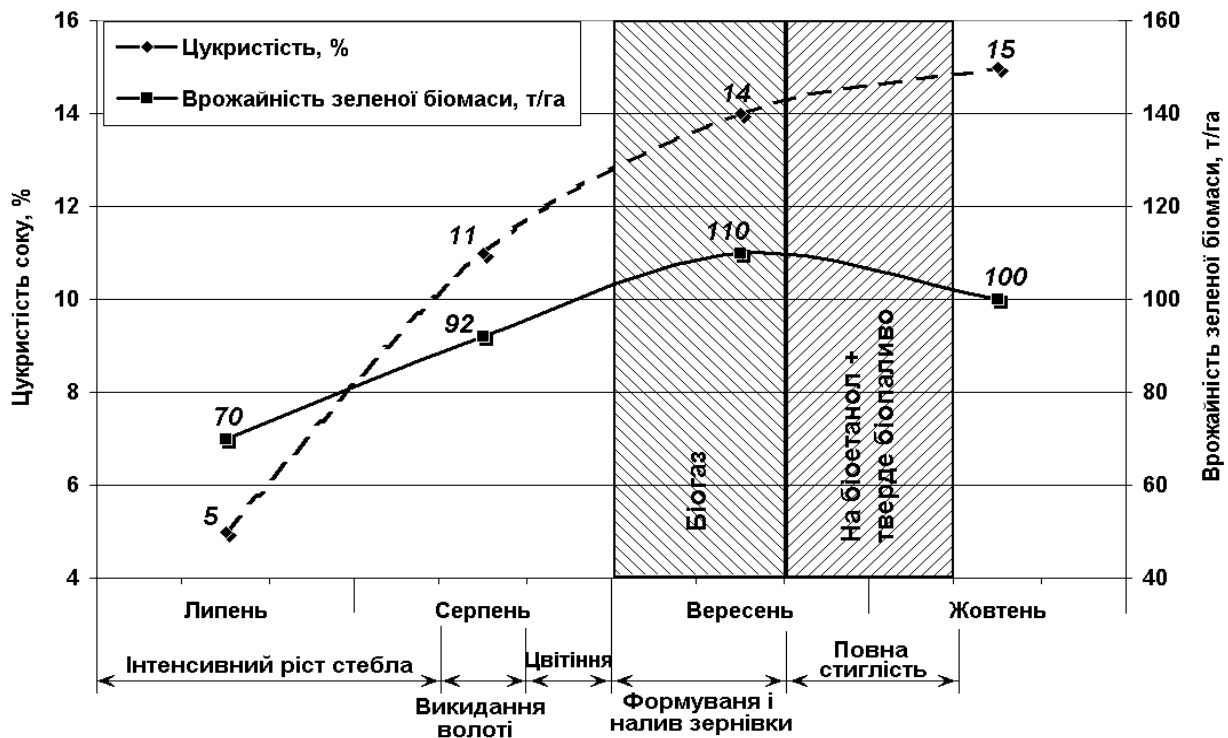


Рис. 28. Динаміка цукристості та врожайності зеленої маси цукрового сорго

У випадку використання біомаси цукрового сорго в якості сировини для виробництва біоетанолу та твердого біопалива збирання врожаю слід розпочинати у період максимального накопичення цукрів у соці стебел. Як правило це відбувається наприкінці вересня у фазі повної стиглості зерна (див. рис. 28).

Під час збирання біомаси на біоетанол слід відокремлювати стебла від листя та волотей, оскільки їх наявність негативно впливатиме на вихід біоетанолу. При цьому стебла цукрового сорго не слід інтенсивно подрібнювати, так як це призводитиме до втрат цукромісткого соку під час транспортування та зберігання біомаси. Розмір подрібнених частин стебла не повинен бути меншим 15...25 см. Збирання стебел цукрового сорго на біоетанол здійснюють комбайнами для збирання цукрової тростини, такими як Самсо СН 3500, Case А8000, Claas Ventor та іншими (рис. 29).

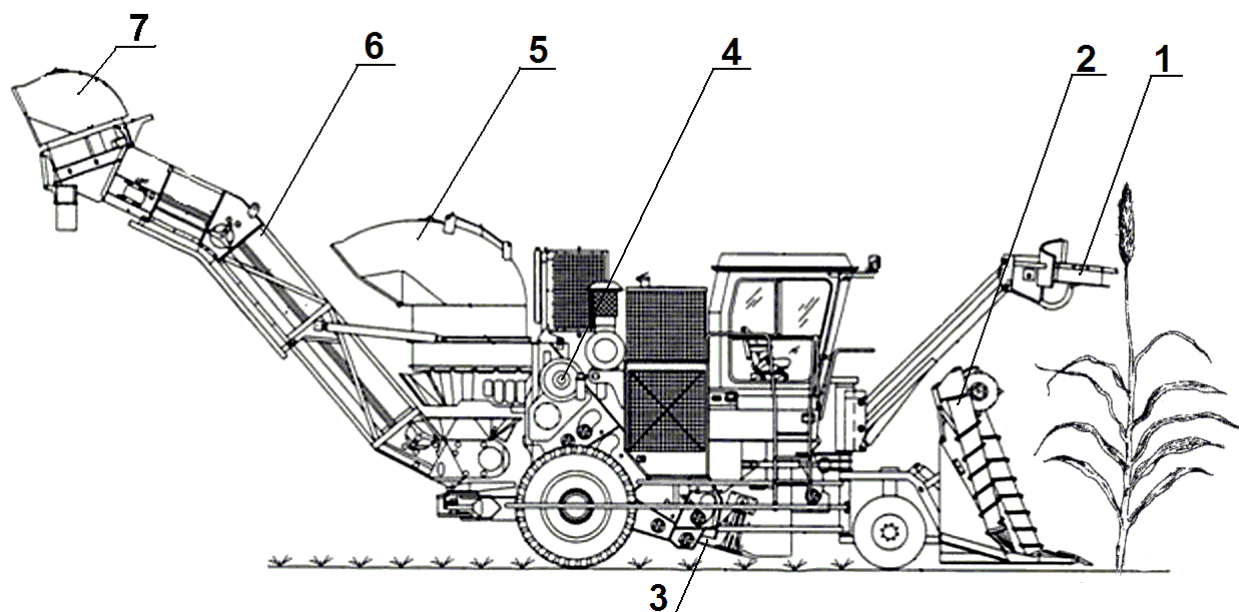


Рис. 29. Комбайн для збирання стебел цукрового сорго на біоетанол:

1 – ріжучий апарат для волоті; 2 – стеблонідіймачі; 3 – ріжучий апарат для стебел; 4 – подрібнювач; 5 – перший пневмосепаратор листя; 6 – елеватор для навантаження біомаси; 7 – другий пневмосепаратор листя

Комбайн для збирання цукрового сорго на біоетанол працює таким чином: волоті рослин відокремлюються різальним апаратом 1 та залишаються на полі, стебла за допомогою стеблонідіймачів 2 подаються на ріжучий апарат 3. Зрізані стебла транспортуються до двоножового барабанного подрібнювача 4, після чого подрібнені стебла разом з листям потрапляють у перший пневмосепаратор 5, на якому відбувається попередній етап очистки маси від листя. У кінцевій частині елеватора для навантаження біомаси 6 встановлено другий пневмосепаратор 7, за допомогою якого відбувається остаточний етап відокремлення листя від стеблової біомаси. Відокремлене на першому та другому етапах листя залишається на поверхні поля, а очищена стеблова біомаса цукрового сорго подається до транспортного засобу, яким вона доставляється до місця переробляння. Зібрану в такий спосіб біомасу цукрового сорго можна зберігати не більше 2-3 діб.

4.7. Перероблення біомаси цукрового сорго

Цукрове сорго – універсальна культура, сировина якої може використовуватись як у кормовиробництві та харчовій промисловості, так і для виробництва біопалива (рис. 30) [10]. Сік зі стебел цукрового сорго за загальним вмістом цукрів не поступається цукровій тростині, але на відміну від останньої, окрім сахарози, містить значну частку глюкози, фруктози та розчинного крохмалю, який перешкоджає кристалізації. Тому із соку цукрового сорго виготовляють не кристалізований, а рідкий цукор – сироп.

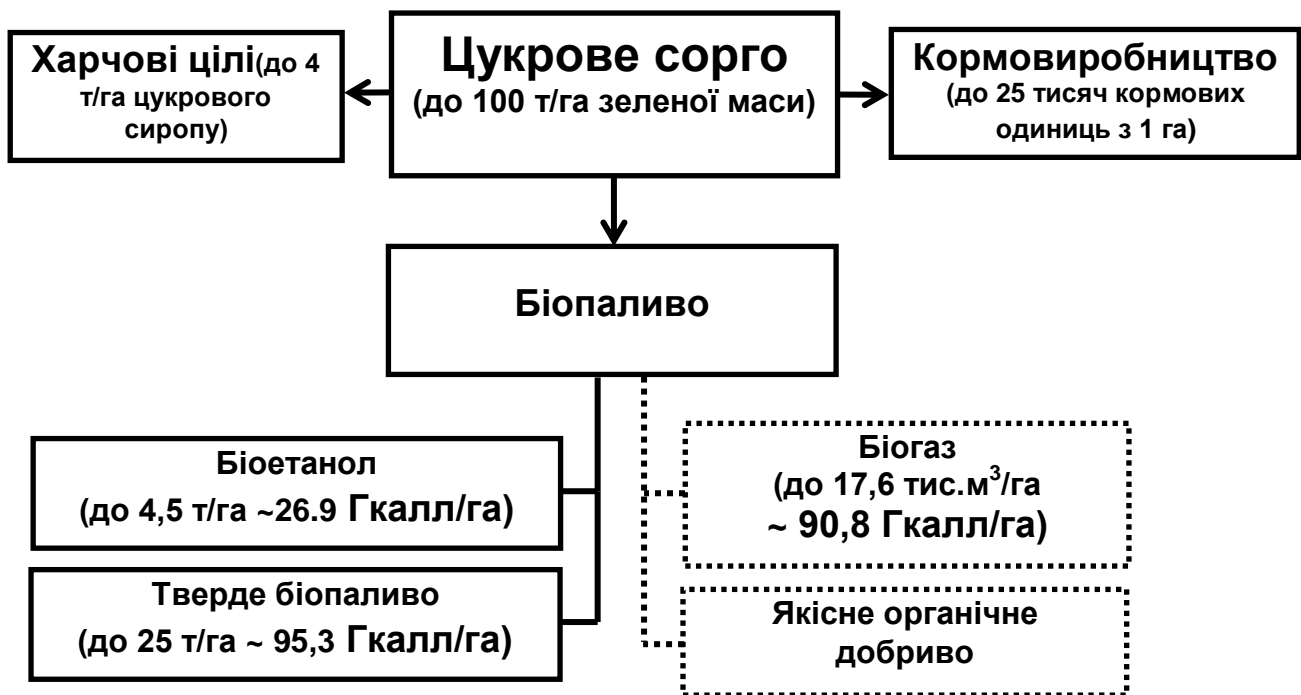


Рис. 30. Комплексне використання сировини цукрового сорго

Завдяки високому вмісту цукрів сік цукрового сорго використовується для виробництва біоетанолу. Сучасні вітчизняні високопродуктивні гібриди цукрового сорго дозволяють отримати до 4,5 т/га біоетанолу, що еквівалентно 112,5 ГДж/га (26,9 Гкал/га) енергії. Після видалення соку вологість стебел цукрового сорго не перевищує 40%, тому вони можуть бути сировиною для виробництва твердого біопалива (паливних гранул або брикетів). Сухої біомаси цукрового сорго, зібраної з 1 га достатньо для виробництва 25 т твердого біопалива, під час згоряння якого виділяється 400 ГДж

(95,3 Гкал) теплової енергії. Таким чином, загальний вихід енергії, яку можна отримати з 1 га посівів цукрового сорго, перевищує 500 ГДж, що свідчить про перспективність використання цієї культури для біоенергетики.

Біомаса цукрового сорго може використовуватись для виробництва біогазу. Завдяки високій продуктивності цукрове сорго забезпечує найбільший серед інших сільськогосподарських рослин вихід біогазу з одиниці площі – до 17,6 тис.м³/га з вмістом метану 60% (рис. 31). Залишки біогазової ферментації містять значну кількість легкодоступного для рослин азоту, фосфору, калію та мікроелементів і можуть використовуватись в якості добрив, які за своєю дією схожі на мінеральні добрива [11].

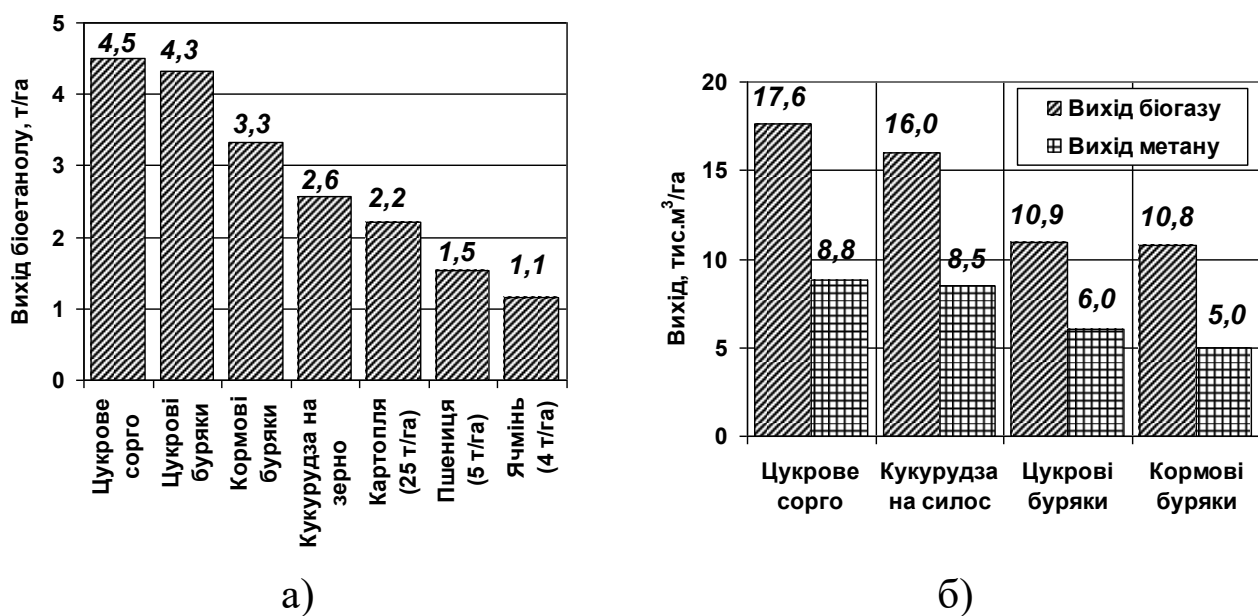


Рис. 31. Потенційний вихід біопалива з 1 га різних сільськогосподарських рослин: а) біоетанолу; б) біогазу та метану

Як компонент біомаси для виробництва біогазу подрібнена зелена маса цукрового сорго подається або безпосередньо від кормозбирального комбайна, або у вигляді попередньо заготовленого силосу.

Для більш ефективного використання біогазових установок зібрану біомасу цукрового сорго слід засилосувати. Збирання

цукрового сорго на біогаз відбувається у фазу формування і наливу зернівки, для якої характерний низький вміст сухої речовини. Внаслідок цього під час силосування відбувається витікання частини соку та активне бродіння з утворенням великої кількості кислот і спиртів, що негативно впливає на якість силосу та веде до зменшення кількості отриманого з нього біогазу. Щоб цього уникнути, під час силосування до цукрового сорго слід додавати інші, більш сухі компоненти, наприклад соломку.

Перед подачею зеленої маси чи силосу цукрового сорго до біогазового реактора (метантенка) її слід подрібнити, щоб інтенсифікувати процес метанового зброджування та уникнути забивання рухомих елементів біогазового заводу рослинними залишками.

Для виробництва біоетанолу використовують стебла цукрового сорго, порізані на частини завдовжки 15...25 см і очищені від листків. Це досягається за рахунок використання комбайнів для збирання цукрової тростини. Зібрана в такий спосіб біомаса доставляється до місця перероблення або безпосередньо від збирального комбайна, або з місця тимчасового зберігання.

З транспортного засобу стеблова біомаса цукрового сорго потрапляє у приймальний бункер 1, з якого за допомогою елеватора 2 подається до подрібнювача 3 (рис. 32). У подрібнювачі відбувається інтенсивне подрібнення частин стебел цукрового сорго для того, щоб збільшити відсоток виходу соку. Подрібнена біомаса за допомогою елеватора 4 подається на прес 5, який складається із трьох вальців. Для підвищення інтенсивності видавлювання соку вальці преса мають ребристу поверхню.

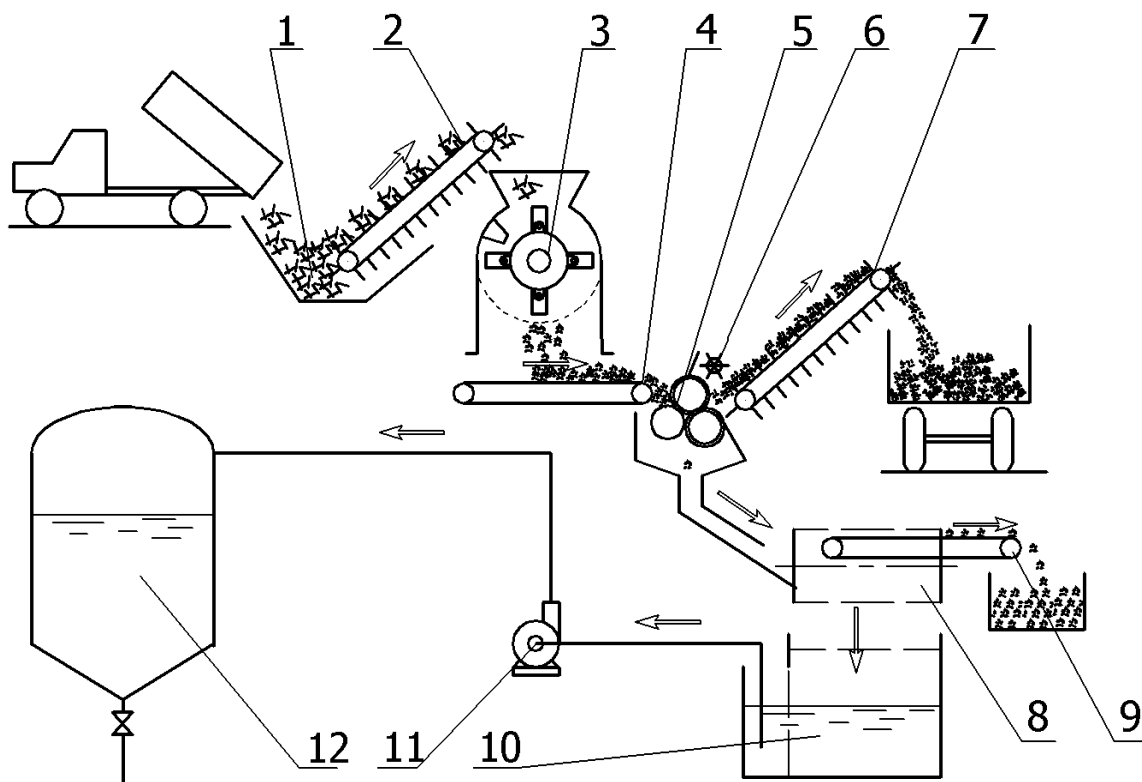


Рис. 32. Схема переробляння біомаси цукрового сорго на біоетанол:

1 – приймальний бункер; 2 – елеватор подрібнювача; 3 – подрібнювач біомаси сорго; 4 – елеватор подрібненої біомаси; 5 – тривальцевий прес; 6 – бітер; 7 – елеватор багаси; 8 – фільтр соку; 9 – транспортер залишків фільтрації; 10 – проміжна ємкість; 11 – насос; 12 – резервуар для соку

Видавлений сік самопливом потрапляє на фільтр 8, а багаса знімається бітером 6 з вальця преса на елеватор 7, яким вона навантажується в транспортний засіб. Відфільтрований сік через додатковий фільтр потрапляє в проміжну ємкість 10, а залишки стебел подаються транспортером 9 або на повторне віджимання, або навантажуються в транспортний засіб. З проміжної ємкості 10 за допомогою насоса 11 сік цукрового сорго подається в резервуар 12 і може транспортуватись для подальшої переробки на біоетанол.

Свіжий, не пастеризований сік цукрового сорго може зберігатись не більше 2...3 годин, тому розрив у часі між видавлюванням соку і його подальшою переробкою на біоетанол повинен бути мінімальним. Застосування хімічних консерваторів

погіршує процес отримання етанолу, а термічна обробка соку негативно впливає на собівартість та енергоємність готової продукції [12].

Список використаних джерел

1. Драненко І., Шепель М. і ін. «Верблюди степу» – сорго. «Маяк» Одеса, 1966. – 70 с.
2. Исаков Я. И. Сорго / Я. И. Исаков. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 134 с.
3. Кадыров С. В. Сорго / С. В. Кадыров, В. А. Федотов, А. З. Большаков и др. – Ростов н/Д: ЗАО «Ростиздат», 2008. – 80 с.
4. Макаров Л. Х. Сорго: монографія / Л. Х. Макаров. – Херсон: Айлант, 2006. – 263 с.
5. Шепель Н. А. Сорго – интенсивная культура: Справ.изд. – Симферополь: Таврия, 1989. – 192 с.
6. Шорин П. М. Сахарное сорго / П. М. Шорин. – М.: Колос, 1976. – 80 с.
7. Олексенко Ю. Ф. Прогрессивная технология возделывания сорго. – К.: Урожай, 1986. – 80 с.
8. Шорин П. М. Технология возделывания и использования сахарного сорго / П. М. Шорин. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 87 с.
9. Шекун Г. М. Культура сорго в СССР и её биологические особенности / Г. М. Шекун. Москва: Колос, 1964. – 139 с.
10. Тараненко В. И. Сорго как кормовая культура / В. И. Тараненко. – Харьков, 1969. – 183 с.
11. Fachagentur nachwachsende rohstoffe e.v.: Basisdaten bioenergie deutschland (станом на серпень 2013 року).
12. Ганженко О. М. Вплив способів отримання соку зі стебел цукрового сорго на його вихід та якість / О. М. Ганженко, П. Ю. Зиков // Цукрові буряки. – 2014. – №5. – С. 14–16.
13. Ганженко О. М. Залежність продуктивності і вуглеводного

складу від сортових особливостей та мінерального живлення цукрового сорго / О. М. Ганженко, Н. О. Григоренко // Цукор України. – 2011. – №4. – С. 27–32.

