

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І
ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

МІСКАНТУС В УКРАЇНІ

Київ - 2019

УДК 633.282: 620.952
ББК 41.4
М65

*Видається за рішенням Вченої ради Інституту біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН України, протокол №4 від 21.03.2017 р.*

Авторський колектив:

М.В. Роїк, В.М. Сінченко, О.О. Іващенко, В.І. Пиркін, В.М. Квак, М.Я. Гументик, О.М. Ганженко, В.Т. Саблук, О.М. Грищенко, Я.Д. Фучило, Г.С. Гончарук, В.А. Фурман, Л.О. Суслик, Я.П. Макух, С.О. Ременюк, В.В. Іваніна, А.В. Фурса, В.С. Бондар, Н.С. Бех, М.І. Коцар, Г.В. Цвігун, Н.С. Ковальчук, Т.М. Недяк, С.П. Ворожко, В.А. Доронін, В.В. Дрига, М.В. Бузинний, Ю.П. Дубовий, В.П. Педос, О.В. Балагура, В.М. Смірних, Н.В. Заїменко, Д.Б. Рахметов, Т.О. Щербакова, С.Д. Рахметов, В.М. Кателевський

Рецензенти:

С.Д. Орлов – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділом селекції та насінництва зернових і зернобобових культур Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

Е.Р. Ермантраут - доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри технологій у рослинництві і захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету

Я.П. Цвей – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач відділом агроєкомоніторингу і проблем землеробства Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

П.Є. Булах – доктор біологічних наук, провідний науковий співробітник відділу ландшафтної архітектури Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка

Міскантус в Україні: К.: ТОВ «ЦП «Компрінт», 2019.– 256 с.

ISBN 978-617-7804-11-5

Подано інформацію про глобальні та національні передумови розвитку біоенергетики. Наведено історію інтродукції, селекції та культивування рослин видів роду міскантус як перспективних енергетичних рослин в Україні. Охарактеризовано біолого-морфологічні, екологічні та агротехнологічні особливості рослин міскантусу. Представлено дані про біохімічний склад рослин, продуктивний та біоенергетичний потенціал культури міскантусу. Розкрито особливості селекційного процесу із застосуванням сучасних біотехнологічних методів. Особлива увага приділена формуванню садивного матеріалу міскантусу та визначенню його якісних показників. Розроблено технологію вирощування, збирання та перероблення фітосировини міскантусу в Україні. Охарактеризовано технологічні показники якості біомаси та твердого біопалива з міскантусу. Подана інформація про генофонд рослин та сорти, створені в Україні. Обґрунтована економічна ефективність культивування міскантусу та використання фітосировини на біопаливо.

Монографія розрахована на науковців, керівників і спеціалістів з біоенергетики, приватних підприємців, аспірантів та студентів навчальних закладів аграрного та біологічного профілю.

УДК 633.282: 620.952
ББК 41.4

ISBN 978-617-7804-11-5

Інститут біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН України, 2019

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ГЛОБАЛЬНІ ТА НАЦІОНАЛЬНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ (М.В. Роїк, О.М. Ганженко, М.Я. Гументик, Я.Д. Фучило).....	10
1.1. Екологічні аспекти використання відновлювальної енергетики.....	11
1.2. Сировинна база для виробництва твердих видів біопалива.....	13
1.3. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні	15
1.4. Господарське значення міскантусу (В.М. Квак, Г.В. Цвігун, О.В. Балагура).....	19
РОЗДІЛ 2 БОТАНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОСЛИН РОДУ МІСКАНТУС (М.В. Роїк, В.М. Квак, Д.Б. Рахметов, Я.Д. Фучило, В.І. Пиркін, О.М. Ганженко, М.Я. Гументик, Г.В. Цвігун).....	22
2.1. Морфологія рослин роду <i>Miscanthus</i>	22
2.2. Таксономія роду <i>Miscanthus</i>	25
2.3. Природний ареал рослин роду <i>Miscanthus</i>	27
2.4. Історія інтродукції, селекції та культивування міскантусу	29
РОЗДІЛ 3 АГРОТЕХНІЧНІ ОСНОВИ КУЛЬТИВУВАННЯ МІСКАНТУСУ В УКРАЇНІ	35
3.1. Особливості розмноження міскантусу (М.В. Роїк, В.М. Квак, Д.Б. Рахметов, Я.Д. Фучило).....	37
3.2. Екологічні та агротехнічні особливості міскантусу (В.М. Квак, Я.Д. Фучило, О.М. Ганженко, В.І. Пиркін)	39
3.3. Біоморфологічні особливості перспективних для умов України видів і сортів міскантусу (М.В. Роїк, Н.В. Заіменко, Д.Б. Рахметов, Т.О. Щербакова, С.Д. Рахметов, В.М. Квак, Я.Д. Фучило).....	42
3.4. Фенологія рослин міскантусу в умовах України ..	61
3.5. Продуктивний та біоенергетичний потенціал культури міскантусу в Україні.....	66
3.6. Біохімічний склад рослин міскантусу	70

РОЗДІЛ 4 СЕЛЕКЦІЯ МІСКАНТУСУ З ЕЛЕМЕНТАМИ БІОТЕХНОЛОГІЇ	75
4.1. Стан та перспективи розвитку селекції міскантусу (М.В. Роїк, Г.С. Гончарук, М.В. Бузинний).....	75
4.2. Використання методів біотехнології в дослідженнях та селекційній практиці міскантусу	77
4.2.1. Генетична різноманітність видів роду <i>Miscanthus</i> та методика дослідження мінливості рівня плоїдності геному з використанням флуоресцентної цитофотометрії (М.В. Роїк, Н.С. Ковальчун, Г.С. Гончарук, Т.М. Недяк, В.М. Квак)	77
4.2.2. Клональне мікророзмноження міскантусу (М.В. Роїк, Н.С. Бех, М.О. Коцар).....	88
4.2.3. Добір форм міскантусу, толерантних до сольового стресу в умовах <i>in vitro</i>	96
4.2.4. Створення вихідного поліплоїдного матеріалу міскантусу методом поліплоїдизування <i>in vitro</i>	103
РОЗДІЛ 5 ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ МІСКАНТУСУ (В.А. Доронін, В.В. Дрига, В.М. Квак, М.Я. Гументик) ..	107
5.1. Контроль вологості ґрунту за використання абсорбенту.....	107
5.2. Вихід маточного садивного матеріалу (кореневищ) за внесення абсорбенту в ґрунт	108
5.3. Викопування та підготовка садивного матеріалу міскантусу до садіння.....