14. EN ISO 17225-1:2014 Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part 1: General requirements

РОЗДІЛ 5.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО «СВІТЧГРАСУ»

(Гументик М.Я. к.с.-г наук, с.н.с., Радейко Б.М.)

5.1. Коротка історія походження та вивчення культури проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.)

Просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.) – англійська назва культури «світчграс» – одне із різновидів північноамериканської високої трави, найбільш поширене в Мексиці, країнах Центральної Америки вздовж 55° північної довготи.

Перші дослідження в Україні з інтродукції 9 сортів та гібридів проса прутоподібного були розпочаті в 2008 році під керівництвом Вальтера Ельберсена, професора Вагінінінського університету (Нідерланди). Досліди були закладені в двох ґрунтово-кліматичних зонах. В зоні достатнього зволоження в умовах західної частини Лісостепу України – на Ялтушківській дослідно-селекційній станції (Барський район Вінницької області) та в зоні недостатнього зволоження в умовах східної частини Лісостепу України на Веселоподільській дослідно-селекційній станції (Полтавська область).

Дослідження з вивчення агробіологічних основ технології вирощування культури проса прутоподібного проводилось згідно Програми НААН України НТП 22 «Теоретичні основи створення джерел біоенергетичної рослинної сировини та технології її переробки» («Біоенергетичні ресурси»). Підпрограма 5. «Нові види рослин та побічна продукція рослинництва для виробництва твердого біопалива, технології їх виробництва та підготовки до спалювання» («Тверді види палива»). За темою «Розробити теоретичні основи

екологозберігаючого високоефективного вирощування нових видів багаторічних рослин для виробництва твердого біопалива» дослідження проводились на Ялтушківській ДСС, Білоцерківській ДСС, Уладово-Люлинецькій ДСС, Веселоподільській ДСС та на ділянках Науково-технічного центру «Біоенергія» м.Борщів.

5.2. Біологічні та агротехнічні особливості проса прутіподібного

Просо прутіподібне (*Panicum Virgatum* L.) – це прямостояча теплолюбна рослина, що відноситься до групи (C4), схожа на кущовий злак (рис. 33). Розмножується повільно насінням і кореневищем. Рослина має червонуваті прямостоячі стебла, які досягають 0,5-2,8 м у висоту. Суцвіття – відкрита волоть довжиною 15-40 см. Коренева система може досягати 3 м у глибину. Характерна особливість – білий пух на місці виходу листка зі стебла, має відносно мале насіння з високим рівнем стану спокою, особливо одразу після збирання. Рослини теплового сезону (C4), такі як просо лозовидне, мають панікоїдну морфологію сходів. Мезокотиль (який також має назву міжвузловий субколеоптіль) витягує і пригнічує маленькі колеоптілі до поверхні ґрунту, розміщуючи таким чином стебловий вузол якраз над поверхнею і інколи на поверхні ґрунту (ця особливість полегшує розпізнавання сходів на полі). Вторинні (другого порядку) корені відходять від стеблового вузла за умов наявності вологих умов протягом декількох днів. За низької вологості верхнього шару ґрунту вторинні (другого порядку) корені не будуть відростати від стеблового вузла, тому розвиток рослин залежатиме від первинного кореня та можливості надходження води і поживних речовин через мезокотилі. Оскільки можливість надходження води та поживних речовин через мезокотиль незначна, це обмежує самосів. Ще одним негативним наслідком є схильність до вилягання сходів із-за тонкого мезокотилію та можливість його зламу.

Просо прутіподібне – це злакова високополіморфна культура. Основна кількість хромосом – 9. Плоїдність коливається від

диплоїдних ($2n=18$) до дуодекаплоїдних клітин ($2n=108$). Вага насіння коливається залежно від умов навколишнього середовища та терміну збирання врожаю, але значно більша у октоплоїдних, ніж у тетраплоїдних сортів.



**Рис. 33. Рослини проса прутоподібного у другий рік вегетації
НТЦ «Біоенергія», 2016 р.**

Залежно від морфологічної характеристики та місця вирощування виділяють два основних екотипи. Низовинні типи в основному ростуть в заплавах, вони вищі, товстіші, куцисті і ростуть швидше, ніж висотні. Висотні типи ростуть в більш сухих вищих місцях, мають тонше, з широкою основою і часто напівнагнуте стебло. Низовинні типи мають більш куцисту форму з надземною частиною, що може призводити до більших пошкоджень взимку. Основними факторами, які визначають територію пристосування сорту, є реакція на довжину світлового дня, кількість опадів та вологість. Збільшення тривалості світлового дня призведе до фази

цвітіння на початку літа. Коли на одному місці вирощуються різні сорти, північні екотиби виростають нижчими, в них раніше настає фаза цвітіння та дозрівання, ніж у південних. Також значно менше буде отримано біомаси порівняно з південними екотипами. Екотиби, які вирощуються на півночі, часто не встигають дозрівати (і продукувати насіння) до закінчення вегетаційного періоду. Це шкодить зимовому загартовуванню, що може призвести до низької зимостійкості. Зважаючи на здебільшого м'які зими, це не повинно бути великою проблемою. І все таки, слабе зимове загартовування молодих рослин у перший рік може спричинити проблеми. Якість зібраної сировини сортів із пізніми строками дозрівання також може погіршитися у зв'язку з підвищеною вологістю та високим вмістом поживних речовин у біомасі під час збирання врожаю, оскільки вони не переміщуються до нижньої частини рослин. Це зменшує шанс повторного проростання навесні та збільшує вміст золи в надземній частині рослин, що небажано при використанні їх для виробництва енергії, виготовлення целюлози та інших волокон. Відмінною особливістю проса лозовидного є довговічність і властивість утворювати нові надземні пагони. Із їхніх вузлів розвиваються вертикальні пагони, утворюючи стебла і листки; навколо материнської рослини виникає ціла колонія вегетативних пагонів.



Для цього виду злаків характерна висока здатність до вегетативного розмноження (рис. 34 та 35).

Кореневищні злаки краще розвиваються на розпушених ґрунтах з високими повітря- і водопроникаючими властивостями.

Рис. 34. Кореневище рослини проса прутіоподібного в перший рік вегетації



Рис.35. Кореневище рослини проса прутіоподібного в третій рік вегетації

Насіннєва продуктивність проса прутіоподібного залежить від водно-повітряного, світлового і температурного режимів ґрунту. В

оптимальних умовах зволоження кущіння злаків різко підвищується. Глибина залягання вузла кущіння залежить від температури, фізичних властивостей ґрунту, інтенсивності освітлення посівів, особливостей сорту тощо. Її можна регулювати застосуванням відповідної агротехніки, при підгортанні рослин, як правило, збільшується глибина залягання вузла кущіння. Вузол кущіння розташований на глибині до 5 см (рис. 36). З нього під гострим кутом виходять дочірні пагони, утворюючи на поверхні ґрунту пухкий кущ.



У кущі щорічно розвиваються нові пагони 2-3-го і 4-го порядку. Вони невимогливі до аерації ґрунту і добре розвиваються на сильно ущільнених або перезволожених ґрунтах.

Рис. 36. Коренева система рослини проса прутоподібного

Оптимальні умови для культури можна створити різними агротехнічними заходами до й після сівби, підбираючи відповідні сорти, сільськогосподарські знаряддя й оптимальні строки сівби, враховуючи агротехнічні особливості регіону й погодні умови року.

Повітряний режим регулюється розпушенням ґрунту в міжряддях, щілюванням і поверхневим осушенням перезволожених ділянок. Умови освітлення визначають перехід злаків до фази плодоношення. Режим освітлення можна покращувати, регулюючи густоту стояння рослин в посівах напрямком рядків і шириною міжрядь. Температурний режим суттєво впливає як на збереження сходів злаків, так і на їх перехід від кущіння до наступних фаз розвитку.

Насіння проса прутоподібного починає проростати за температури не нижче $+6-8^{\circ}\text{C}$, але дружне проростання спостерігається при прогріванні ґрунту до $+15-16^{\circ}\text{C}$. Якщо в період проростання температура знижується до $+8-9^{\circ}\text{C}$, сходи з'являються тільки через 15-18 днів. Сходи витримують незначні заморозки до -2°C , а за температури $-3-5^{\circ}\text{C}$ здебільшого гинуть або сильно пошкоджуються. Дуже шкідливою для сходів проса лозовидного є тривала одночасна дія низьких позитивних температур ($+6-10^{\circ}\text{C}$) та хмарної погоди. У рослин при цьому значно знижується фотосинтез, що може стати причиною їх загибелі. Залежно від характеру розподілу листків і висоти рослин просо лозоподібне поділяють на верхові і низовинні сорти і гібриди, в яких переважають генеративні і подовжені вегетативні пагони з основною масою листків у верхній частині, у низових - генеративних стебел мало, проте дуже багато вегетативних, головним чином укорочених. Коренева система мичкувата, на 70-80% зосереджена в орному шарі. У перший рік вегетації у фазі початку кушіння корені розвиваються слабо, заглиблюються в ґрунт повільно, на глибину до 12-15 см. Далі відбувається більш швидкий розвиток коренів і до осені вони досягають значної глибини. Коренева маса майже в 1,5 раза перевищує надземну частину рослини і збільшення її часто відбувається до пізньої осені.

Результати фенологічних спостережень свідчать, що протягом вегетаційного періоду внаслідок підкошування бур'янів і проведення ручних прополок на варіантах 1 та 3 рослини проса прутоподібного досягли лише 3-го листка і окремі – кушіння. Поряд з цим на варіанті із внесенням ґрунтових гербіцидів рослини проса прутоподібного були дещо зріджені, але вони нормально вегетували, досягли фази цвітіння і пожовтіння рослин станом на 1.11. Якщо на 1 пог. метрі нараховувалося на варіантах 1 та 3 1-3 рослини у фазу сходів, то на варіанті 2 – 3-5 рослин.

**Результати фенологічних спостережень в досліді, фази розвитку
по датах**

Фази розвитку рослин	Варіанти досліду		
	1	2	3
Поява сходів	10.06	8.06	10.06
Сходи	18.06	12.06	18.06
Третій листок	25.06	20.06	25.06
Кущіння	-	1.07	-
Утворення паростків	-	5.07	-
Вихід в трубку	-	15.07	-
Початок цвітіння	-	1.09	-
Цвітіння	-	10.09	-
Пожовтіння рослин	-	1.11	-

5.3. Вибір ділянки

Просо прутіподібне належить до багаторічних культур, його можна вирощувати на одній площі від 10 до 15 років. Рослини проса прутіподібного невимогливі до якості ґрунту, їх можна рекомендувати вирощувати на деградованих, малопродуктивних землях та на полях зі схилами. Завдяки розгалуженій кореневій системі рослини також можна вирощувати на піщаних та супіщаних ґрунтах з низьким рівнем ґрунтових вод. Просо прутіподібне добре адаптоване до несприятливих умов вирощування, зокрема бідних ущільнених ґрунтів, тому можна його вирощувати як на піщаних ґрунтах, так і на ґрунтах з підвищеним вмістом органічних речовин. Рослини ростуть на ґрунтах з рН 5...7, однак рекомендована кислотність ґрунту становить рН 6,5, особливо впродовж перших двох років вирощування. Тому плантації проса прутіподібного можуть бути закладені на ґрунтах, які не придатні для вирощування інших сільськогосподарських культур.

Якщо культура культивується на ґрунтах з низькою родючістю та рН (кислотні), вона матиме відносно невисоку врожайність порівняно з рослинами, що ростуть у зоні помірного типу, або з

деревами, наприклад, вербою. (Інструкція з вирощування світчграсу(*Panicum Virgatum*) як біомаси в Європі Н. W. Elbersen¹, D.G. Christian², N. El Bassam³, G. Sauerbeck E. Alexopoulou⁴, N. Sharma, I. Piscioneri⁵)

При виборі ділянки під посів проса прутоподібного слід враховувати призначення біомаси. Для спалювання вона повинна бути з низьким вмістом мінеральних речовин, у тому числі діоксиду кремнію, такий вміст в сухій біомасі проса лозовидного, вирощеного на піщаних ґрунтах, нижчий, ніж у вирощеного на глинистих ґрунтах. Звідси випливає висновок, що піщані ґрунти більше підходять для вирощування біомаси, ніж глинисті ґрунти.

Якщо на полі, відведеному під посів проса прутоподібного, є велика кількість бур'янів, з осені перед оранкою їх необхідно знищити шляхом внесення гліфосату ("Раундап").

(Cornell University Grass Bioenergy website: www.GrassBioenergy.org.)

5.4. Обробіток ґрунту

Система основного обробітку ґрунту виконується з врахуванням забур'яненості кожного поля. Просо прутоподібне - багаторічна культура, тому обробіток ґрунту є одним із найвідповідальніших елементів технології його вирощування. Від якісного та своєчасного його виконання залежить обсяг виходу біомаси в наступні роки.

Багаторічні злакові трави вимагають якісної підготовки ґрунту перед сівбою насіння. У системі передпосівного обробітку ґрунту проводять вирівнювання поля шлейфами та боронами і коткують. Це створює дрібногрудочкувату структуру верхнього шару ґрунту і сприяє збереженню вологи та створенню на глибині загортання насіння ущільненого шару, що є необхідною передумовою одержання дружних сходів. Для цього доцільно застосовувати агрегати типу Європак Котві, Компактор, Систем, Корунд, Європак 600, коли за

один прохід агрегату виконуються всі технологічні операції з передпосівної підготовки ґрунту. Під час сівби проводять культивуацію з одночасним боронуванням та до- і післяпосівним коткуванням. Передпосівний обробіток ґрунту залежить від строку сівби. Головною умовою є забезпечення дружних та своєчасних сходів завдяки збереженню вологи у посівному шарі ґрунту. При цьому ґрунт повинен бути добре розробленим та вирівняним. Навесні при першій можливості поверхню поля ретельно вирівнюємо за допомогою гусеничних тракторів класу 1,4-2,0. Передпосівну культивуацію проводимо при дозріванні ґрунту на глибину 5-6 см.

Ці елементи технології передбачають розміщення проса прутopodobного на полях несільськогосподарського призначення, високоякісне та своєчасне виконання усіх агротехнічних заходів з використанням машин як загального призначення, так і спеціальних.

Для вирощування проса прутopodobного обробіток ґрунту потрібно спрямовувати на створення таких умов, які б забезпечили повні дружні сходи, добрий ріст і розвиток рослин протягом усього вегетаційного періоду.

Одним із основних завдань правильного обробітку ґрунту є створення найбільш сприятливого водно-повітряного, теплового і поживного режимів ґрунту протягом усього періоду вегетації рослин. Крім поліпшення фізичних, хімічних і біологічних властивостей, правильний обробіток ґрунту сприяє знищенню бур'янів, шкідників і збудників хвороб сільськогосподарських рослин, при загортанні в ґрунт добрив і рослинних решток створює сприятливі умови для високоякісної сівби, одержання повних і дружних сходів.

5.5. Основний обробіток ґрунту

До основного обробітку ґрунту включаємо дискування пластів поля на глибину 12-14 см, залужених ґрунтів - до 16 см і торф'янистих ґрунтів - на глибину до 25 см. Кількість ґрунтових

грудок розміром до 5 см - не менше 80%, наявність грудок розміром більше 10 см - не допускається. Відхилення дискування від середньої глибини не повинно перевищувати ± 3 см. Поверхня поля після дискування повинна мати борозенки, що не перевищують ± 5 см. Дискування повинно відповідати агротехнічним вимогам на полях з ухилом, що не перевищує 8° .

Якщо просо прутоподібне планується вирощувати на полях, де попередником були луки і пасовища, то після глибокої оранки задернілих ґрунтів рекомендується провести дискування. Його доцільно застосовувати на оброблянні пласта, піднятого чагарниково-болотними плугами, на мінеральних і торф'янистих ґрунтах. Призначення – розпушування верхнього шару після глибокої оранки ущільнених ґрунтів і задернілих ґрунтів на луках і пасовищах та пласта багаторічних трав.

Лущення стерні після збирання зернових та інших злакових культур проводиться на глибину 6-12 см з метою подрібнення рослинних решток, розпушування ґрунту, провокування проростання насіння бур'янів для подальшого їх заорювання та збереження вологи в ґрунті. Лущення стерні дозволяє економити ПММ на оранці і покращує якість підготовки ґрунту. У зоні недостатнього зволоження лущення проводиться відразу ж після збирання зернових із загальною тривалістю не більше двох днів. Відхилення середньої глибини від заданої не повинне перевищувати ± 1 см. У процесі лущення забезпечується подрібнення ґрунту в оброблюваному шарі. Вміст грудок ґрунту розміром від 1 до 5 см - не менше 90%, у тому числі розміром від 1 мм до 2,5 см - не менше 75%. Не допускається утворення грудок розміром більше 10 см. Глибина розпушування в поздовжньому і поперечному напрямках повинна бути однаковою. Висота гребенів на злущеному полі не більше 4 см, підрізання бур'янів повинно бути повним (100%).

Лущення виділених під посів проса прутоподібного площ проводять дисковими лущильниками типу ЛДГ-10 (табл. 24) у два сліди перехресним способом з кутом атаки дисків $30...35^\circ$.

Швидкість руху агрегату - 8...12 км/год. Для більш ефективного контролювання кількості бур'янів рекомендується заздалегідь (за 10...14 днів перед лушенням) застосувати гербіцид суцільної дії.

Таблиця 24

Агрегати для основного обробітку ґрунту під просо прутоподібне

Назва	Марка	Агрегуються з тракторами	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год.
Луцильник дисковий	ЛДГ-10	Т-150К, Т-150, ХТЗ-160/170	10	8,0
Борона дискова важка	БДВП-7	Т-150К, Т-150, ХТЗ-160/170	7,0	5,6
Борна причіпна дискова	БД-10	Т-150, Т-150К, ХТЗ-160/170, К-700	10,0	8,0
Дисковий культиватор	ККП-3,6	Т-150, Т-150К, ХТЗ-160/170, К-700	3,6	2,9
Плуги напівнавісні обертові	ПНО-3-40	Т-150К, МТЗ-80/82	1,2	0,6
	ПНО-4-40	Т-150, МТЗ-82	1,6	0,8
	ПНО-5-40	Т-10, ХТЗ-161/170	2,0	1,0
Чизельні плуги	ПН-4-35П	Т-150, МТЗ-82	1,4	0,7
	ПЧН-4,0	К-700	4,0	2,0
Культиватори	КПС-4	Т-150К, МТЗ-80/82	4,0	4,0

Глибоку зяблеву оранку проводять у період сходів бур'янів напівнавісними оборотними плугами типу ПНО-3-40 на глибину 28...30 см. Швидкість агрегату на оранці – 5...6 км/год.

На полях зі схилами, що піддаються вітровій та водній ерозії, або в районах із проявами ерозійних процесів головними вимогами до основного обробітку ґрунту є збереження рослинних решток (безвідвальна оранка) або брилистої поверхні поля, при цьому оранку слід проводити упоперек схилу. У цьому випадку замість різноглибинного полицевого або одноглибинного безполицевого розпушування ґрунту основний його обробіток проводиться комбінованими знаряддями, які поєднують робочі органи плоскорізального та чизельного типу.

Для вирівнювання поверхні поля, контролювання сходів бур'янів та створення сприятливих умов для накопичення ґрунтової вологи у зимовий період через 10-15 днів після оранки необхідно

провести суцільну культивуацію поверхні поля. Культивуацію проводять культиваторами типу КПС-4 на глибину 5...7 см. Швидкість руху агрегату 10...12 км/год.

5.6. Ранньовесняний обробіток ґрунту

Головною метою ранньовесняного обробітку ґрунту є збереження ґрунтової вологи, накопиченої за осінньо-зимовий період та контролювання забур'яненості площі. Для цього проводять ранньовесняну культивуацію на глибину 5...7 см впоперек або під кутом до напрямку оранки в один-два сліди культиватором типу АРВ-5,4-0,1, АГ – 6, (АРВ-8,1-01) (табл. 25). Швидкість руху агрегату - 10...12 км/год. Закриття вологи виконують за настання фізичної стиглості ґрунту. З метою здешевлення собівартості сировини (біомаси) виконують обробіток ґрунту комбінованими агрегатами, які за один прохід здійснюють декілька операцій.

Після проведення культивуації масова частка грудочок розміром 0,01...10,00 мм на поверхні ґрунту (в шарі 0...5 см) має бути не менше 80 %. Такий фракційний склад перешкоджає непродуктивним втратам ґрунтової вологи внаслідок її випаровування, покращує аерацію ґрунту та запобігає вітровій і водній ерозії.

5.7. Передпосівний обробіток ґрунту

Передпосівну культивуацію проводять безпосередньо перед сівбою, розрив у часі між передпосівною культивуацією і сівбою не повинен перевищувати 2...3 години. Оскільки просо прутоподібне сіють на глибину близько 1,0-1,5 см, передпосівну культивуацію слід проводити на глибину не більше 3-4 см.

Середнє відхилення від заданої глибини – не більше ± 1 см. Проростки бур'янів (не менше 90%) повинні бути знищені. Поверхня поля повинна бути вирівняною. Глибина борозенок - не більше 2 см.

Культивація здійснюється на швидкостях до 12 км/год. з метою отримання оптимальної щільності і фракційного складу ґрунту. Переміщення вологих нижніх і верхніх сухих шарів ґрунту та винос вологого ґрунту на поверхню поля повинні бути мінімальними. Кількість ерозійно-небезпечних частинок розміром менше 1 мм у верхньому шарі ґрунту (0-5 см) не повинно зростати в порівнянні з їх вмістом до виконання даної операції.

Таблиця 25

**Агрегати для передпосівного обробітку ґрунту під просо
прутоподібне**

Назва	Марка	Агрегуються з тракторами	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год.
Культиватори	АРВ-5,4-0,1	МТЗ-80/82	5,4	5,4
	АГ-6	Т-150, МТЗ-82	6,0	6,0

Фракційний склад обробленого шару ґрунту має бути таким, щоб масова частка грудочок розміром 0,01...10,00 мм становила не менше 60%, 10...20 мм – близько 35 %, більше 20 мм – менше 5 %. Твердість ґрунту в розпушеному шарі повинна бути в межах від 0,2 МПа до 1,0 МПа. Вологість ґрунту в шарі від 0 см до 10 см має становити від 25% до 35%.

Насіннєве ложе повинне бути рівним і вологим, що забезпечує дружні і швидкі сходи.

На ґрунтах, не схильних до вітрової ерозії проводиться коткування поверхні поля перед сівбою насіння проса лозовидного. Поверхня поля після коткування повинна бути рівною по всій ширині захвату і в стиках між суміжними проходами агрегату. Відхилення занижених і підвищених місць відносно поверхні поля не повинно перевищувати ± 3 см. Ущільнення ґрунту після коткування - не більше 1,3 г/см³. Коткування можна здійснювати в одному агрегаті з культиватором.

5.8. Підготовка насіння та сівба проса прутоподібного

Сівба – це вирішальний етап вирощування проса прутоподібного. Найважливішими факторами забезпечення необхідних умов вирощування культури є місце сівби, стан та посівні якості насіння, наявність вологи, температура, боротьба з бур'янами та строки сівби. Часто для забезпечення хороших умов вирощування вносяться гербіциди. Потреба в них може змінюватися залежно від клімату, низовинних і височинних сортів.

Рекомендовано проводити тестування насіння та, за необхідності, застосовувати методи виведення насіння зі стану спокою. Прийняті методи тестування насіння передбачають період холодної стратифікації. Оскільки зазвичай під час сівби на полі на насіння впливають щеінші фактори, рекомендовано проводити тестування насіння перед сівбою для фактичної оцінки його польової схожості (Moser and Vogel, 1995; Wolf and Fiske, 1995). Для виведення насіння із стану спокою (Wolfe and Aiske 1995) рекомендують метод яровизації (легке заморожування), якщо коефіцієнт проростання насіння нижче 40 %. Сівба здебільшого проводиться на основі показника посівної, або господарської, придатності насіння (ПП) (Moser and Vogel, 1995). Посівна придатність розраховується як добуток чистоти насіння (відношення маси повноцінного насіння основної культури до загальної маси) та коефіцієнта проростання:

Якщо чистота 90 % і коефіцієнт проростання 70 %, то

$ПП = 0.90 \text{ (чистота)} \times 0.70 \text{ (коефіцієнт проростання)} = 0.63$, або 63%.

Отже, для 1 кг господарськопридатного насіння потрібно 1,59 кг посівного матеріалу. Хоча в основі більшої частини рекомендацій щодо норми висіву лежить вага (кг/га), можливо, кращим показником буде кількість пророщених рослин на квадратний метр. Рекомендована норма висіву коливається в межах 2,4-5,0 кг насіння посівної придатності на гектар (Bransby et al., 1997; Moser and Vogel,

1995; Ocumpaugh et al., 1997; Wolf and Fiske, 1995), що становить 200-800 насінин посівної придатності на квадратний метр. Сорти, які мають дрібне насіння, мають меншу норму висіву (кг/га), ніж сорти з важчим насінням. Бажана кількість насінин (рослин) на квадратний метр, необхідна для формування хорошого травостою у перший рік, коливатиметься залежно від умов навколишнього середовища. Хоча 10-20 насінин (рослин) на квадратний метр може бути достатньо для отримання задовільного травостою, більшість підтверджених норм висіву набагато більші – 80-300 насінин на квадратний метр (Christian and Elbersen, 1998; Peters et al., 1989; Vassey et al., 1985; Vogel, 1987

5.9. Сівба насіння проса прутіподібного

Сівбу насіння проса прутіподібного пропонується проводити в пізні строки, коли середньодобова температура ґрунту на глибині 10 см досягне 12-15 °С. Насіння висівають як широкорядним, так і звичайним рядковим способом. Для широкорядної сівби найкраще застосовувати сівалки точного висіву типу "Містраль", "Клен-6" з електронною системою контролю норми висіву (ВСС). Використовують також овочеві сівалки СО-4,2, переобладнані бурякові, ССТ-12Б, пневматичні СУПН-8А та ін., а для звичайного рядкового посіву - СЛТ-3,5, СУТ-4,7, СЗТ-3,6, СЗТ-3.6А, СТС-2,1, СКК-12 та ін. Малі норми насіння висівають із застосуванням баласту.

Кращим способом сівби багаторічних злакових трав на насіння є широкорядний посів з міжряддями 45 см. Такий спосіб сівби створює необхідний поживний і повітряно-водний режими ґрунту та, що важливо у насінництві, дозволяє краще вести догляд за рослинами в період вегетації, якісно проводити видові і сортові прополювання. За даними досліджень, весняний строк сівби одночасно з ранніми зерновими культурами дає можливість отримати урожай насіння вже у рік сівби. Насіння зазвичай збирають у другий і наступні роки вегетації (рис. 37).

Норми висіву насіння визначають, враховуючи біологічні особливості виду, ґрунтово-кліматичні умови, строк і спосіб сівби. На чистих від бур'янів ґрунтах ці норми висіву можна зменшити на 10 %, а за сівби під покривну культуру або за пізніх строків сівби їх необхідно збільшити на 10-15 %. Встановлюючи норму висіву, беруть до уваги масу 1000 насінин і господарську придатність. Слід зазначити, що польова схожість насіння проса лозовидного буває низькою. Тому, за сівби у недостатньо зволожений і неякісно підготовлений ґрунт, при відхиленні від рекомендованої глибини загортання насіння польова схожість його може значно знизитися - до 20-25%. Значний вплив на польову схожість насіння має енергія проростання, норма висіву, посівна (господарська) придатність та глибина загортання на різних ґрунтах.



Рис.37. Волоть проса прутopodobного з насінням у другий рік вегетації

Вага 1000 насінин залежить від сорту та умов навколишнього середовища та коливається в межах від 1,2 до 1,6 г. Насіння гладеньке і легко проходить через висівні отвори в сіялці, полегшуючи висівання (рис. 38). Високий рівень стану спокою насіння можна зменшити, зберігаючи його при кімнатній температурі терміном до чотирьох років, хоча це може призвести до зменшення дружності сходів. Також стан спокою можна зменшити яровизацією при ранньому висіванні насіння за холодних і вологих умов. З метою

підвищення польової схожості проса прутоподібного проводять декілька протруювань насіння, застосовують «вологе заморожування», яровизацію насіння, обробку сірчаною кислотою і замочування насіння розчинами. Виводяться нові сорти зі зниженим рівнем стану спокою. Урожайність насіння зазвичай коливається в межах 220-560 кг/га, але може досягати 1000 кг/га.



Рис. 38. Насіння проса прутоподібного

Під час сівби в залежності від сорту і розмірів насіння на 1 гектар висівається близько 15-25 мільйонів насінин. Головним завданням у процесі вирощування проса прутоподібного є отримання посівів з високою продуктивністю рослин у кількості 200-300 шт. на м^2 з 10-12 пагонами на рослину, що забезпечує 3000-6000 пагонів на одному квадратному метрі.

За смугової сівби проса прутоподібного в залежності від сорту, схожості та інших властивостей насіння і відповідно до зональних рекомендацій повинні застосовуватися такі норми його висіву – 4-7 кг/га. Ложе для насіння має бути однакової глибини, щільність ґрунту в зоні розміщення насіння – $1,1-1,3 \text{ г/см}^3$. Не допускаються нагромадження ґрунту і поживних залишків перед робочими органами посівного агрегату, а також огріхи.

Глибина сівби повинна уточнюватися у відповідності до оптимальної вологості ґрунту. За посушливих умов її необхідно збільшувати, щоб насіння лягало у вологий шар ґрунту, а при достатньому зволоженні вона повинна бути мінімальною. Під час сівби насіння вологі шари ґрунту не повинні виноситися на поверхню. Посівна борозна повинна бути однакової глибини і мати ущільнене дно – ложе для насіння. Насіння повинне укладатися на однакову глибину і загортатися пухким вологим ґрунтом. Відхилення фактичного висіву насіння від заданої норми висіву – не більше $\pm 4\%$. Кількість насіння, загорнутого на задану глибину, з відхиленням до 10 мм повинно бути не менше 80%. За сівби на глибину 10-15 мм наявність насіння на поверхні ґрунту не допускається, а за сівби на глибину до 20 мм допускається не більше 0,1% незагорнутого насіння від фактичної кількості висіяного. Щільність ґрунту в зоні розміщення насіння – 1,1-1,3 г/см³.

Ширина основних і стикових міжрядь у межах ширини захвату посівного агрегату повинна бути однаковою, а їх відхилення від заданого основного міжряддя - не більше 10 мм. При проході посівного агрегату маркер повинен залишати на незасіяній поверхні поля безперервний слід, добре видимий з робочого місця тракториста. Висота гребенів і глибина борозен на поверхні після проходу посівного агрегату повинні бути не більше 30 мм.

З метою прискорення першого міжрядного обробітку до появи сходіврослин застосовують сівбу з маячними культурами – редискою або гірчицею білою, що сходять раніше за основну культуру і дуже швидко проростають. Насіння таких культур домішують у невеликих кількостях до насіння основної культури і засипають у всі посівні секції або в додаткові вставні бункери над висівними апаратами сівалок, або лише в крайні секції сівалки. Маячна культура дає можливість провести перший міжрядний обробіток до появи сходів. Маячна культура може пригнічувати розвиток рослин проса прутоподібного, якщо сильно загущені посіви. Тому маячна культура повинна мати малу густоту стояння і не вилягати. Норма висіву

маячної культури (гірчиця біла) – 1-2 кг/га. Глибина загортання насіння – 1-1,5 см.

Найбільш ефективним строком сівби насіння проса прутоподібного є ранньовесняний – у другій декаді квітня (табл. 26).

Таблиця 26

Вплив строку сівби і глибини загортання насіння на польову схожість і виживаність рослин проса прутоподібного в умовах західного Лісостепу України, %

Строк сівби	Польова схожість насіння за сівби на глибину			Вживаність рослин за сівби на глибину	
	<i>0,5 см</i>	<i>1,0 см</i>	<i>1,5 см</i>	<i>0,5 см</i>	<i>1,0 см</i>
Ранньовесняний	47,6	53,6	23,8	55,9	83,8
Пізньювесняний	45,1	51,6	22,5	24,2	63,3
Літній	23,1	48,2	39,0	32,8	81,2
НІР ₀₅ , % для окремих відмінностей	2,5			1,7	

Оптимальна глибина загортання насіння за ранньовесняного строку сівби повинна бути в межах 0,5-1,0 см, за пізньювесняного строку (в другій декаді травня) – не повинна перевищувати 1,5 см.

Для сівби необхідно використовувати насіння з високими якісними показниками. Тільки в такому випадку можливе вирішення всіх інших технологічних питань вирощування проса прутоподібного.

5.10. Коткування посівів проса прутоподібного

Коткування посівів проса прутоподібного зазвичай проводять одночасно з посівом. Головне завдання коткування полягає в тому, щоб ущільненням підтягнути вологу ближче до поверхні ґрунту та у посушливих умовах якомога повніше зберегти її від фізичного випаровування, подрібнити великі грудки та вирівняти поверхню поля.

Дослідження показують, що за вологості ґрунту, нижчої ніж 60-70% ПВ (польової вологоємкості), пересування по капілярах води в

рідкій формі практично відсутнє. Ущільнений прошарок ґрунту, створений коткуванням, необхідно розглядати як фільтр, який знижує випаровування вологи.

Щоб визначити тиск котка на 1 см захвату, слід його масу в кілограмах розділити на ширину захвату котка в сантиметрах. Після ущільнення верхнього шару ґрунту гладкими котками поверхню ґрунту потрібно змультувати.

Коткування перезволоженого ґрунту сильно ущільнює його, призводить до утворення кірки. Тільки коткування при оптимальній вологості ґрунту забезпечує високу ефективність цього заходу (рис 39).

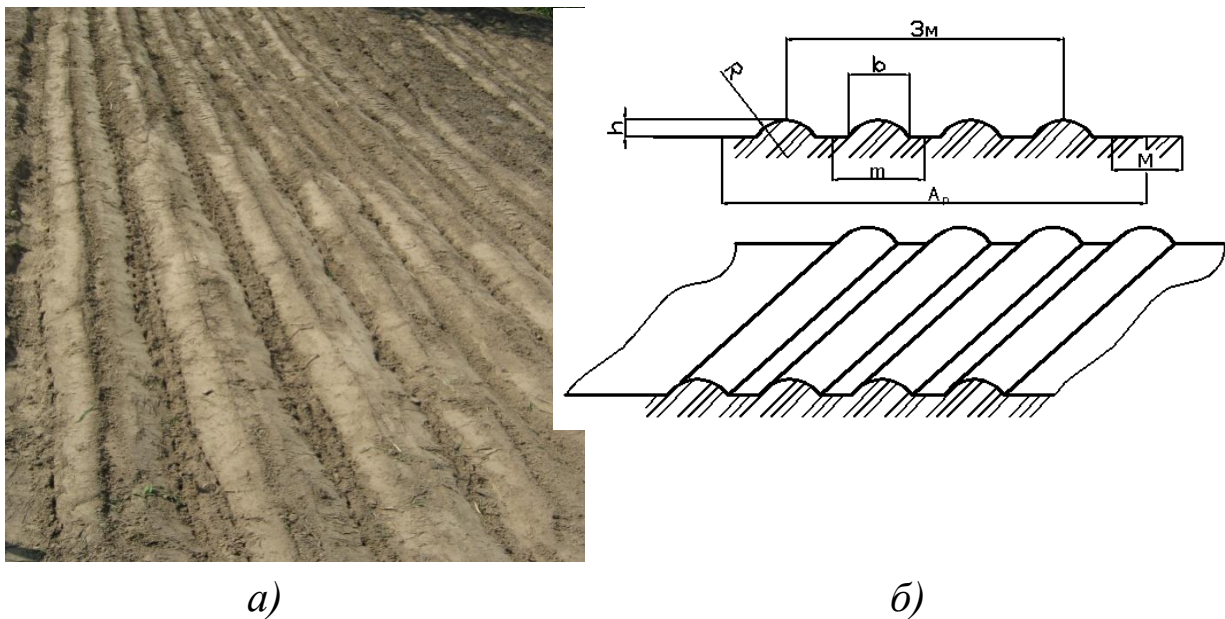


Рис. 39. а) Посів насіння проса прутоподібного в спеціально утворений катком профіль. б) Схема створення овального профілю рядка НТЦ «Біоенергія», м. Борщів, 2016 р.

5.11. Догляд за посівами проса прутоподібного

Особливістю злакових культур є пізній розвиток рослин, які пригнічуються бур'янами у першій фазі розвитку. Найбільшою складністю в технології вирощування є велика чутливість рослин до

умов життєзабезпечення в перший рік вегетації, особливо на початку росту й розвитку.

Найбільш слабкою ланкою в технології вирощування проса прутоподібного є сильна забур'яненість посівів на період сходів культури в перший рік вегетації. Вирішення даної проблеми протягом першого року в подальшому знімає проблему забур'яненості.

Інтенсивність проростання насіння проса прутоподібного та повнота сходів обумовлюються такими показниками як температура і вологість ґрунту. За низької температури і вологості ґрунту період схожості рослин збільшується, а тривала нестача призводить до загибелі рослин. Проте вирішальним фактором вважається вологість ґрунту, тому що вона із часом зменшується (особливо у період весняної засухи), а температура збільшується. Запаси ґрунтової вологи, утворені від танення снігу, не завжди забезпечують необхідні умови для росту і розвитку рослин. Вологість ґрунту в період посіву і кількість вологи в орному шарі постійно змінюється і залежить від погодних умов. Польова схожість рослин залежить від строків садіння, дружність появи сходів відіграє важливу роль для механізованого догляду за насадженнями.

5.12. Міжрядний обробіток ґрунту

Агроекологічне значення міжрядних розпушувань. Основне завдання міжрядних розпушувань — боротьба з бур'янами, підрізання у міжряддях, присипання та підгортання їх у захисних смугах. Міжрядні розпушування поліпшують умови вегетації рослин, температурний, повітряний, водний, поживний та мікробіологічний режими ґрунту (рис. 40). В Лісостепу і Степу розпушування запобігає утворенню глибоких тріщин, втраті вологи, зменшує перегрівання ґрунту. Посилення газообміну в ґрунті поліпшує діяльність вільноживучих азотфіксуючих бактерій, корисних мікроорганізмів, процеси нітрифікації та ін.



а)

б)

Рис. 40. Посіви проса прутоподібного весною в період міжрядного обробітку НТЦ «Біоенергія», м. Борщів, 2016 р. :
а) другий місяць вегетації; б) третій місяць вегетації

Для встановлення оптимальних строків міжрядного обробітку ґрунту в різних фазах росту рослин та розробки ефективних прийомів боротьби з бур'янами проводиться механізований догляд за посівами, що полягає у міжрядних культиваціях (рис. 41-42). Їх проводять протягом усієї вегетації до змикання надземної частини рослин. Робочі органи культиватора у вигляді лап-брить, долотоподібні лапи, ротаційні голчасті диски підрізають бур'яни, знищують сходи, розпушують ґрунт і руйнують ґрунтову кірку. Догляд за посівами проса прутоподібного з використанням просапної техніки знижує витрати праці на ручну прополку до 40%. При роботі культиватора голчасті диски, занурюючись у ґрунт, завдяки обертанню руйнують кірку, вивертають проростки і сходи однорічних бур'янів. Умовою успішного догляду за посівами та ефективною роботи ротаційних розпушувачів є проведення культивації при масовій появі сходів однорічних бур'янів у фазі кущення рослин, при цьому вони

вичісують з ґрунту велику кількість коріння, підрізають лапами-бритвами, вивертають на поверхню сходи і проростки бур'янів. Зуби розпушувачів, підходячи впритул до рослин, обробляють ґрунт в захисній зоні, залишеній лапами-бритвами. Середня ширина захисної зони після проходу культиватора становить 5-6 см. В умовах достатнього зволоження ґрунту підрізані бритвами бур'яни швидко приживаються. У цьому випадку є ефективною повторна культивація.

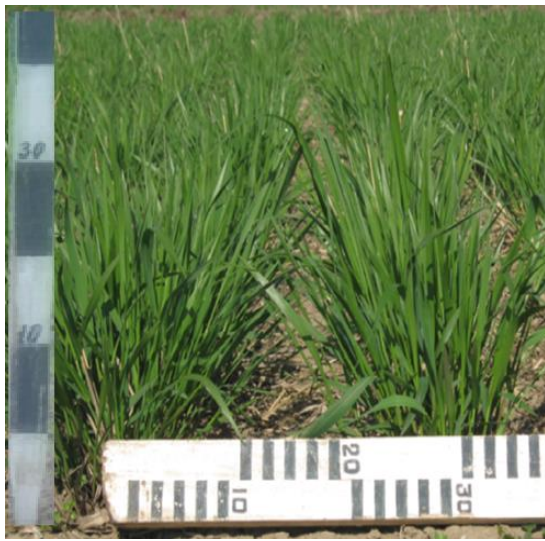


Рис.41. Ширина міжрядь 30 см, посів без маячної культури, стан рослин через 20 днів після початку відростання. **Рис.42. Ширина міжрядь 45 см, посів з маячною культурою, стан рослин через 20 днів після початку відростання.**

Догляд за посівами передбачає проведення комплексу заходів захисту посівів від бур'янів, шкідників і хвороб та створення оптимального водно-повітряного і поживного режимів для культури. До удобрення і агротехніки дуже вимогливі трави озимого типу розвитку, до яких відносяться більшість видів трав, які висівають тільки широкорядно. На широкорядних безпокровних посівах у рік посіву проводять два рихлення міжрядь. Перше рихлення - після означення рядків на глибину 3-5 см, друге - у фазі куціння (5-7 см).

Найважче знищувати бур'яни і розпушувати ґрунт у захисних смугах та в середині рядків. Незважаючи на це, для сучасних технологій вирощування багаторічних злакових культур розроблено багато пристосувань для комплектування просапних культиваторів у вигляді невеликих пружинних зубів, міні-борін і дисків. Рамка з пружинними зубами прикріплюється шарнірами до тримача просапного культиватора і застосовується для розпушування ґрунту в захисних зонах і міжряддях. Розпушувальні голчасті диски мають діаметр 350, 450 і 520 мм із зігнутими в один бік загостреними зубами. Під час руху таких дисків у міжряддях і захисних зонах зуби заглиблюються в ґрунт до 4—9 см, розпушують його і знищують бур'яни. Одним з ефективних пристосувань для механічної роботи в зоні рядка є ротор прополювальний, який призначений для розпушування ґрунту і знищення бур'янів у міжряддях з мінімальними (30—50 мм) захисними смугами. На кожному диску прикріплено шість роторів (розпушувачів) з чотирма зубами, які вільно обертаються на осі. Під час руху культиватора ротор вільно обертається від взаємодії зубів розпушувача з ґрунтом. Зуби розпушують ґрунт, виривають бур'яни, кидають їх на поверхню міжрядь або присипають ґрунтом (рис. 43). Всі вказані вище пристосування до просапних культиваторів застосовуються окремо, або комплектуються на пристрої для прополювання в рядках ППР-5,4—0,2.

Проводячи міжрядний обробіток проса прутopodobного, необхідно звертати увагу на режим зволоження. В засушливі роки міжряддя розпушують на меншу глибину. Це запобігає пересиханню верхнього шару ґрунту і менше пошкоджуються корені. В умовах достатнього зволоження, навпаки, проводять глибокі розпушування, які посилюють аерацію ґрунту, сприяють розвитку кореневої системи. Якість міжрядного обробітку залежить від прямолінійності рядків. Ширина захвату просапних культиваторів повинна співпадати з шириною сівалки. Робочі органи просапних культиваторів повинні повністю підрізати бур'яни в міжряддях, не виносити вологий шар

грунту на поверхню, не пошкоджувати рослин понад 1—2%, не відхилятися від заданої глибини більш як на 15%, що становить для неглибокого обробітку ± 1 см, а для глибокого ± 2 см.



**Рис.43. Присипання бур'янів в міжряддях проса прутноподібного
НТЦ «Біоенергія», м. Борщів, 2016 р.**

Бур'яни – основна причина загибелі посівів. Більшість сходів потребують проведення заходів по боротьбі з бур'янами. Зазвичай бур'янів з'являється так багато, що на полі складно відрізнити сходи проса прутноподібного. З цієї причини багато посівів культури залишаються незайманими до проведення відповідних заходів. Використання гербіцидів та скошування в основному будуть ефективними заходами для забезпечення, в решті-решт, конкурентоспроможності посівів проса прутноподібного, оскільки формується якісний травостій.

Гербіциди загальної дії використовуються зазвичай за декілька тижнів до та безпосередньо перед висіванням (Wolf and Fiske, 1995). Часто використовують гліфосат. Повторне використання гербіциду безпосередньо перед висіванням проводиться за нижчими нормами.

Сходи та вже дозрілі посіви проса прутноподібного толерантні до гербіциду атразину і симазину (Martin et al., 1982), які часто використовують при висіванні (Christian and Elbersen, 1998; Moser and Vogel, 1995). Проте є докази пошкодження молодих сходів, особливо

низовинних екотипів, гербіцидами атразин і симазин (Samson, pers. comm.; Bovey and Hussey, 1991).

На другий рік для знищення бур'янів на початку весни до появи сходів вносяться гербіциди ізопротурон, атразин, симазин, гліфосат (Christian and Elbersen, 1998; Wolf and Friske, 1995; Ocumpaugh et al., 1997).

Знову ж таки, добре сформований травостій стійкий проти всіх бур'янів.

Хвороби та шкідники здебільшого не є загрозою новим чи укоріненим посівам, оскільки більшість культур генетично різні і мають значні рівні стійкості (Moser and Vogel., 1995; Samson, pers. comm.; Wolf and Fiske, 1995).

Встановлено, що польова схожість проса прутіподібного залежить від строків посіву, адже дружність появи сходів відіграє важливу роль для механізованого догляду за рослинами. Використання нових технологій підготовки ґрунту та догляду за рослинами в процесі вегетації дає можливість створити оптимальні умови для підвищення їх продуктивності [1].

Важливим елементом у технології вирощування проса прутіподібного є те, що сходи слабо конкурують з бур'янами і це ускладнює процес обробітку ґрунту в перший рік вегетації. Тому створення оптимальних умов на початкових і подальших етапах вирощування, особливо на неокультурених ґрунтах з низькою родючістю, можливо досягти лише за ретельного підходу до підготовки ґрунту. Серед основних завдань підготовки ґрунту є створення найбільш сприятливого водно-повітряного, теплового і поживного режимів протягом усього періоду вегетації рослин. Крім поліпшення фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту, передпосівна підготовка сприяла знищенню бур'янів, шкідників і збудників хвороб злакових рослин. При загортанні в ґрунт добрив і рослинних решток створюються сприятливі умови для високоякісної сівби, одержання повних і дружних сходів, отже, зростає

ефективність решти агротехнічних, хімічних і біологічних заходів, які проводяться з метою підвищення врожайності біомаси.

Розмір втрат за продуктивністю (зеленої маси) злакових культур за середньої та сильної засміченості полів сягає 30% і більше. Бур'яни знижують родючість ґрунту шляхом використання значної частини поживних речовин, що є в ґрунті, та пригнічують посіви, затіняють культурні рослини. На забур'янених посівах температура ґрунту зменшується на 2-4 °С. Це знижує активність ґрунтових організмів, уповільнює процеси розкладання органічних речовин та зменшує їх кількість [7]. Біологічна особливість проса прутоподібного – сповільнене початкове зростання надземних органів, що триває 3-4 тижні до моменту, коли утворюється потужна коренева система. Цей термін вважається критичним для проса прутоподібного, оскільки дводольні бур'яни за цей час активно вегетують і створюють значну конкуренцію.

Кількість стебел і висота рослин проса прутоподібного на кінець першого року вегетації за роки досліджень була найвища при комбінованій ширині міжрядь (табл. 27).

Обов'язковим прийомом при висіванні дрібного насіння є вирівнювання поверхні ґрунту, досходове і післясходове прикочування. Вирівнювання і прикочування посівів проса прутоподібного забезпечує однотайну появу сходів.

У варіантах досліджень застосовувалися нові прийоми посіву з метою створення оптимальних умов для збереження вологості, температурного, світлового режимів для раціонального використання енергії проростання насіння, отримання дружних сходів та застосування раціональної технології обробітку ґрунту з мінімальними затратами (рис. 44-45).

Для забезпечення даних умов застосовували комбіновану ширину міжрядь, що передбачає посів шляхом чергування основних і технологічних міжрядь відповідно до ширини захвату посівного агрегату.

Кількість стебел і висота рослин проса прутоподібного на кінець першого року вегетації за роки досліджень (середнє за 2009-2013 рр.). НТЦ «Біоенергія»

Варіанти дослідів	Роки										Середнє значення	
	2009		2010		2011		2012		2013			
	к-сть. стебел	висота,	к-сть. стебел	висота,	к-сть. стебел	висота,	к-сть. стебел	висота,	к-сть. стебел	висота,	к-сть. стебел	висота, см
Міжряддя 0,15 м	197	51	262	59	194	55	270	50	281	69	241	57
Міжряддя 0,30 м	244	73	265	60	256	74	265	66	272	72	260	69
Міжряддя 0,45м	210	56	216	82	234	69	235	80	245	95	228	76
Комбінована ширина міжряддя 4х0,35+0,45 м	218	67	275	82	266	79	267	85	270	92	259	81

Особливістю даної операції є те, що сівба здійснюється за відповідною схемою спільно з коткуванням для створення овального профілю рядка з метою зменшення операції передпосівного обробітку ґрунту, збереження вологості, створення оптимальних умов температурного та світлового режимів для появи дружних сходів та успішного проведення досходового міжрядного обробітку ґрунту.



**Рис.44. Енергетична плантація проса прутіподібного літом
(Ялтушківська ДСС) 2010 р**



**Рис.45. Рослини проса прутіподібного після першого року
вегетації восени, НТЦ «Біоенергія», м. Борщів, 2016 р.**

Основним завданням операції посіву з коткуванням є збереження в ґрунті нагромадженої за осінньо-зимовий період вологи.

Дослідженнями передбачалося також вивчення впливу основних прийомів догляду, направлених на зменшення засміченості посівів та зниження їх негативного впливу на врожайність біомаси. Досходове рихлення проводили, коли насіння проса прутіподібного вже зійшло,

але паростки ще не досягали поверхні ґрунту. Підрахунок кількості сходів засвідчив, що цей прийом не має істотного негативного впливу на появу сходів. Термін проведення досходового обробітку залежить від швидкості появи і зростання бур'янів. В умовах теплої, із достатньою кількістю вологи весни 2010 та 2013 рр., перший міжрядний обробіток проводили, коли бур'яни перебували у стадії «білих ниток», що дозволило знизити засміченість поля на 60 %. В холодному і недостатньо вологому 2009 і 2011 рр. операція досходового обробітку ґрунту забезпечила зменшення кількості бур'янів лише на 30 %.

У фазі повних сходів проса прутоподібного бур'яни істотно відрізняються за фазами розвитку. Після міжрядного рихлення та ушкодження кореневої системи бур'янів одні сходи відстають у зростанні, інші на 5-10-й день не можуть конкурувати зі зміцнілими рослинами. Навесні поява окремих груп бур'янів має власну динаміку. Ефемери і дводольні зимують (фіалка польова), а деякі ранні ярі (лобода біла) знищуються передпосівною культивацією.

Досходове рихлення міжрядь знищує переважно групу однорічних ранніх і пізніх ярих бур'янів (куряче просо). Після першого досходового обробітку засміченість поля бур'янами знижується на 10-30 %. Повторне рихлення міжрядь проводили після появи сходів, що знижує кількість злакових бур'янів на 60-80%, двочасткових на 42-60%.

Найвища урожайність сухої речовини та вихід енергії проса прутоподібного, як свідчить рис. 1., в перший рік вегетації відзначалась при ширині 30 см, урожайності 5,7 т/га та при комбінованій ширині міжрядь - 5,5 т/га.

Встановлено, що рослини проса прутоподібного в перші 3-4 тижні розвиваються повільно. В цей час, коли температурні умови не цілком відповідають біологічним особливостям культури і розтягується період проростання насіння, бур'яни, особливо дводольні, сильно пригнічують сходи. З метою раціональної технології обробітку ґрунту з мінімальними затратами, зменшення

інтенсивного випаровування вологи застосовувались спеціальні катки з овальним профілем, які під дією сили тяжіння сівалки формували заданий профіль рядка. Щоб надати ґрунту оптимальної будови необхідно було забезпечити показники щільності ґрунту ($1,2\text{--}1,3\text{ г/см}^3$) після ущільнення гребенятиском $0,15\text{--}0,2\text{ кг/см}^2$.

Завдяки сформованій ширині міжрядь $0,35\text{ м}$ та спеціально створеній технологічній ширині колії $0,45\text{ м}$ створюється можливість проведення першого міжрядного обробітку ґрунту через $15\text{--}20$ днів після сівби, до появи сходів. У цей час насіння уже починає проростати і вкорінюватись, а бур'яни з'являються на поверхні ґрунту, або знаходяться у фазі білих ниточок і легко пошкоджуються лапами бритв та грудочками ґрунту, оскільки перерослі сходи бур'янів знищуються важче.

Щоб зменшити витрати на прополку і розпушування ґрунту в рядках проса прутоподібного, необхідно обробляти ґрунт якомога ближче до рослини, щоб до мінімуму скоротити захисну зону. Для міжрядного обробітку використовувався культиватор КРНВ-5,6-02 з ефективними лапами-бритвами в поєднанні з голчастими дисками, що розпушують ґрунт поблизу рослин і очищають ґрунт від сходів однорічних бур'янів на $60\text{--}70\%$. Умовою успішного догляду за посівами та ефективної роботи ротаційних розпушувачів є проведення культивації при масовій появі сходів однорічних бур'янів у фазі кущення рослин. При цьому вони вичісують з ґрунту велику кількість коріння, підрізають лапами-бритвами, вивертають на поверхню сходи і проростки бур'янів. Зуби розпушувачів, підходячи впритул до рослин, обробляють ґрунт в захисній зоні, залишеній лапами-бритвами. Середня ширина захисної зони після проходу культиватора, становить $5\text{--}6\text{ см}$.

Висновки: 1. Дослідженнями встановлено, що просо прутоподібне завдяки потужній кореневій системі та можливостям довготривалого використання є перспективною, економічно вигідною біоенергетичною культурою для вирощування на еродованих і малопродуктивних землях у більшості регіонів України.

2. Найбільшою складністю в технології вирощування проса прутоподібного є підвищена чутливість рослин до умов життєзабезпечення, найперше таких як вологість і температура ґрунту на початку росту й розвитку в перший рік вегетації.

3. Польова схожість насіння проса прутоподібного залежить від строків посіву, які обумовлюють дружність появи сходів, що відіграє важливу роль в подальшому механізованому догляді за рослинами.

4. Сприятливі умови для ефективного проростання насіння проса прутоподібного можна створити різними агротехнічними заходами з врахуванням агробіологічних особливостей даної культури, зокрема при посіві комбінованою шириною міжрядь з утворенням гребенів відповідного профілю.

Список використаних джерел

1. Перспективи вирощування свічграсу як альтернативного джерела енергії в Україні / С. М. Петриченко, О. В. Герасименко, Г. С. Гончарук [та ін.] // Цукрові буряки. – 2011. - №4. – С. 13 – 14.

2. Свічграс як нова фітоенергетична культура / О. В. Мороз, В. М. Смірних, В. Л. Курило [та ін.] //Цукрові буряки. – 2011. - №3. – С. 12-14.

3. Курило В.Л. Вплив строків сівби та глибини загортання насіння «Свічграсу» проса лозовидного на польову схожість в умовах західної частини лісостепу України / В.Л. Курило, М.Я. Гументик, В.В. Каськів // Наукові праці ІБКіЦБ НААН України. - Київ, 2013. №17, т. II. С 358-361.

4. Гументик М.Я. Розробка елементів технології вирощування проса прутоподібного «*Panicum virgatum* L» в умовах Лісостепу України [Електронний ресурс] //Збірник наукових праць Львівського національного аграрного університету 2014.Режимдоступу:<http://www.lnau.lviv.ua/lnau/attachments/1967>

5. Costs of Producing Switchgrass for Biomass in Southern Iowa, Iowa State University Extension Publication PM
www.extension.iastate.edu/Publications/PM1866.pdf
6. Курило В.Л., Гументик М.Я., Каськів В.В. Вплив строків сівби та глибини загортання насіння світчграсу проса лозовидного на польову схожість в умовах західної частини Лісостепу України //Зб. наук.пр ІБКіЦБ НААН. - Київ, 2013. №17, т-II. С 358-361.
7. Кулик М.І. Вплив умов вирощування на врожайність фітомаси світчграсу другого року вегетації //Вісник Полтавської державної академії №2, – 2013. С 30-35.
8. Comis, D. 2006. Switching to Switchgrass makes Sense, in Agricultural Research, July. USDA-
www.ars.usda.gov/is/AR/archive/jul06/grass0706.pdf
9. Wolter Elbersen. Switchgrass foe biomass: Bibliography and management practices Draft document FAIR 5-CT97-3701: Switchgrass (*Panicum virgatum*L.) as an alternative energy crop in Europe. Initiation of a productivity network. ATO-DLO, Wageningen. – 1998. – 22 P.

РОЗДІЛ 6

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА МАРГІНАЛЬНИХ ЗЕМЛЯХ У СТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ

*(Харитонов М.М. д.с.-г. наук, професор;
Гументик М.Я. к.с.-г наук, с.н.с.)*

6.1. Оцінка продуктивного потенціалу сортів міскантусу при виросщуванні на еродованих ґрунтах

З 16-ти відомих видів роду *Miscanthus* лише 8-9 можуть рости в помірній кліматичній зоні. Вони мають добре розвинену кореневу систему (2,5 м у глибину), характеризуються швидким ростом і непоганою стійкістю до низьких температур. На сьогоднішній день чотири види *Miscanthus* активно вивчаються і вирощуються у якості ефективного джерела біоенергетичної сировини. У першу чергу це відноситься до *Miscanthus x giganteus* J. M. Greef et Deuter ex Hodk. et Renvoize. – спонтанного стерильного гібриду між *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack. і *Miscanthus sinensis* Anderss. Цей вид поряд з іншими енергетичними культурами займає досить великі промислові площі в Західній Європі і США.

Потенціал інших видів міскантусу майже не вивчений, хоча на даний час можливості їх використання як енергетичної культури досить великі.

Кількісні та якісні показники біомаси міскантусу залежать не лише від генетичної складової виду, але і від великої кількості різних зовнішніх факторів: географічного розташування району вирощування, кліматичних умов, водного режиму, технології обробітку, забезпеченості мінеральними елементами. Вважається, що для вирощування *Miscanthus* підходять ґрунти середньої щільності з низьким рівнем ґрунтових вод. Рослина має відносно невелику потребу у воді, що відповідає річній кількості опадів на рівні 600-700

мм. Проте із збільшенням кількості біомаси ця потреба може зростати. Наприклад, 4-5-річні рослини *M. × giganteus* для нормального росту і розвитку можуть споживати кількість води, що відповідає рівню річних опадів 900 мм і більше. Зазвичай у степовій зоні України середньорічна кількість опадів не перевищує 500-550 мм. Дефіцит вологи може негативним чином позначитися на врожайності і якості біомаси. Отже, вивчення і відбір посухостійких продуктивних генотипів міскантусу є головною вимогою для економічно обґрунтованого вирощування в умовах недостатнього водозабезпечення.

Вивчено п'ять генотипів роду *Miscanthus* Anderss.: *M. sacchariflorus* (Maxim.) Hack., *M. sinensis* Anderss., *M. × giganteus* J. M. Greef et Deuter ex Hodk. et Renvoize., *M. oligostachyus* Stapf. і *M. sinensis* "Gracillimus" (рис. 46). Посадковий матеріал для дослідження був взятий з колекційних рослин Ботанічного саду Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара та з Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків (*M. × giganteus*). Для посадки були відібрані саджанці з 3-4 пагонами (рис. 1).

Рослини були висаджені навесні 2015 р. на експериментальних ділянках на еродованому ґрунті за такою схемою: для *M. sinensis*, *M. sinensis* «Gracillimus» і *M. oligostachyus* інтервал між рядами 75 см, інтервал між рослинами в рядку 60 см (щільність посадки 2 шт./м²); для *M. sacchariflorus* і *M. × giganteus* інтервал між рядками 90 см, інтервал між рослинами в ряду 75 см (щільність посадки 1,5 шт./м²).

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем мало гумусний середньосуглинистий. Фізико-хімічні та агрономічні показники цього типу ґрунтів є оптимальними для нормального росту і розвитку міскантусу. При дослідженні сортів міскантусу добрива і іригація не застосовувалися.

Кліматичні умови Дніпропетровського регіону відносяться до помірно континентального. Зима відносно м'яка з середньою температурою -3,1 °С. Літо тепле, в деякі роки посушливе. Середня

температура липня +22-24 °С. Середні денні температури влітку можуть досягати +30-34, а максимальні +37-40 °С. За останні роки спостерігається підвищення середньомісячної температури у порівнянні з багаторічними показниками опадів.



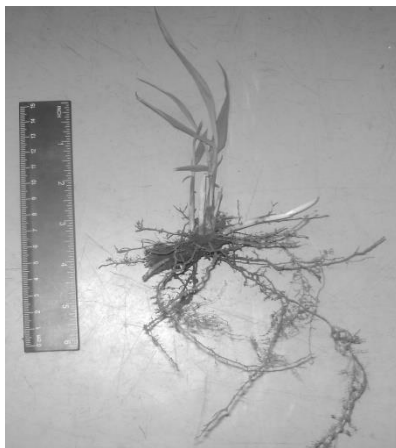
M. sacchariflorus



M. sinensis



M. sinensis "Gracillimus"
”



M. oligostachyus



M. × giganteus

Рис. 46. Ризоми різних сортів міскантусу

Враховуючи, що весна в степовій зоні нетривала, посадку міскантусу необхідно робити в найкоротші строки, щоб рослини встигли використати накопичену взимку ґрунтову вологу і зміцніти. Оптимальними строками весняної посадки є перша та друга декада квітня. Можлива також осіння посадка в жовтні. При дотриманні

строків посадки виживання саджанців у перший рік культивування висока з 80% (*M. × giganteus*) до 100% (*M. sacchariflorus*).

Згідно з даними багаторічних фенологічних спостережень в умовах степової зони України весняне відростання пагонів досліджуваних видів міскантусу починається переважно в кінці другої декади квітня, а в деякі роки – на початку травня. Вегетація триває до третьої декади жовтня. Найбільших розмірів рослини міскантусу досягають у фазу цвітіння, яка припадає на серпень-вересень. Період вегетації сорту міскантусу китайського *Gracillimus* більш тривалий. Пожовтіння листя у нього настає протягом грудня. У зв'язку з цим фаза цвітіння також настає пізніше, в листопаді, і в разі настання ранніх осінніх заморозків може залишитися незавершеною.

Жоден з досліджуваних видів міскантусів в умовах інтродукції насіння не утворює. Розмноження тільки вегетативне. При цьому висока вегетативна рухливість властива *M. sacchariflorus*, середня – *M. × giganteus* і *M. oligostachyus*, низька – *M. sinensis*. При визначенні щільності стояння пагонів спостерігається зворотна залежність: висока щільність – у *M. sinensis* (особливо у сорту *Gracillimus*), середня – у *M. × giganteus*, *M. oligostachyus* і низька – у *M. sacchariflorus*.

У перший рік після посадки всі види міскантусу активно наросували надземну і підземну біомасу, особливо це стосується підземної біомаси. Рослини *M. sinensis*, *M. × giganteus* і *M. sacchariflorus* до кінця вегетативного сезону мали висоту пагонів близько 1 м. Найбільш високим виявився *M. sinensis* (106,1 см), найнижчим – *M. oligostachyus* (56,5 см). На другий рік вирощування найбільш активний ріст спостерігався у *M. × giganteus* і *M. sacchariflorus*. Їх висота становила близько 2 м. Цей показник у *M. sinensis* і *M. sinensis* «*Gracillimus*» був меншим на 25-32%. Висота *M. oligostachyus* не перевищувала 1 м. У перший рік фази цвітіння не було у двох видів: *M. × giganteus* і *M. sinensis* "*Gracillimus*". В останнього вона також була відсутня і на другий рік. Інші види цвіли. Вимірювання довжини волоті показали, що цей показник постійний,

обумовлений генотипом і не залежить від віку рослин. Рослини *M. sacchariflorus* мають найбільш довге суцвіття, а *M. oligostachyus* – найкоротше. Утворення нових пагонів відбувалося протягом усього періоду вегетації. Упродовж першого року вирощування кількість пагонів на одному куші підвищилась у середньому у 3-4 рази. Інтенсивність наростання на другий рік вирощування була менше, ніж в перший рік, і для більшості видів становила 95-120%. Рослини *M. oligostachyus* показали найбільший темп росту (у 3 рази) у порівнянні з попереднім роком. При визначенні діаметру пагонів найбільші значення були виявлені у *M. x giganteus*, а найменші - у *M. oligostachyus*. Цей показник збільшується з віком, від 1,4% (*M. x giganteus*) до 10,7% (*M. sinensis* "Gracillimus"). Врожайність біомаси міскантусу з одиниці площі в перші роки вирощування залежить від щільності посадки рослин. Зі збільшенням щільності врожайність також збільшується. Однак посадка більшої кількості рослин може збільшити вартість закладки плантації від 50 до 150%. Тим більше, що в наступні роки різниця між врожайністю на ділянках, що відрізняються щільністю посадки, нівелюється. Зазвичай щільність посадки міскантусу становить 10000-25000 шт./га. В умовах Степу оптимальною вважається середня щільність посадки: 14800 шт./га для *M. sacchariflorus* і *M. x giganteus* і 20000 шт./га для інших видів. Збирання надземної біомаси проводилося в кінці вегетативного сезону в жовтні. Виявлено, що в процесі сушіння рослини втрачають до 44 % води. Проте цей показник трохи варіює між видами від 37,3% (*M. sacchariflorus*) до 43,9% (*M. oligostachyus*).

Врожайність сухої біомаси в перший рік вирощування була невеликою. Серед високорослих видів цей показник варіював від 0,8 до 2,3 т/га. Продуктивність низькорослого *M. oligostachyus* була найнижчою – всього 0,33 т/га. Протягом другого року спостерігалось значне збільшення врожайності для всіх видів. Продуктивність збільшилася від 2,5 (*M. sinensis*) до 3,6 рази (*M. oligostachyus*). Щодо абсолютних показників, найбільші значення були зафіксовані для *M. x giganteus* – 6,76 т/га. Однак ці дані дещо нижче, ніж аналогічні

показники врожайності різних видів міскантусу, отримані для європейських і східно-азіатських регіонів. В Україні таке порівняння можна провести тільки для *M. × giganteus*, оскільки інші види практично не вивчені. Порівняльна оцінка показала, що в степовій зоні України врожайність *M. × giganteus* в перші роки вирощування нижче на 20-50%, ніж у Поліссі і Лісостепу. Отже, є явний негативний вплив посушливих умов на продуктивність біомаси цієї культури.

Таким чином, еродовані ґрунти можуть бути використані для вирощування цієї енергетичної рослини.

6.2. Характеристика природно-кліматичних умов в районі розташування Покровського стаціонару рекультивації порушених земель ДДАЕУ

Протягом двох років (2016-2017) було проведено дослідження на Покровському стаціонарі рекультивації земель Дніпровського аграрно-економічного університету. Було закладено два варіанти експерименту: польовий та модельний. Концентрація гумусу в субстраті не перевищувала 1,5%. Співвідношення гумінових та фульвокислот знаходилось в межах 0,2-0,5, що свідчить про слабкий рівень гумусонакопичення та активну деструкцію мінеральної частини ґрунту. Для визначення ефекту внесення різних речовин було використано п'ять варіантів підживлення: мінеральне добриво $N_{60}:P_{60}:K_{60}$ кг/га; зола лушпиння соняшнику та осад стічних вод (ОСВ) в кількості 10 т/га; суміш золи з осадами стічних вод в кількості 10 т/га; подвійна доза осаду стічних вод (20 т/га). Усі добрива вносилися одноразово навесні в сухому вигляді із закладенням у ґрунт.

У модельному експерименті рослини вирощувалися у лізіметрах з геохімічноактивною темно-сірою сланцевою глиною (ТСГ). Глина була взята з ділянки, що знаходиться на стадії природного заростання протягом чотирьох десятиріч. Необхідна

кількість субстрату була відібрана у трьох шарах: 0-20 см, 20-40 см і 40-60 см, та засипана у лізіметричні посудини шаром 60 см. Підстильним субстратом був пісок. Темно-сіра сланцева глина містить до 1% піриту. В результаті його окислення у присутності води утворюються закисна форма заліза та сірчана кислота, які підкислюють ґрунтовий розчин та шкідливо впливають на ріст і розвиток рослин. Не менш шкідливою є окис сірки, що утримується під час окислення піриту без доступу води. Ці хімічні процеси супроводжуються виділенням тепла, що, в свою чергу, обумовлює сухість породи та її бідність на органічну речовину (вміст гумусу 0,8-0,9%). Значення рН у різних пластах варіюють від 6,4 (шар 40–60 см) до 7,4 (шар 0-20 см). Нижні шари є більш засоленими. Показники електропровідності знаходяться в межах від 182 мСм/см (шар 0-20 см) до 1523 мСм/см (шар 40-60 см). Це свідчить про те, що ТСГ в зоні аерації досі перебуває під впливом окисно-відновлювальних процесів.

Покровський стаціонар рекультивації земель розташований на півдні Дніпропетровської області у степовій посушливій кліматичній зоні з середнім гідротермічним коефіцієнтом 0,9. В останні роки спостерігається поступове збільшення середньомісячної температури повітря з одночасним зменшенням кількості опадів у вегетаційний період. Так, у роки дослідження гідротермічний коефіцієнт знаходився у межах 0,76-0,74, а у періоди активного росту та накопичення біомаси був ще меншим – 0,59 у 2016 р. та 0,46 у 2017 (рис. 47).

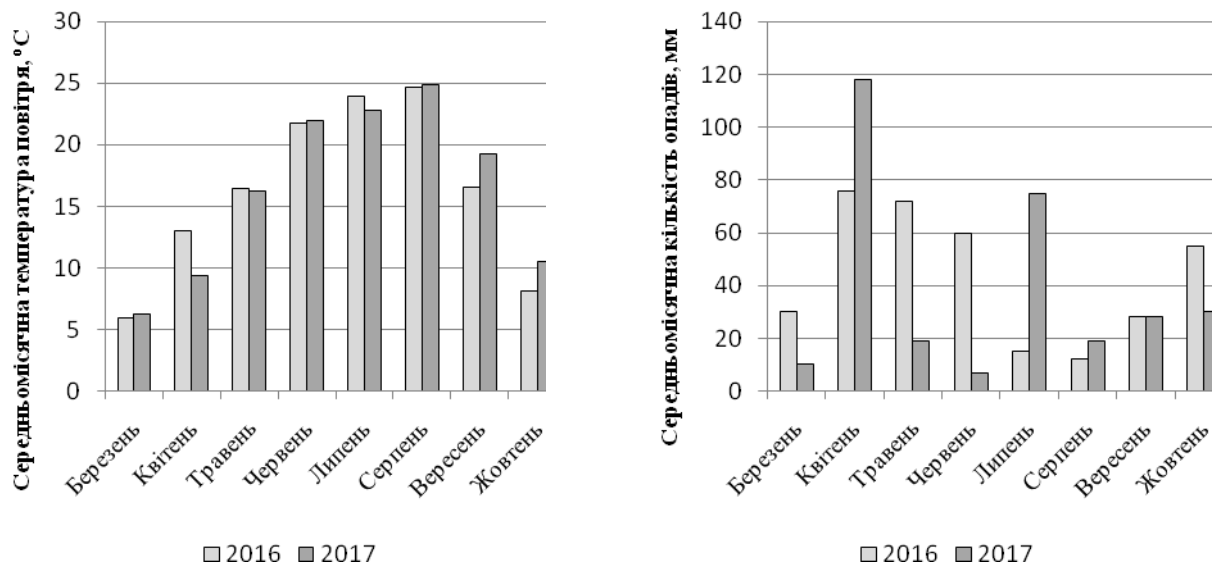


Рис.47. Середньомісячна температура та кількість опадів у районі дослідження

Отже, найбільш несприятливим з двох років проведення досліджень потенціалу енергокультур на Покровському стаціонарі рекультивації був 2017 рік.

6.3.Оцінка продуктивного потенціалу міскантусу при вирощуванні на гірських породах

Міскантус можна вирощувати на різних типах ґрунтів. Вважається, що найкращу продуктивність рослина має на добре дренованих ґрунтах з кислотністю у діапазоні від 5,5 до 7,5 та з середнім і високим рівнем родючості. Враховуючи відносну невимогливість міскантусу до умов навколишнього середовища, актуальним є вивчення потенціалу цієї культури при вирощуванні на малопродуктивних та рекультивованих землях.

Протягом двох років (2016-2017) на Покровському стаціонарі низькопродуктивних земель Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету було проведено комплексне дослідження з виявлення дії різних типів полімінеральних гірських

порід та їх сумішей на біометричні показники та продуктивність біомаси міскантусу.

Перший – у лізіметрах з 8-ю різними моделями техноземів (рис.48 та 49).



Рис.48. Модельні дослід з міскантусом на стаціонарі рекультивації земель

Умовна характеристика литеземів є такою: I – лесоподібний суглинок (ЛС), взятий з борта кар'єру (0-150 см), II – технічна суміш порід (ТС), яка складається з лесоподібного суглинку та червоно-бурої глини, взятих з борта кар'єру (0-150 см), III – червоно-бура глина (ЧБГ), взята з борта кар'єру (0-150 см), IV – сіро-зелена глина (СЗГ), взята з борта кар'єру (0-150 см), V – насипний родючий шар чорнозему (НРШЧ) 0-50 см + сіро-зелена глина (50-150 см), VI – насипний родючий шар чорнозему (0-50 см) + червоно-бура глина (50-150 см), VII – насипний родючий шар чорнозему (0-50 см) + лесоподібний суглинок (50-100 см), VIII – насипний родючий шар чорнозему (0-150 см).

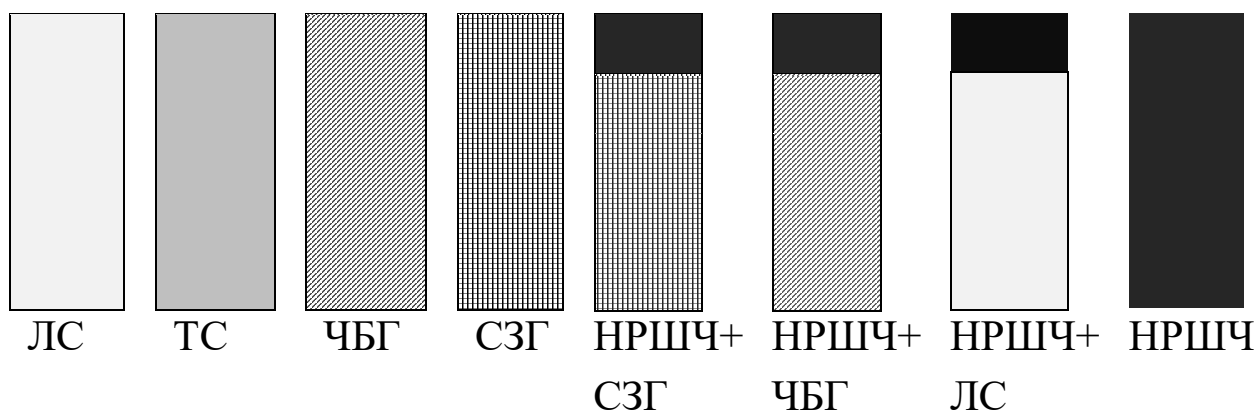


Рис.49. Моделі техноземів у лізиметричних посудинах

Другий варіант був закладений у лізиметрах з геохімічно активною темно-сірою сланцевою глиною (ТСГ). Глина була взята з дослідної ділянки, яка перебуває у стадії природного заростання чотири десятиріччя. Необхідна кількість гірської породи була відібрана у трьох шарах: 0-20 см, 20-40 см та 40-60 см та відсипана у лізиметричні посудини шаром 60 см. Підстильним субстратом був пісок.

Вирощування міскантусу у лізиметричних посудинах виявило вплив різних типів техноземів на біометричні показники. Так, у перший рік різниця у висоті рослин між варіантами складала до 33 см. Найменші показники відмічені у варіанті з насипним шаром чорнозему (130 см), а найбільші – на сіро-зеленій глині з додаванням чорнозему (163 см). Але на другий рік це співвідношення змінилося і найбільша висота була зареєстрована у рослин на червоно-бурій глині з додаванням чорнозему (172,5 см), а найменша – у варіанті з сіро-зеленою глиною (150,8 см) (рис.50).

З віком рослини додають у рості від 2-3% (моделі V та II) до 20-30% (моделі VII, VIII та VI). У перший рік вирощування рослини міскантусу утворюють в середньому від 8-ми до 13-ти монокарпічних пагонів на кущі в залежності від типу ґрунту, на якому вони зростають. Найгірший результат був зафіксований у варіанті з темно-сірою сланцевою глиною на шарі 0-20 см, де кількість пагонів на одній рослині не перевищувала 5 шт.

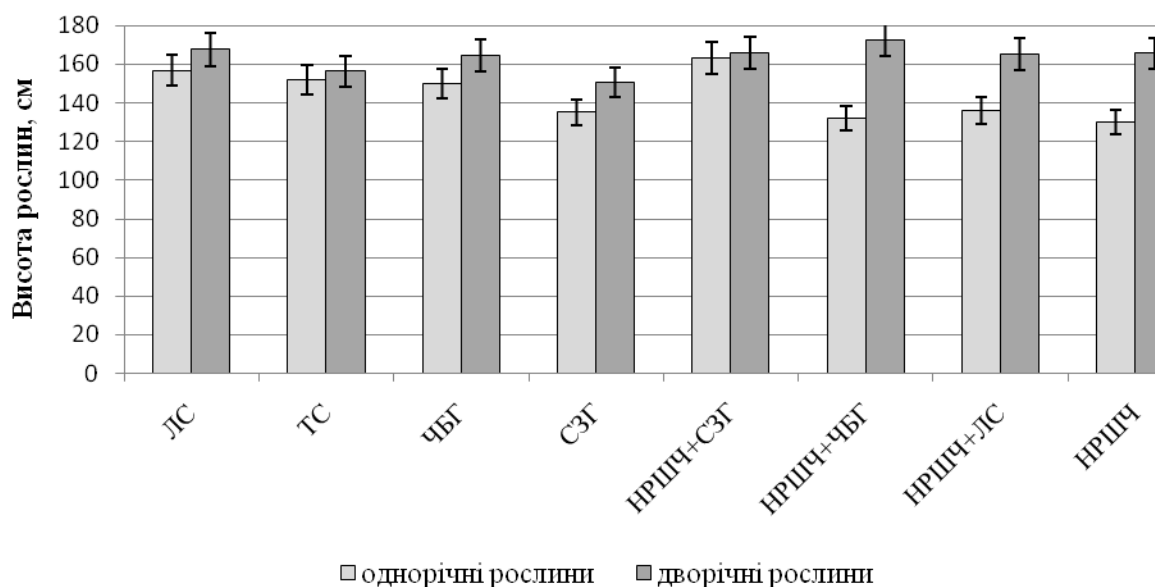


Рис.50. Висота рослин у лізиметрах з різними моделями техноземів

Протягом другого вегетаційного періоду інтенсивність нарощування дернини була на рівні 70-120%. В результаті кількість пагонів у дворічних рослин складала від 15 до 30 шт. (рис. 51).

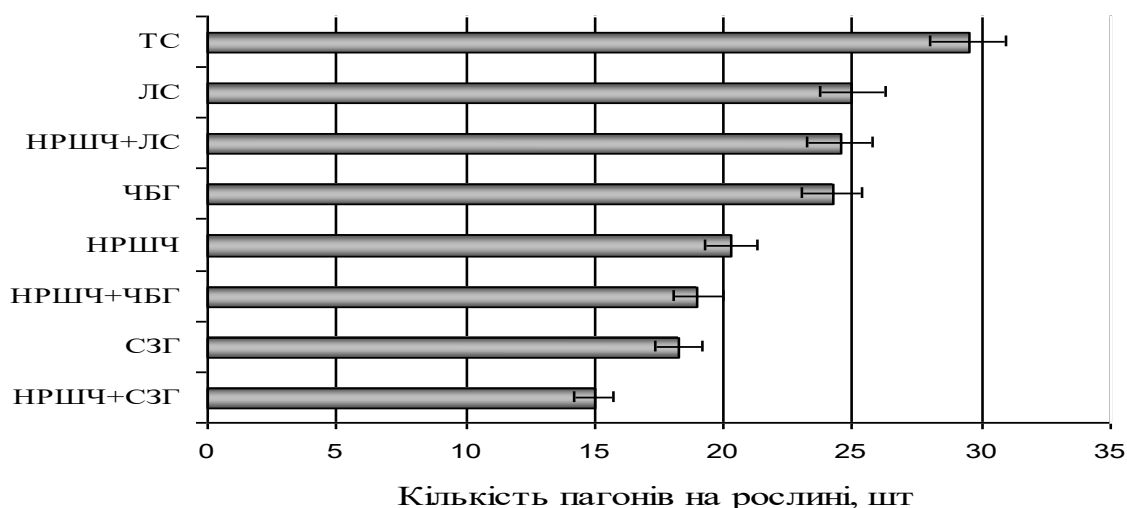


Рис.51. Кількість пагонів у дворічних рослин залежно від типу технозему

Діаметр монокарпічного пагона – величина, слабкозалежна від віку рослини, але фактори навколишнього середовища можуть впливати на її значення. Так, в даному експерименті виявлено

варіювання цього показника, яке знаходиться в інтервалі між 7 мм та 9,5 мм залежно від типу ґрунту, на якому зростали дослідні рослини. Найбільш товсті міцні пагони міскантусу розвиває на суміші порід та на лесоподібному суглинку, а найслабші - на сіро-зеленій глині. Для визначення врожайності сухої біомаси міскантусу було підраховано середню вагу однієї рослини. Розрахункові дані з врожайності біомаси міскантусу другого року вегетації на різних типах літоземів наведені на рис.52.

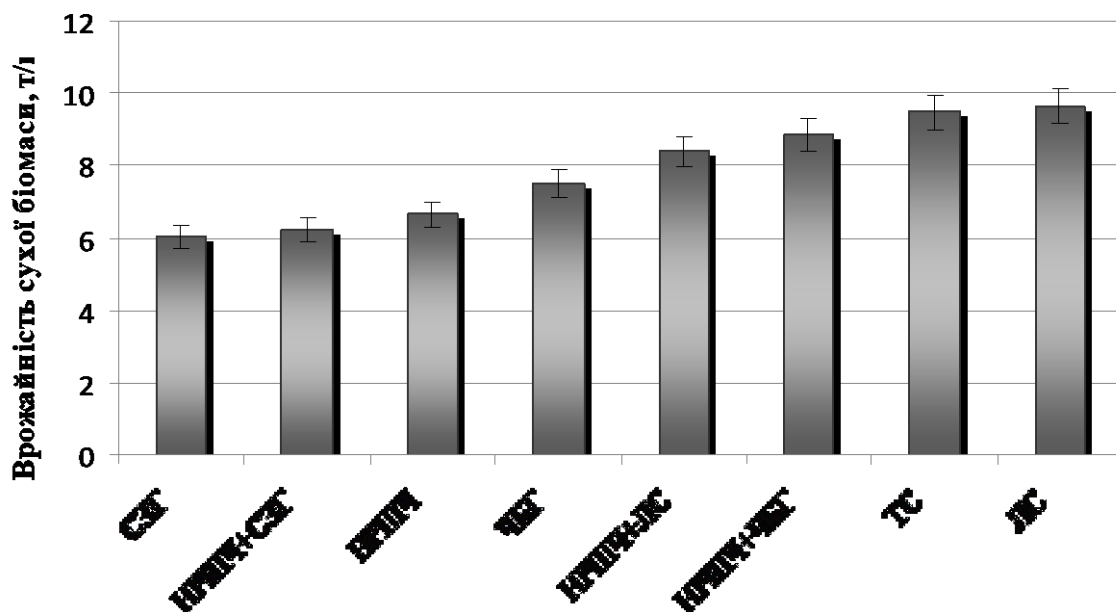


Рис.52. Врожайність сухої біомаси міскантусу другого року вегетації на різних типах літоземів

Найбільші показники врожайності отримані на другий рік при вирощуванні міскантусу на фітомеліорованих лесоподібному суглинку та суміші гірських порід. У варіанті з темно-сірою сланцевою глиною на шарі 20-40 см та 40-60 см результати були майже однаковими – 201,8 г та 213,4 г відповідно. Вага однієї рослини на шарі 0-20 см була значно нижче (лише 143,6 г) за рахунок слабкого розвитку монокарпічних пагонів. Отримані дані для однорічних рослин відповідають аналогічним результатам, оприлюдненим при вирощуванні міскантусу в інших регіонах України з достатньо високим рівнем водозабезпечення. Врожайність

міскантусу другого року вегетації виявилася трохи нижче, ніж наведена в даних роботах. Таким чином, доведено здатність міскантусу гігантського нормально зростати на різних видах маргінальних та рекультивованих земель та давати стабільні врожаї. Найбільш придатними для вирощування міскантусу виявилися лесоподібний суглинок, технічна суміш лесоподібного суглинка та червоно-бурої глини, а також червоно-бура глина з додаванням родючого шару чорнозему. Проте на інших типах техноземів продуктивність цієї рослини також відносно висока. Особова увага в дослідженнях була прикута до можливості вирощування міскантусу на темно-сірій сланцевій глині. На відміну від решти гірських порід ця глина містить до 1% піриту. Відсипка цієї глини на земну поверхню відбулася 50 років тому. Отже, цей субстрат перебував під впливом хімічного і біологічного вивітрювання. Дані визначення рН і електропровідності у трьох шарах фітомеліорованої темно-сірої сланцевої глини наведені на рис.53.

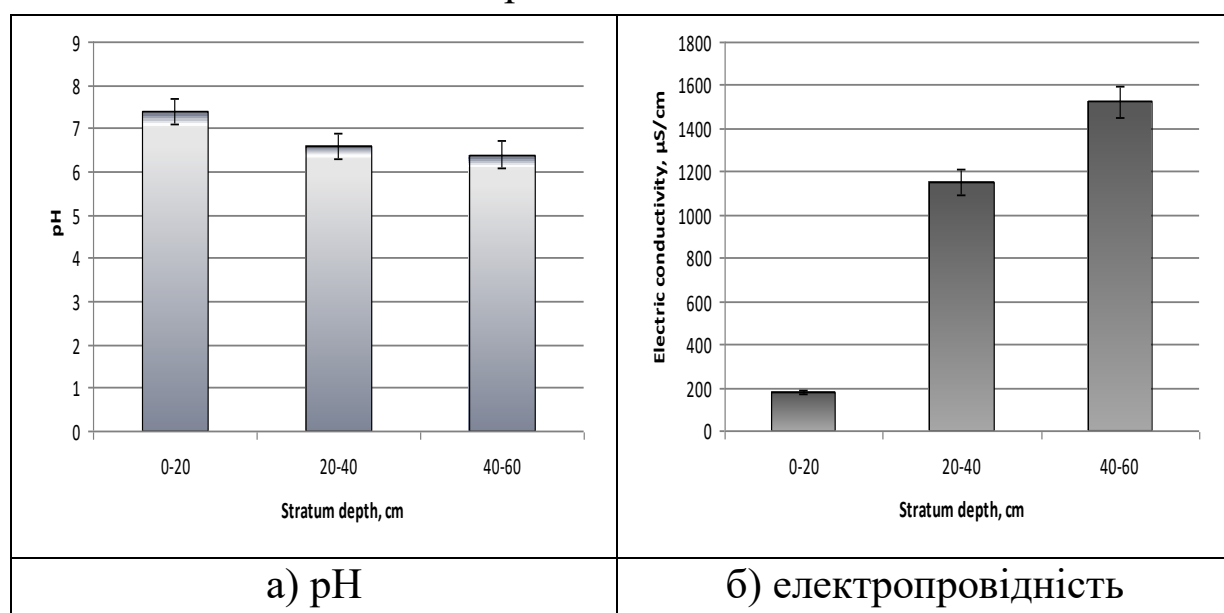


Рис.53. Профільний розподіл рН і водорозчинних солей у шарі 0-60 см темно-сірої сланцевої глини

За наведеними даними темно-сіра глина в зоні аерації досі перебуває під впливом окисно-відновлювальних процесів; рН змінюється від слаболужної до слабокислої - на глибині 20-60 см.

Нижні шари є більш засоленими. У зв'язку з цим і провели біотестування шарів темно-сірої глини шляхом вирощування міскантусу. Найбільше значення біопродуктивності відмічено при вирощуванні міскантусу в лізіметрах з шарами 20-40 і 40-60 см. У відповідності з проведеними розрахунками вже в перший рік міскантус здатний давати урожай на темно-сірій сланцевій глині від 2 до 3 т/га.

6.4. Оцінка продуктивного потенціалу проса прутоподібного при вирощуванні на гірських породах

Відомо, що просо прутоподібне добре адаптується в умовах дефіциту вологи та поживних речовин і не вимагає застосування великих доз добрив та пестицидів (Мороз О.В. та ін., 2011). У польовому варіанті насіння проса прутоподібного було посіяно на дослідних ділянках із сумішшю лесоподібного суглинку та червоно-бурої глини, що пройшла через тривалу стадію фітомеліорації. Різке зниження температури з випаданням великої кількості снігу у квітні 2017 року призвели до затримання росту та розвитку рослин проса прутоподібного, а посушливе літо не дало змоги накопичити достатню кількість надземної біомаси. В результаті, якщо у 2016 році висота рослин варіювала від 105 до 120 см, то у 2017-му не перевищувала 90-110 см. Проте додавання біологічно активних речовин у субстрат позитивно вплинуло на цей морфометричний параметр. У перший рік вирощування висота рослин збільшилася на 5% при внесенні мінерального добрива та на 9,5% у варіанті з осадом стічних вод. Найбільший ефект спостерігався від додавання золи та подвійної дози осаду, темп приросту збільшився на 14,3%. У 2017 році підживлення покращило цей показник з 10% (зола) до 25,6% (осад стічних вод). Найбільший вплив (41,3%) відмічено при внесенні подвійної дози осаду стічних вод (рис.54).

У модельному експерименті на темно-сірій сланцевій глині було виявлено, що просо прутоподібне добре росте на даному субстраті.

Висота рослин була трохи вище, ніж на фітомеліорованій суміші глин, і складала від 115 до 124 см. На шарі 20-40 см рослини були найбільш розвинутими, а на шарі 0-20 см – найбільш слабкими. Як відомо, у перший рік вирощування просо прутіоподібне віддає до 30% свого потенціалу, до 70% – на другий рік та 100% – починаючи з третього року культивування.

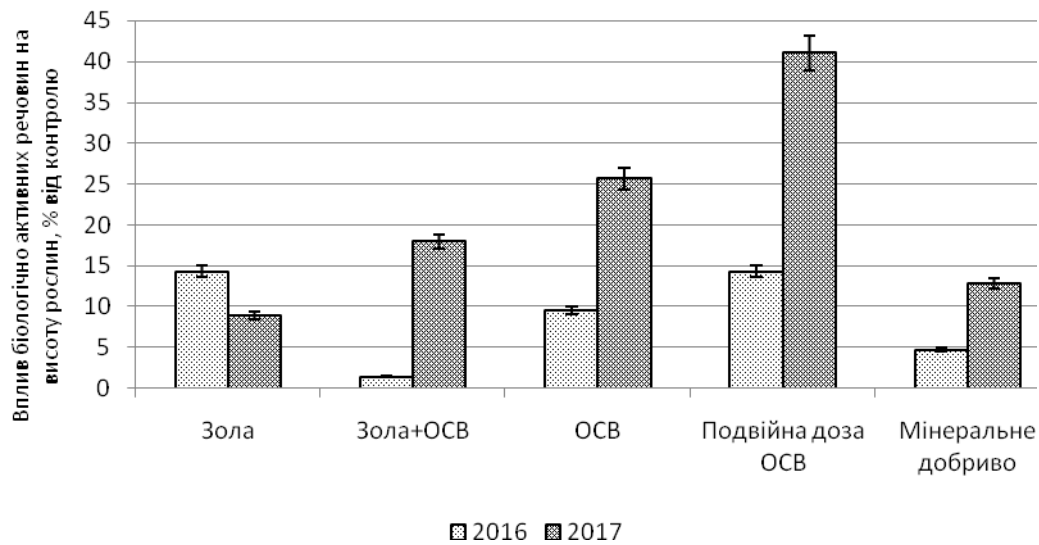


Рис.54. Вплив внесення біологічно активних речовин на висоту рослин проса прутіоподібного при вирощуванні на фітомеліорованій суміші глин

Залежно від умов вирощування врожайність біомаси дворічних рослин може досягати 9-18 т/га. На рекультивованих землях продуктивність нижче і зазвичай не перевищує 5-6,5 т/га. У нашому досліді продуктивність дворічних рослин на фітомеліорованій суміші гірських порід складала 4,3-4,6 т/га у контролі та варіанті з використанням золи, 5,7-5,8 т/га при підживленні мінеральним добривом, осадом стічних вод та його сумішшю із золою, та майже 8,5 т/га на ділянці з додаванням подвійної дози ОСВ. Отже, застосування більшості речовин у якості добрив призвело до підвищення врожаю біомаси від 33 до 99% (рис.55).

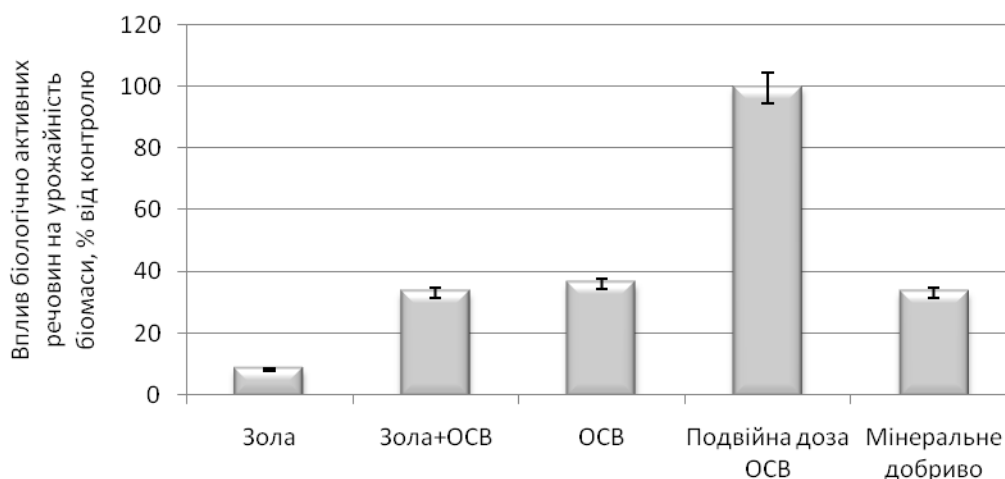


Рис.55. Вплив підживлення на врожайність рослин проса прутоподібного при вирощуванні на фітомеліорованій суміші гірських порід

На темно-сірій сланцевій глині продуктивність проса була найменшою на пласті 0-20 см – 4,48 т/га, що, однак, трохи вище, ніж у контрольному варіанті на фітомеліорованій суміші гірських порід. На шарах 20-40 см та 40-60 см врожайність була більшою на 34,4% та 23,4% відповідно (рис. 56).

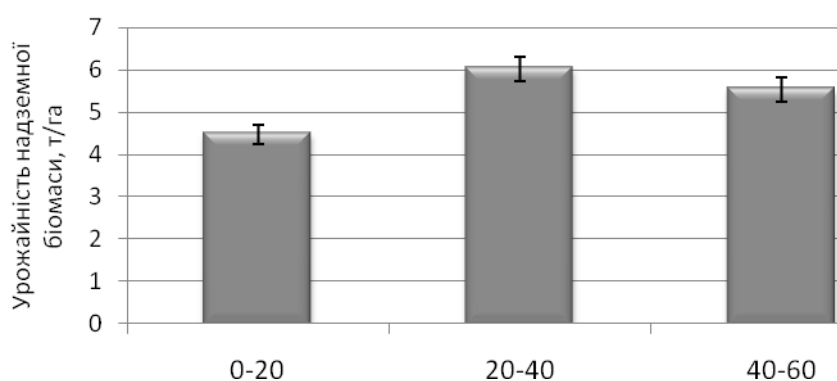


Рис. 56. Врожайність дворічних рослин проса прутоподібного на різних шарах темно-сірої сланцевої глини

Виходячи із отриманих результатів, можна прогнозувати потенційну врожайність проса прутоподібного на малопродуктивних рекультивованих землях в межах 6-9 т/га, а за умов підживлення – до 12,5 т/га. Особливу увагу при цьому слід приділити осадку стічних вод як перспективному добриву для таких субстратів. Технології

термохімічного перетворення, такі як піроліз і газифікація, розглядаються як ефективні способи конверсії біомаси в паливо, оскільки ці технології можуть використовувати найрізноманітніші джерела біомаси і отримувати високоенергетичні продукти. Однак ці процеси пов'язані зі складними ланцюговими реакціями і вимагають знання кінетичних процесів. Розуміння термічних реакцій при розкладанні біомаси має важливе значення для проектування термохімічних установок і моделювання процесів піролізу і газифікації для прогнозування виходів і властивостей одержуваних продуктів. Термогравіметричний аналіз (TGA) є одним з методів, що найбільш часто використовують для розуміння кінетики втрати ваги, яка має місце в розкладанні біомаси. Основний процес піролізу триває в діапазоні від приблизно 200°C до 370°C. На цьому етапі розвиваються екзотермічні термоокисні процеси деструкції компонентів геміцелюлози та целюлози. Дана стадія характеризується найвищою швидкістю та найбільшим відсотком втрати маси (47,8-52,2%). Застосування мінеральних добрив, золи та осаду стічних вод призвело до збільшення реактивності біомаси при термічному розкладі геміцелюлози та целюлози. Так, якщо пік деструкції цих компонентів у контролі дорівнював 24,0%/хв. при температурі 280°C, то у варіантах із сумішшю золи з ОСВ та подвійною дозою ОСВ пік швидкості розкладання зріс до 26,4%/хв. при меншій температурі – 260°C. Найбільш явний ефект спостерігався у варіанті з мінеральним добривом (пік 32,4%/хв. при температурі 260°C), що ясно простежується на кривих DTG (рис. 57).

Останній етап термолізу проходить у межах температур 350°C-580°C та характеризується появою яскравого екзотермічного ефекту. Основним компонентом, що розкладається на цій стадії, є лігнін. Також відбувається вигорання карбонізованого залишку зразків. Втрата маси на даному етапі складає 29,6-33,8%. Додавання біологічно активних речовин сприяло більш повному згорянню біомаси, частка залишкової маси у дослідних варіантах зменшилася на 3-6% порівняно з контрольними зразками.

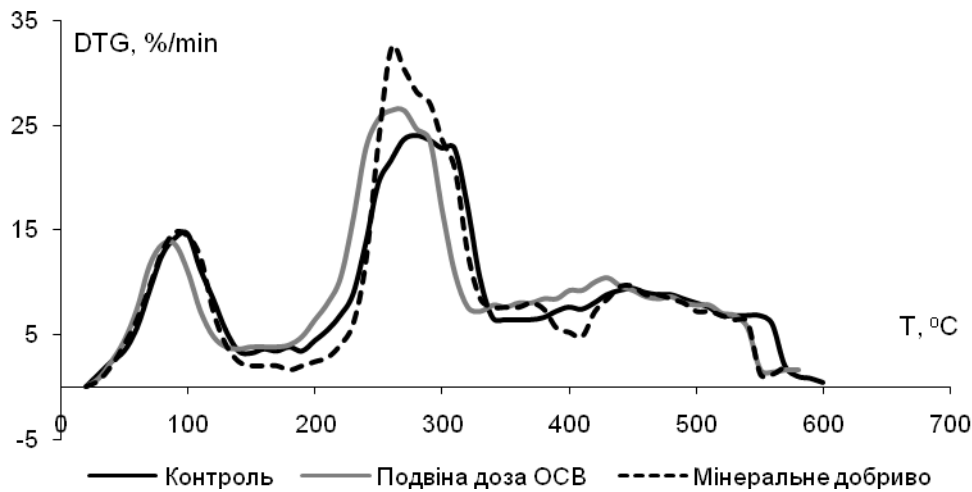


Рис.57. Вплив добрив на процеси деструкції біомаси зразків проса прутоподібного при вирощуванні на фітомеліорованій суміші гірських порід

Отже, просо прутоподібне проявляє достатню стійкість при вирощуванні на малопродуктивних рекультивованих землях. Вже на другий рік рослини здатні давати врожай сухої біомаси від 4 до 6 т/га навіть на геохімічно-активній темно-сірій сланцевій глині. Підживлення покращує продуктивність. Найбільш перспективним виявилось додавання осаду стічних вод у кількості 20 т/га. Внесення мінеральних добрив і осаду стічних вод сприяє інтенсифікації термічних процесів розкладання біомаси та призводить до більш повного її згоряння.

6.5.Оцінка продуктивного потенціалу сортів цукрового сорго при вирощуванні на гірських породах

При вирощуванні цукрового сорго на насипному шарі чорнозему південного та фітомеліорованих гірських породах виявлені певні різниці в реакції сортів на едафічні та кліматичні умови функціонування біоценозів. Несприятливі погодні умови в 2017 році призвели до значного гальмування росту і розвитку і, згодом, до зниження виходу біомаси. Так, у 2017 році висота рослин на обох субстратах була менше на 55-65%, ніж в 2016 році. На

фітомеліорованих лесоподібних суглинках показники зростання були краще, ніж на чорноземі, у сортів Медове і Зубр. Сорти Покровське та Силосне 42 краще росли на насипному шарі чорнозему. За різними даними, вихід сухої біомаси сорго може варіювати в діапазоні 14-69 т/га. Такі чинники, як тип і хімічний склад ґрунту, кліматичні умови, генетичний компонент, агротехніка, мають значний вплив на врожайність сорго.

У нашому випадку найвища врожайність була зафіксована в 2016 році для сортів Зубр (51 т/га) і Медове (41 т/га), щоросли на лесовидних суглинках (Рис.58).

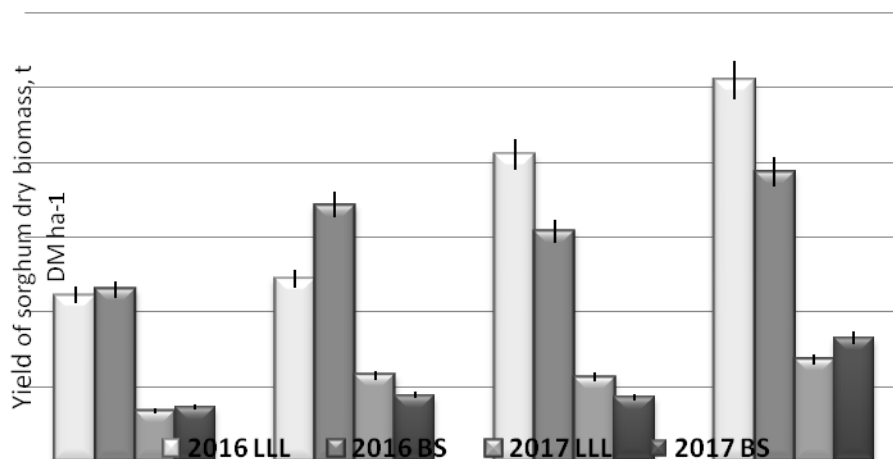


Рис. 58. Продуктивність сортів цукрового сорго на чорноземній масі і лесоподібному суглинку

На насипному шарі чорнозему врожайність цих сортів була менше на 23-25%. Разом з тим, прибутковість сортів Покровське та Силосне 42 була вище на насипному шарі чорнозему, ніж на лесоподібних суглинках, і склала 34 т/га і 23 т/га відповідно. Серед вивчених культиварів сорт Силосне 42 був найменш продуктивним.

У 2017 році сильне похолодання в кінці квітня і подальший за цим різкий перехід до тривалої посухи призвели до затримки розвитку рослин, що мало великий негативний вплив на урожай цукрового сорго. В результаті біопродуктивність знизилася на 52-73%. Найвища врожайність була зафіксована у сорту Зубр на

чорноземі (16,6 т/га), а найнижча - у сорту Силосне-42 на лесоподібних суглинках (6,7 т/га).

6.6.Оцінка продуктивного потенціалу тополі при вирощуванні на техноземі

На відміну від верби, тополя має набагато більший адаптивний потенціал в умовах степової зони (Старова Н.В., 1980). Є дані про непримхливість тополі до родючості ґрунтів і можливість її вирощування на малопродуктивних землях, хоча продуктивність біомаси в цих випадках значно менша, ніж на родючих ґрунтах – від 6 до 11,5 т/га. Відомо, що іригація і застосування добрив сприяють збільшенню врожайності. Генетична складова рослин має величезне значення у визначенні їх адаптивного потенціалу, а значить і успішності вирощування в конкретних умовах. При цьому наочними показниками перспективності клонів тополі можуть бути морфологічні параметри росту, площа асиміляційної поверхні, інтенсивність фотосинтезу і загальна продуктивність. В Україні вже є успішний досвід вирощування гібридної тополі для біоенергетичних цілей в умовах Полісся і Лісостепу [Фучило Я.Д. та ін., 2015]. Питання перспективності вирощування тополі в степовій зоні поки що залишається відкритим і вимагає ретельного розгляду.

Весною 2016 року на експериментальних ділянках стаціонару рекультивації земель ДДАЕУ у м. Покров були висаджені живці 9 клонів тополі гібридного походження, отриманих від ВП НУБіП України «Боярська ЛДС». Інформацію про гібридне походження клонів тополі наведено у таблиці 28.

У перший рік вивчалися ступінь приживаності саджанців і інтенсивність розвитку. В кінці року клони, що показали найкращі результати, були відібрані для подальшого розмноження і вирощування. Дослідження другого року були присвячені впливу біологічних препаратів на приживаність і ростові показники клонів тополі, відібраних в попередньому році. Весною 2017 року було

закладено чотири варіанти досліду: одноразова обробка вермикомпостним екстрактом (біогуматом), триходерміном, мікоризою і сумішшю цих трьох препаратів.

Таблиця 28.

Характеристика клонів тополі отриманих від ВП НУБіП України («Боярська ЛДС»)

Назва клону	Походження	Стать
Blanc du Poitou	Populus × euroamericana (Dode) Guinier	Ч
Dorskamp	Populus × euroamericana	Ч
Ghoy	Populus deltoides Bartr. Ex Marsh × Populus nigra L.	Ч
Marilandica	Populus × euroamericana	Ж
Robusta	Populus nigra var. plantierensis × Populus deltoides ssp. angulata Henry	Ч
Heidemij	Populus × euroamericana	Ч
Ijzer-5	Populus × euroamericana	Ч
Tardif de Champagne	Populus × euroamericana	Ч
Vereecken	Populus nigra	Ч

Принцип вибору цих препаратів був пов'язаний з необхідністю поліпшення режиму живлення ґрунтів. Перед висаджуванням у субстрат саджанці замочували, а після садіння зрошували водним розчином вермикомпостного екстракту в співвідношенні 1:100. Таким же чином і в такому ж співвідношенні був використаний препарат триходермін. Перед садінням у варіанті з мікоризою коріння саджанців занурювали у суспензію (бовтанку). Розведення препарату складало 1 г для двох саджанців.

В ході проведення досліджень було виявлено, що відсоток укоріненості саджанців 9 клонів тополі, висаджених в 2016 р., суттєво відрізнявся (рис. 59). Найгірші показники спостерігалися у рослин клону *Heidemij* – всього 11 %. Високий рівень приживлюваності показали живці клонів *Tardif de Champagne*, *Ijzer-5* та *Robusta* (70, 80 і 95 % відповідно). У решти клонів цей показник варіював в межах 33–55 %.

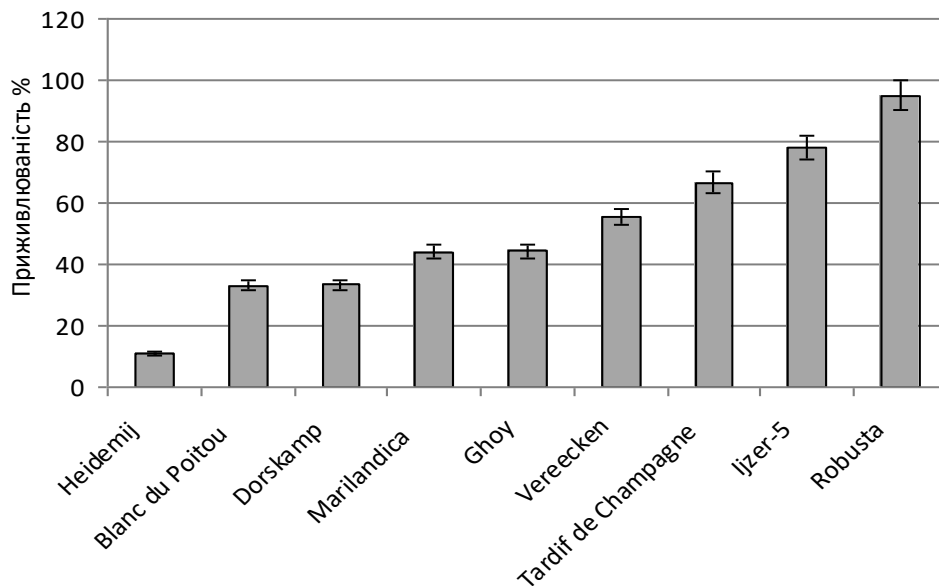


Рис. 59. Приживлюваність живців різних клонів тополі на малопродуктивних землях, %

Процеси росту і розвитку рослин протягом вегетаційного періоду найбільш інтенсивно проходили у клонів *Ijzer-5* і *Robusta* (рис. 60).

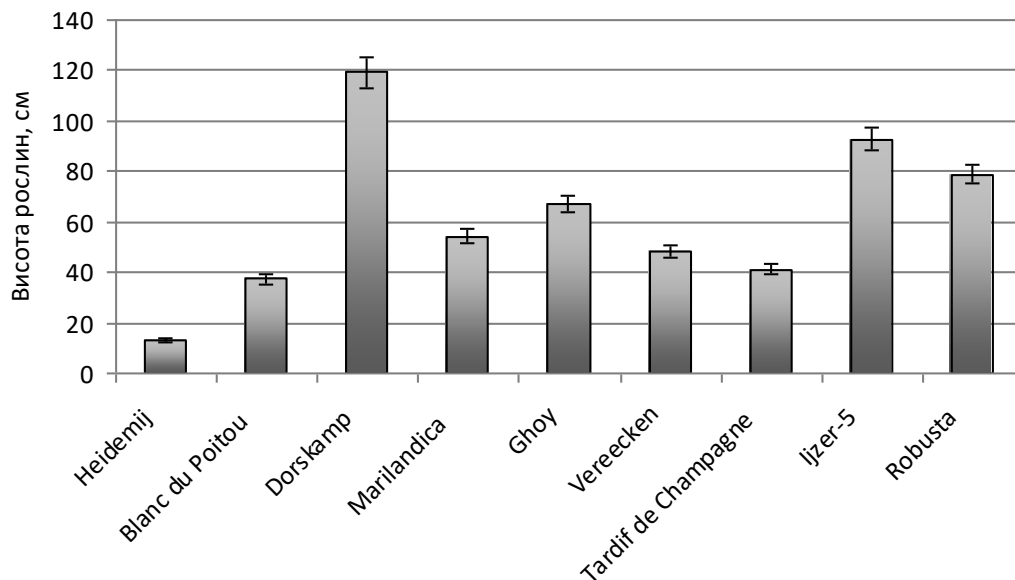


Рис.60. Висота рослин клонів тополі у перший рік вирощування

Наприкінці року середня висота цих рослин була 80–93 см, а деякі екземпляри досягали 170 см. Клон *Dorskamp* також показав високі показники росту, проте низька приживлюваність не дає

підстав для його подальшого вирощування на малопродуктивних землях. Клон *Tardif de Champagne*, не дивлячись на високу приживлюваність саджанців, показав низьку інтенсивність росту і тому також не має належного потенціалу для вирощування в таких умовах.

Отже, за наслідками першого року вирощування, два клони – *Ijzer-5* і *Robusta* – були оцінені як найбільш перспективні і відібрані для подальших досліджень.

Завданням експерименту другого року було вивчення впливу біологічних препаратів на приживлюваність і інтенсивність розвитку клонів тополі *Ijzer-5* і *Robusta*. Виявлено, що приживлюваність саджанців обох клонів у контролі, дослідях з біогуматом, мікоризою і сумішшю препаратів була практично однаковою і складала 87–93 %. Обробка триходерміном мала пригніблюючу дію, внаслідок чого приживлюваність клонів *Ijzer-5* була 73 %, а клонів *Robusta* ще нижчою – 66,7 %. 2017-й рік виявився посушливішим, ніж 2016-й.

Сума опадів за березень-жовтень склала всього 260 мм проти 383 мм у 2016 році. Це не могло не позначитися на дослідних рослинах. Дійсно, показники росту були нижчі, ніж в попередньому сезоні. Наприклад, довжина однорічних пагонів не перевищувала 60 см.

Обробка біопрепаратами клонів *Ijzer-5* сприяла прискоренню росту однорічних пагонів всіх дослідних зразків на 10–19 %. У рослин сорту *Robusta* під впливом біопрепаратів спостерігалось збільшення ростових параметрів від 8,5 до 46 %. Лише обробка триходерміном ніяк не вплинула на даний показник (рис. 61).

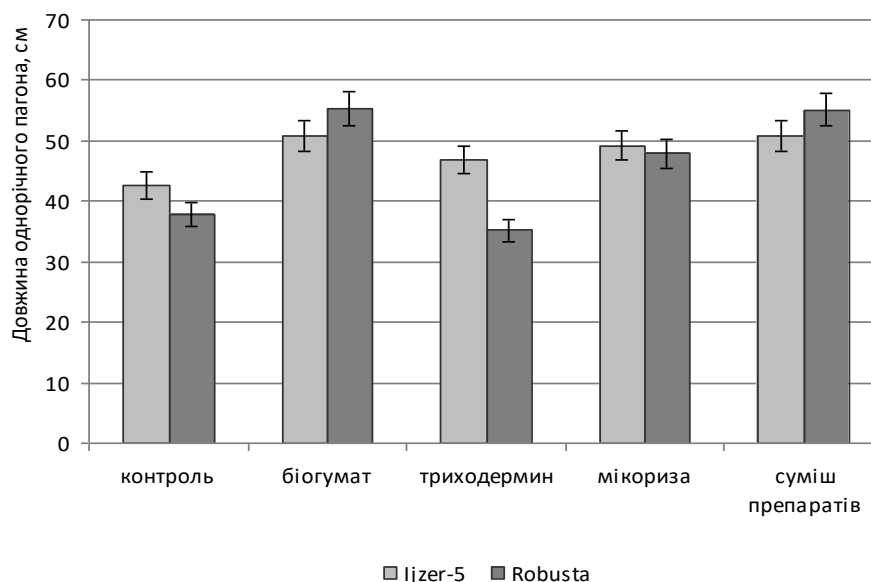


Рис. 61. Довжина однорічного пагона клонів тополі

Вимірювання діаметру однорічних пагонів показало, що у клона *Ijzer-5* він на 22–30 % більший, ніж у клона *Robusta* в контролі і дослідів з біогуматом, мікоризою та триходерміном, і менший на 4,5 % в досліді з сумішшю препаратів (рис. 62).

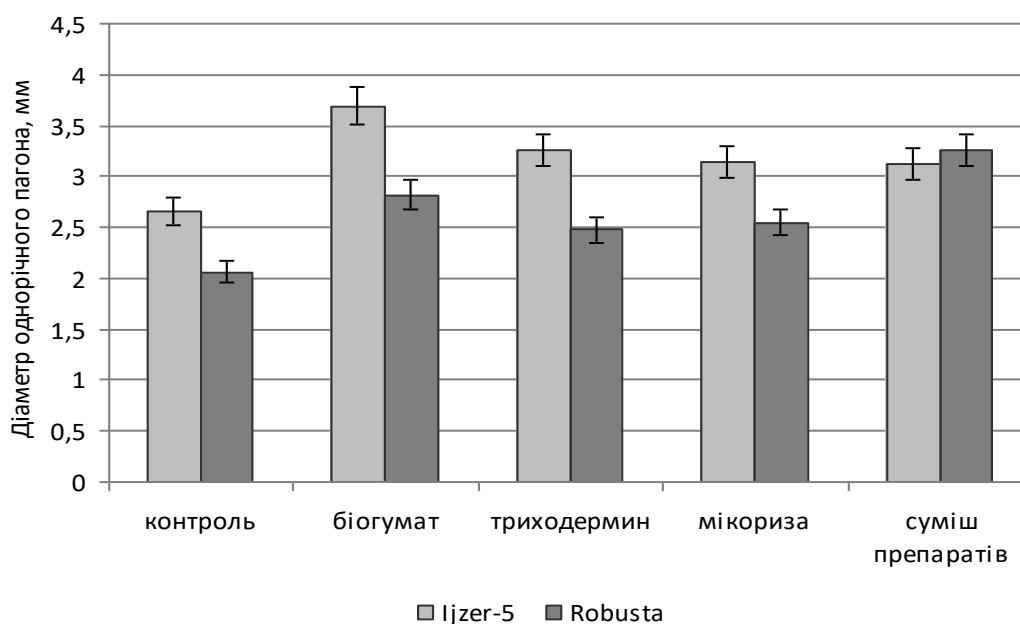


Рис.62. Діаметр однорічного пагона клонів тополі

Обробка біопрепаратами стимулювала активність латеральних меристем однорічних пагонів у всіх варіантах дослідів в обох клонів.

Для клону *Ijzer-5* найкращі результати були отримані при обробці вермикомпостним екстрактом, а для клону *Robusta* – сумішшю препаратів (рис. 63).

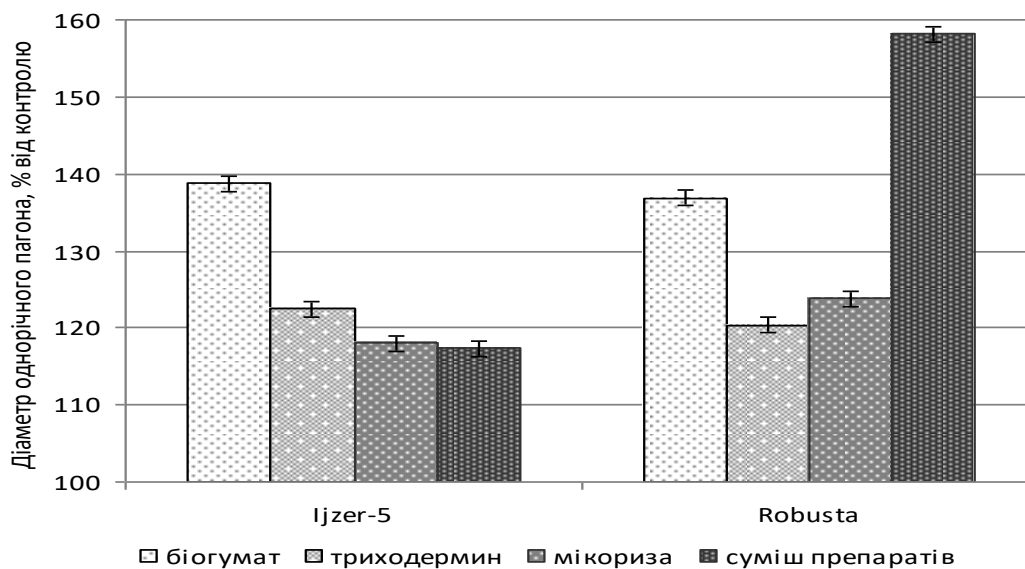


Рис.63. Вплив обробки на показники діаметра однорічного пагона клонів тополі, % від контролю

Відмічено збільшення площі листової пластинки у клонів *Ijzer-5* у всіх варіантах досліджу на 19,5–38 % (рис.64).

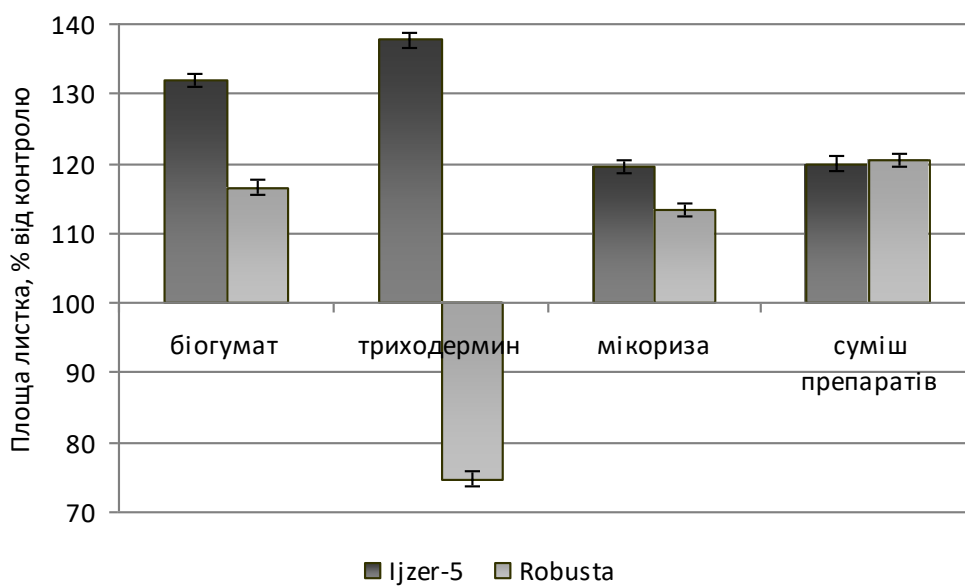


Рис. 64. Вплив обробки на площу листової пластинки, % від контролю

Найбільший ефект виявлено при обробці триходерміном. У клонів *Robusta*, навпаки, триходермін викликав зменшення площі листа на 25% в порівнянні з контролем. У решті варіантів спостерігалось збільшення цього показника, але менш інтенсивне, ніж у клонів *Ijzer-5*, тільки на 13,5–20,5 %.

Список використаних джерел

Квак В. М. Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу для виробництва біопалива в західній частині Лісостепу України: дис. ... кандидата с.-г. наук : 06.01.09 / Квак Володимир Михайлович. – К., 2014. – 213 с.

Мороз О. В. Світчграс як нова фітоенергетична культура / О. В. Мороз, В. М. Смірних, В. М. Курило, Ю. П. Герасименко, Н. А. Мостьовна, А. М. Горобець, М. І. Кулик // Цукрові буряки. – 2011. – №3 (81). – С.12–14.

Старова Н.В. Селекция ивовых / Н.В. Старова. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1980. – 206 с.

Фучило Я.Д., Сбитна М.В., Фучило Д.Я., Філіпова Л.М. Особливості укорінення живців і росту живцевих саджанців деяких культиварів тополі у південній частині Київського Полісся. Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.6.-С.12-15.

РОЗДІЛ 7

ПРІОРИТЕТИ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

(Бондар В. С. к. е. наук, с .н. с., Гументик М.Я. к. с.-г наук, с. н. с
Фурса А. В. к. е. наук, с .н. с.)

Україна лише частково забезпечує себе енергоресурсами і змушена імпортувати значні обсяги викопних енергоносіїв на десятки мільярдів доларів США за рік. Це переважно природний газ, нафтопродукти, кам'яне вугілля, ціни на які в міру зменшення обсягів видобутку будуть збільшуватися. Це одна з найбільш енерговитратних економік у світі, що робить вкрай вразливою її від коливань цін на енергоносії та залишається суттєво енергозалежною від агресивного північного сусіда.

Одтак, темпи нарощування обсягів використання відновлювальних власних джерел енергії, на які багата Україна, тривалий час є невисокими. Якщо у 2010 році обсяги заміщення природного газу біопаливом становили 1,1 млрд. м³, то у 2016 – 3,5 млрд. м³, або 3,3% від обсягів кінцевого споживання енергії [4]. З такими темпами у 2025 р. Україна зможе вийти лише на 5,5 млрд. м³, а у 2030 р. – на 7 млрд. м³, що недостатньо. У той же час, частка біоенергетики у загальній структурі світового енергоспоживання становить 14% [15, с. 15], а у ряді скандинавських країнах – 17-40 %. І це при тому, що Україна багата на біоенергетичні ресурси, особливо такі, як деревна біомаса, відходи сільськогосподарського виробництва – солома, стебла і стержні кукурудзи, стебла і кошики соняшнику, лушпиння соняшнику, жом буряків цукрових і меляса, силос кукурудзи, гній тваринництва та послід птахівництва, побутові відходи, стічні води та інші джерела.

В Україні є значні площі малопродуктивних маргінальних земель, на яких можна було б одержувати певні обсяги біомаси біоенергетичних культур, таких як верба, міскантус, тополя, просо прутіподібне, сорго та ін. Загальний потенціал біомаси доступний

для біоенергетики в Україні становить 89950 тис. т, а використовується – 10466 тис.т, або 11,6 %; потенціал виробництва біогазу – 20,6 млрд. м³ в рік.

Приклад у використанні біоенергетичних джерел Україні показують не тільки іноземні фірми, а й ряд вітчизняних, таких як «Астарта», «Гудвеллі Україна», «Екопрод», «Рокитне», «Славута», «Нива», «Дніпровська», «Гнідавський цукровий завод» та ін, які побудували в першу чергу біогазові установки європейського рівня. Аграрна компанія «Миронівський хлібопродукт» буде під Ладижином Вінницької області потужний біогазовий комплекс на 20 МВт/г [8].

Однак, невирішених і складних проблем в українській біоенергетиці значно більше. Практично відсутня чітка державна стратегія розвитку біоенергетики, яка б мала бути тяж пов'язана з регіональним розвитком біоенергетичних структур, особливо на рівні об'єднань територіальних громад сіл і селищ. У країні відчувається сильна протидія провідних енергетичних компаній і їх лобі застосуванню біоенергетичних видів палива, особливо біоетанолу і біогазу, які становлять для них небезпечну конкуренцію.

Існують певні бар'єри при входженні виробників біопалива в ринок, невідпрацьовані чітко тарифи на біоенергетику, ціни та умови за підключення до системи передачі й систем розподілу і т.п. Найістотнішим недоліком є величезна різниця між пропагандою значення біоенергетики, потенційними можливостями окремих біоенергетичних культур і видів палива [13, 14] і реальним втіленням цих можливостей у життя. Практично не опрацьованими залишаються основні економічні проблеми біоенергетики.

Питаннями біоенергетики найбільш предметно займаються: Інститут економіки та прогнозування Національної академії наук України, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Інститут продовольчих ресурсів НААН, Біоенергетична асоціація України та інші установи й організації. Інститут

біоенергетичних культур, зокрема здійснив інтродукцію ряду біоенергетичних культур таких як міскантус, просо прутоподібне, цукрове сорго, енергетична верба, тополя, павловнія та ін.; вивів вітчизняні сорти цих культур, створив дослідницькі плантації, обґрунтував технології вирощування і збирання. Значний внесок у розвиток біоенергетики належить кандидатам технічних наук Г.Гелетука; Т. Железна [7, 10, 11], особливо з технічних, технологічних і організаційних питань і проблем. Однак, в цілому поряд із висвітленням у науковій літературі певних досягнень із технології виробництва біосировини[3], потенційних можливостей окремих культур і видів палива, недостатньо проведені розрахунки вартості їх переробки і використання, показники прибутковості, строків окупності об'єктів біоенергетики та ін.

Завдання роботи-обґрунтувати основні пріоритетний реальні показники в розвитку біоенергетики в Україні на період до 2035 року та попередні розрахунки зі створення її матеріально-технічної бази; розрахувати в першому приближенні витрати на виробництво різних видів біопалива, прибутковості строки окупності інвестицій у біоенергетику в цілому.

За своїми природними можливостями Україна здатна виробити – 49 млн тонн умовного палива (ум.п.) за рік. Економічний рівень оцінюється експертами у 20-25 млн т ум.п.[12, с. 10]. Однак нерозвиненість матеріально-технічної бази біоенергетики, надто низькі темпи збільшення частки виробництва електроенергії з відновлювальних джерел взагалі є причиною того, що багато дослідників і наукових закладів дають надто песимістичний прогноз розвитку біоенергетики на період до 2030 року [9, с. 68] – на рівні 2,2 млн т у нафтовому еквіваленті(н.е.) і приблизно 4 млн т н.е. для 2050 року. За даними української асоціації відновлювальної енергетики частка ВДЕ [2] у загальному обсязі виробництва електроенергії за період з 2012 до 2017 р. зросла всього від 0,43 % до 1,47 % і становила 1374,712 гігават (ГВт) проти 93517,823 ГВт. Однак, частка біомаси при цьому дорівнювала 80%. Це означає, що на даному етапі

біоенергетика є провідною ланкою в ланцюгу ВДЕ порівнянно з вітровою, сонячною і гідроенергією їй потрібно віддавати належне.

В Україні працює кількості підприємств з виготовленням пелет, тисячі малих, середніх і великих котлів на деревних відходах, дровах, трісці, гранулах, понад 200 котлів і генераторів на тюкованій соломі, лушпинні, стеблах і кошиках соняшнику, стеблах кукурудзи та ін. агросировині. Для біогазу використовується силос кукурудзи (зелений), жом буряків цукрових, гній тваринництва, послід птахівництва та ін. Висаджуються приватні плантації енергетичної верби, тополі, павловнії, міскантусу, проса прутноподібного, сорго та ін. культур. На ряді цукрових заводів виробляється біоетанолізмеляси, а також органічні розчинники, кормові добавки, органічні добрива з барди, мікробіологічні препарати та інша продукція.

Такі реальні факти поживавлення в розвитку біоенергетики та крайня необхідність у якомога більшому обсязі використання відновлювальних джерел енергії на заміну викопним та привозним її видам дало змогу авторам запропонувати більш реальний варіант її розвитку (табл. 29).

Таблиця 29.

Прогноз розвитку біоенергетики в Україні на період до 2035 року

Види палива	2016 рік		2020 рік		2025 рік		2035 рік	
	млн т н.е.	%	млн т н.е.	%	млн т н.е.	%	млн т н.е.	%
Тверді	2,07	73,2	2,69	65,8	3,5	56,5	4,5	52,9
Рідкі	0,27	9,5	0,40	9,8	0,7	11,3	1,0	11,8
Біогаз	0,49	17,3	1,0	24,4	2,0	32,2	3,0	35,3
Всього	2,83	100	4,09	100	6,2	100	8,5	100

Джерело: Власні розрахунки.

Це стратегічно важливі умови, коли з ряду об'єктивних і суб'єктивних причин зменшуються загальні обсяги постачання первинної енергії з Так, з 2007 по 2016 р. вони знизились в Україні від 139,3 до 91,7 млн т н.е., або на 34,2%. Змінилась структура імпорту. Закупка вугілля за останні роки збільшилася на 16 % і нафтопродуктів на 9 %, призупинено імпорт сирої нафти, а також

істотно (майже на 70 %) зменшено обсяги купівлі природного газу – тільки за 2016 рік на 15 %. Разом з цим Україна знизила експорт власної енергії на 1,4 тис.тн.е., що становить 20,5 % від обсягів 2014р. Відчутно зменшилися загальні обсяги використання енергії, які становили у 2016 р. 51,6 млн т н.е. [4].

За даних обставин роль біоенергетики значно підвищується. Основними проблемами, які потрібно вирішити це оновлення державної стратегії розвитку цієї галузі на середню (20 років) і оглядову (50 років) перспективу є визначення пріоритетів з виробництва окремих видів біопалива, здійснення розрахунків щодо створення для цього відповідної матеріально-технічної бази підбір типів і кількості біоенергетичних комплексів, їх вартості і строків окупності та джерел фінансового забезпечення. Біоенергетика на майбутнє може стати вирішальним чинником енергетичної незалежності і безпеки держави у жорстких умовах конкуренції. З цієї точки зору найбільш істотними концептуальними положеннями у розвитку біоенергетики мають стати такі:

1. Виробництво біопалива в Україні в період 2035 р. має становити 8,5 млн. т н.е., або 10 % від загального виробництва первинної енергії. З них 4,5 млн т н.е., або 52,9 % твердого палива, 1,0 млн т н.е., або 11,8 % – рідкого, 3,0 млн т н.е., або 35,3 % – біогазу. Вихід у 2040 р. на виробництво 13 млн. т. н.е. біопалива, а у 2050 р. – 19 млн. т. н.е., що становитиме близько 20 % від загального обсягу виробництва енергії.

2. Створення у період до 2035 року фундаменту матеріально-технічної бази вітчизняної біоенергетики, а саме:

- будівництво додатково до існуючих підприємств з виготовлення твердих видів палива необхідної кількості заводів потужністю 7920 т. за рік, а також середніх заводів потужністю 3300 т за рік;

- використання для виготовлення рідких видів палива наявних в Україні спиртових і пивоварних заводів, а також цукрових

заводів із відповідним обладнанням для вироблення біоетанолу, кормових добавок, органічних добрив та ін.;

- збільшення кількості біогазових установок (БГУ) в Україні до 304 у 2020 р., до 525 – у 2025 р., і до 665 – у 2035 році загальною тепловою потужністю відповідно 207,357 і 452 МВт;

Реконструкція у галузі муніципальної біоенергетики [5] 4500 існуючих індивідуальних котлів вітчизняного виробництва, 1000 середніх вітчизняних котлів з механічною подачею гранул, будівництво 1500 нових індивідуальних котелень з імпортними котлами, 100 крупних котелень із спеціалізованими котлами, паливними складами і системами газоочистки.

3. Закладання 500 тис.га. плантацій біоенергетичних культур на незадіяних для сільськогосподарського виробництва землях; використання відходів сільськогосподарських культур із площі близько 8 млнга.

4. Дотримання директиви ЄС щодо сприяння виробництву енергії з відновлювальних джерел із метою зниження використання в Україні обсягів викопних енергоресурсів на 30 %, що дасть змогу державі позбутися залежності від імпортованих енергоносіїв.

5. Наукове забезпечення та розвиток інноваційної діяльності в галузі розвитку біоенергетики, найперше у сфері селекції, насінництва і розсадництва біоенергетичних культур і підвищення їх урожайності; класифікації й обліку маргінальних земель, збільшення великих промислових біоенергетичних плантацій.

6. Фінансова підтримка біоенергетики шляхом інвестування у галузь коштів із державного бюджету та шляхом залучення приватного капіталу, запровадження пільгових механізмів кредитування, стимулювання залучених коштів із вітчизняних й іноземних фондових ринків та акціонування, податкового стимулювання, розвитку страхування продукції біоенергетики, а також ринку фінансових послуг через формування кредитної інфраструктури й поліпшення кредитних механізмів.

Попередні розрахунки розвитку біоенергетики можуть стати орієнтовними індикаторами відповідної державної програми. Окремі з них наводяться нижче (табл. 30).

Таблиця 30

Прогнозні обсяги виробництва біосировини для виготовлення біопалива на період до 2035 року

Одиниці виміру	Обсяги виробництва		
	2020 р.	2025 р.	2035 р.
Тверді палива			
Млн т	4,923	6,405	8,235
Млн т н.е.	2,69	3,50	4,50
Рідкі види палива			
Млн т	0,588	1,029	1,470
Млн т н.е.	0,40	0,70	1,0
Біогаз			
Млн м ³	854,7	1709,4	2564,1
Млн т н.е.	1,0	2,0	3,0
Всього, млн т н.е.	4,09	6,2	8,5

Джерело: Власні розрахунки.

Розраховано також загальний обсяг витрат на розвиток біоенергетики за видами палива(табл. 31).

Показники табл.3 свідчать про те, що на створення місцевої матеріально-технічної бази, як основи розвитку вітчизняної біоенергетики, необхідно вкласти на період до 2020 р. 26,9 млрдгрн, у наступні 5 років–33,1 млрд грн, а з 2025 по 2030 –39,6 млрд грн, відповідно удол. США –1024 млн, 1258 і 1506 млн.

При цьому перевага в розвитку складових біоенергетики має надаватись будівництву біоенергетичних комплексів і підприємств із виробництва твердих видів палива та БГУ, як основних генераторів теплоенергії, що легко перетворюється в електричну та сприяє зменшенню викидів парникових газів у атмосферу, і є значним резервом для розширення робочих місць, особливо у невеликих містах, селах і селищах.

Найбільший прорив в застосуванні біопалива може бути здійснений у муніципальній сфері, 16 тисяч котелень якої, або 67%

від загальної кількості, працювали на природному газі. Саме вони витрачали на нагрів води майже 8 млрд м³ природного газу. Підраховано також, що при переводі умовного палива в теплову енергію (за показником 1 кг у.п.=42 МДж) в Україні у 2020 р. може бути одержано 18,1 ГДж енергії, у 2025 р.–26, у 2035 р.–35,7 ГДж.

Таблиця 31

Прогноз витрат на розвиток біоенергетики України на період до 2035 р.

Показники	2020 р.	2025 р.	2035 р.
Загальні витрати на тверді палива, млн грн	8704	11041	15600
Загальні витрати на рідкі палива, млн грн	795	1616	2543
Загальні витрати на біогаз, млн грн	11107	11980	10554
Витрати на реконструкцію і будівництво комунальних котлів і котелень, млн грн та спалювання твердого палива	6316	8450	0914
Всього витрат, млн грн / млн \$ США	26922	33087	39611
Всього витрат, млн грн / млн \$ США	1024	1258	1506
Можлива виручка, (315 \$ за 1 т н.е.), млн \$ США	1288	1953	2678
Прибуток, млн \$ США	264	695	1172
Рівень рентабельності, %	25,8	55,2	77,8
Чистий прибуток, млн \$ США	217	570	961
Строк окупності витрат, років	4,7	2,2	1,6

Джерело: Власні розрахунки.

Розширення обсягів використання біопалива приведе до значного зменшення викидів забруднюючих речовин у повітря, таких як сполуки сірки, фтору і хлору, азоту, вуглецю, отруйних аерозолей, ртутних сполук, радіоактивного пилю. Лише зменшення викидів CO₂ з біогазових установок становитиме у 2020 р.–2554 тис. т. за рік, у 2025 р.–4410, у 2035–5586 тис.т. за рік.

Заміна бензину і дизельного палива на біогаз і біодизель сприятиме зменшенню викидів парникових газів у 1,5-2,0 рази; спалювання пелетів при виробництві електроенергії зменшить викиди парникових газів у 12 раз порівняно із спалюванням кам'яного вугілля; а застосування рідкого палива у двигунах внутрішнього

згоряння як добавки до бензину істотно знизить викиди у довкілля шкідливого свинцю, вуглеводів і метанолу; вмісту сірки в біодизелю у 10 раз менший ніж у дизтопливі.

Звичайно, за нинішніх економічних умов умов такий прогноз буде важко здійснити. Створення досить потужної біоенергетичної галузі можливе лише за умови залучення крупних іноземних інвестицій і проведення радикальних реформ в Україні, основними з яких є судова, земельна, адміністративно-управлінська, а також припинення воєнних дій. Однак, очевидними є ряд ознак пожвавлення і прогресивних дій у кожній із даних сфер, що може стати запорукою у розвитку біоенергетики.

Висновки.1. В Україні є всі необхідні передумови для прискореного розвитку біоенергетики, нормативно-правового, науково-технічного та фінансового забезпечення її успішного функціонування.

2. Держава має реальну можливість значно прискорити темпи розвитку біоенергетики і виробляти у 2020 р. – близько 4 млн т.н.е. – біопалива, у 2025 р. відповідно – 6,2 млн.т.н.е., у 2035 р. 8,5 млн.т.н.е..

3. За період до 2035 р. в Україні має бути закладений міцний фундамент матеріально-технічної бази біоенергетики: побудовано необхідну кількість заводів, котлів, котелень та інших споруд для виробництва всіх видів біопалива, закладено 500 тис. га. плантацій біоенергетичних культур

4. У галузі муніципальної біоенергетики необхідно реконструювати 4500 існуючих індивідуальних котлів вітчизняного виробництва, 1000 середніх вітчизняних котлів з механічною подачею гранул; побудувати 1500 нових індивідуальних котелень з імпортними котлами, 100 крупних котелень із спеціалізованими котлами, паливними складами і системами газоочистки.

5. Загальні витрати на біоенергетику у 2020, 2025 і 2035 роках становитимуть – відповідно до 26,9 млрд грн, 33,1 і 39,6 млрд. грн. Можлива виручка – 33,9 млрд. грн, 51,4 і 70,5 млрд. грн при рівні

рентабельності виробництва відповідно 25,8%, 55,2 і 77,8% і окупності витрат за 4,7, 2,2 і 1,6 року.

Список використаних джерел

1. Бондар В.С., Фурса А.В. Економічне обґрунтування технологій вирощування і переробки рослинної біосировини на тверді види палива. Економіка АПК. 2015. № 3. С. 22-27.
2. Відновлювана енергетика в Україні: сьогодення та перспективи. Українська асоціація відновлюваної енергетики. URL: <https://vse.energy/docs/OEW-orgel.pdf> (дата звернення: 02 липня 2018).
3. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / М.В. Роїк та ін.; за заг. ред. В.М. Сінченка. Вінниця: ТОВ “Нілан-ЛТД”, 2015. 340 с.
4. Енергетичний баланс України URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 14 червня 2018).
5. Ігнатенко О.П. Використання біомаси у муніципальному секторі: практ. посіб. Проект ПРООН/ГЕФ «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі України». Київ: 2016. 168 с.
6. Калетнік Г.М. Розвиток ринку біопалив в Україні. Біоенергетика. 2013. № 1. С. 11-16.
7. Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси / Гелетука Г. та ін. Київ: Програма розвитку Організації Об’єднаних Націй, 2016. 334 с.
8. Пасховер А. Горючее предложение. Новое время страны. 2018. № 7. (22 февр.) С. 34-37.
9. Перехід України на відновлювальну енергетику до 2050 року: звіт за результатами моделювання базового та альтернативних сценаріїв розвитку біоенергетичного сектору / Дячук О. та ін.; за заг. ред. Ю. Огаренко, О. Алієвої. Київ: ТОВ «АРТ КНИГА». 2017. 88 с.
10. Перспективи розвитку біоенергетики як інструменту заміщення природного газу в Україні / Гелетука Г.Г. та ін. Біоенергетична асоціація України, 2015. URL:

<http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-12-ua.pdf> (дата звернення: 02 липня 2018).

11. Проведення комплексного дослідження ринку котлів, що працюють на біомасі в Україні / Гелетука Г. та ін. Київ: Програма розвитку Організації Об'єднаних Націй, 2016. 212 с.

12. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні / Гелетука Г.Г. та ін. <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-9-ua.pdf> (дата звернення: 19 червня 2018).

13. [Giampietro](#) M., [Ulgiati](#) S. Integrated Assessment of Large-Scale Biofuel Production (2005). Critical Reviews in Plant Sciences. URL: <https://doi.org/10.1080/07352680500316300> (дата звернення: 14 червня 2018)

14. Keoleian G., Volk T. Renewable Energy from Willow Biomass Crops: Life Cycle Energy, Environmental and Economic Performance (2005). Critical Reviews in Plant Sciences. URL: <https://doi.org/10.1080/07352680500316334> (дата звернення: 14 червня 2018).

15. WBA Global Bioenergy Statistics, 2017. URL: https://worldbioenergy.org/uploads/WBA%20GBS%202017_hq.pdf (дата звернення: 02 липня 2018).

ТЕРМІНИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Альтернативні види палива – тверде, рідке та газоподібне паливо, яке є альтернативою відповідним традиційним видам палива і, яке виробляється (отримується) з нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини.

Альтернативні джерела енергії – відновлювані джерела енергії, до яких належать енергія сонця, вітрова, геотермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів та вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний газ, газ-метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів.

Біоенергетика – галузь енергетики, що базується на використанні біопалива, виробленого з біомаси.

Біоенергетична плантація – швидкоросла рослинність, спеціально висаджена на плантаціях для одержання біомаси, з якої можуть бути виготовлені горючі та паливні матеріали.

Біологічні види палива (біопаливо) – тверде, рідке та газоподібне паливо, виготовлене з біологічно відновлювальної сировини (біомаси), яке може використовуватися як паливо або компонент інших видів палива].

Біомаса – не викопна біологічно відновлювальна речовина органічного походження, що здатна до біологічного розкладу, у вигляді продуктів, відходів та залишків лісового та сільського господарства (рослинництва і тваринництва), рибного господарства та технологічно пов'язаних з ними галузей промисловості, а також складова промислових або побутових відходів, які здатні до біологічного розкладу.

Біоенергетичні рослини – це рослини, сировина яких використовується для виробництва різних видів біопалива.

Біопаливний брикет – ущільнене біопаливо з добавками або без них у формі кубічних, багатогранних або циліндричних елементів, отриманих стисканням подрібненої біомаси

Біопаливні пелети (гранули) – ущільнене біопаливо з добавками або без них, вироблене з порошкоподібної біомаси, циліндричної форми з довжиною, здебільшого у межах від 3,15 мм до 40 мм, та з обламаними торцями.

Брунька – зародокпагона (ризом) рослин, що забезпечує його верхівкове наростання та галуження.

Вегетаційний період – означає біологічне поняття, так як визначає період розвитку конкретного сорту або виду рослини. Тобто, термін вегетації від масових сходів насіння до дозрівання і подальшого збирання. Саме час вегетації і визначає категорію культури - рання, середньостигла або пізня. Період вегетації, у свою чергу, передбачає часовий інтервал у році, протягом якого можливі розвиток і ріст рослин за кліматичними умовами конкретної місцевості. Очевидно, що період вегетації - метеорологічне поняття, а, отже, відноситься до всіх рослин певної місцевості.

Виробник біопалива – суб'єкт господарської діяльності, що безпосередньо виробляє біопаливо з біомаси.

Вміст сухої речовини – масова доля сухої речовини у всьому матеріалі.

Втрати ризомів – виражене у відсотках відношення числа ризом міскантусу гігантського, залишених після садіння на поверхні поля до загального числа висаджених ризом.

Геміцелюлоза (або напівклітковина) – 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. Терміни «геміцелюлоза» і «пентозани» часто використовують для позначення одного і того ж, що часто ускладнює розуміння їх значення.

Генотип – сукупність усіх спадкових властивостей особини, спадкова основа організму, складена сукупністю генів.

Гібрид (від лат. Hybrida – помісь) – результат природного чи штучного схрещування між двома організмами різних таксонів.

Глибина загортання ризомів – відстань від верхньої точки ризоми міскантусу гігантського, до поверхні ґрунту.

Глибина садіння ризомів – відстань від нижньої точки ризомів міскантусу гігантського, до поверхні ґрунту.

Диплоїдність – наявність у ядрі клітини повного набору гомологічних пар хромосом. Диплоїдний набір хромосом (син.: подвійний набір хромосом, зиготний набір хромосом, повний набір хромосом, соматичний набір хромосом) — сукупність хромосом, притаманна соматичним клітинам, в якій всі характерні для даного біологічного виду хромосоми представлені попарно.

Захисна зона рядка – частина міжрядь поруч із рядком міскантусу, яку під час механічного розпушування не обробляють.

Зола – твердий мінеральний залишок, отриманий з повністю спаленого палива.

Інтродукція рослин (лат. introductio — уведення) – цілеспрямоване переселення окремих видів рослин за межі їхнього природного ареалу та їх пристосування до нових умов.

Клон (грец. Klon — гілка, нащадок) – група особин (рослин), які походять від одного предка внаслідок нестатевого (вегетативного) розмноження. Хромосома — це велика молекулярна структура, де міститься близько 90% ДНКклітини. Всі хромосоми містять дуже довгий безперервний полімеризований ланцюг ДНК (єдину ДНК-молекулу), що містить гени, регуляторні елементи та проміжні нуклеотидні послідовності.

Крок садіння – відстань між центрами ризом міскантусу гігантського в рядку.

Лігнін – це органічна речовина, яка поряд із целюлозою є складовою частиною здерев'янілих тканин вищих рослин та разом із геміцелюлозою зумовлює міцність їх стовбурів і стебел.

Маточні кореневища міскантусу – кореневища рослин міскантусу, які вирощуються для розмноження.

Мікроклональне розмноження – це масове безстатеве розмноження в культурі *in vitro*, при якому отримані рослини ідентичні до вихідної батьківської форми.

Морфогенез (від грец. *Morphê* — «форма» і *genesis* — «утворення») в біології – процес виникнення і розвитку органів, систем і частин тіла організмів під час їх індивідуального розвитку (онтогенезу).

Насадження – сукупність рослин міскантусу, що вирощуються на одному полі (ділянці).

Ортотропні пагони – пагони, які за звичайного освітлення ростуть вертикально догори.

Осьова лінія рядка – умовна лінія, що проходить посередині рядка.

Пагін – один з основних органів вищих рослин (пристосований до асиміляції, транспірації і розмноження) який відростає від кореневища та має листостеблову структуру (стебло, листки, бруньки). Місце кріплення листка на пагоні – вузол. Ділянку пагона між вузлами називають міжвузлям.

Плоїдність – характеристика клітини або багатоклітинного організму відносно складу хромосом, що містяться в ядрі клітини (для еукаріотів). Звичайно термін використовується тільки для клітин еукаріотів, тому що бактерії та археї завжди гаплоїдні згідно з визначенням.

Побічний продукт – продукт, який одержують попутно під час виробництва основного продукту.

Поліплоїдія – кратне збільшення числа наборів хромосом у клітині, яке виникає внаслідок порушення розходження хромосом під час поділу клітини під дією фізичних чи хімічних чинників.

Польовий кагат – насип (кореневищ, ризом, біомаси) визначеної форми й розміру, який розміщено на полі для тимчасового зберігання.

Приживлюваність ризом міскантусу – виражене у відсотках відношення числа ризом міскантусу, які дали сходи до загального числа висаджених ризом.

Продукт – речовий або інтелектуальний результат людської праці, або речовина, яка усвідомлено була отримана в ході виробничого процесу та саме вона була ціллю виробництва.

Пропуски ризом – виражене у відсотках відношення числа пустих (не зайнятих ризомами) садильних місць до загального числа таких місць, передбачених схемою садіння.

Ризома (Rhizome – фр. «кореневище») – частина кореневища, яка містить бруньки і може використовуватись для вегетативного розмноження.

Садивний матеріал міскантусу – ризоми і розсада сортів та гібридів міскантусу.

Садивні якості – сукупність біологічних якостей, господарських ознак і властивостей садивного матеріалу міскантусу, які характеризують його придатність до висаджування.

Селективні середовища (від лат. selectio-вибір, добір) – поживні середовища для виділення певних мікроорганізмів за рахунок створення сприятливих для них умов зростання і несприятливих умов для супутніх мікроорганізмів інших видів – див. Поживні середовища.

Синтетичне біопаливо – синтетичні вуглеводні та суміші синтетичних вуглеводнів, виготовлені з біомаси.

Сировина – початковий продукт, який є основою для виробництва іншого продукту. Зазвичай охоплює сільськогосподарську продукцію, яка використовується для виробництва біопалива.

Сорт або культивар (англ. cultivar) – група культурних рослин, які в результаті селекції отримали певний набір характеристик (корисних або декоративних), які відрізняють цю групу рослин від інших рослин того ж виду. Кожен сорт рослин має унікальне

найменування та зберігає свої властивості при багаторазовому вирощуванні.

Спадковість – здатність організмів передавати наступному поколінню свої ознаки і властивості, тобто здатність відтворювати собі подібних.

Тверде біопаливо – тверда біомаса, яка використовується як котельно-пічне паливо, у тому числі: дрова, торф, тирса, тріска, щепа, солома, інші сільськогосподарські відходи, гранули та брикети, вироблені з біомаси, деревне вугілля та вуглиста речовина.

Теплотворна здатність, теплота згорання – кількість енергії, отриманої під час повного згорання матеріалу, віднесеної до одиниці маси або об'єму.

Фенотип – сукупність усіх внутрішніх і зовнішніх ознак та властивостей особини, що сформувалися на базі генотипу під час індивідуального розвитку.

Фітоенергетика – це частина біоенергетики, яка використовує сировину рослинного походження в енергетичних цілях.

Фітопаливо – паливо, яке отримане на основі рослинної сировини.

Целюлоза – природний полімер, полісахарид з видовженою ланцюговою молекулою $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Ширина міжрядь – відстань між осьовими лініями двох суміжних рядків.

Науково-методичне видання

.Гументик Михайло Ярославович
Радейко Богдан Миколайович
Фучило Ярослав Дмитрович
Сінченко Віктор Миколайович
Ганженко Олександр Миколайович
Бондар Володимир Сергійович
Фурса Анатолій Васильович
Квак Володимир Михайлович
Харитонов Микола Миколайович
Кателевський Валерій Миколайович

ВИРОЩУВАННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

Монографія

Формат 60х/16. Тираж 300 прю Ум. друк. арк. 10,2 Зам. №192
Виготовлювач ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ
03150, Київ, вул. Предславинська, 28
Свідоцтво про внесення до державного реєстру
Суб'єкта видавничої справи ДК № 4131 від 04.08.2011 р.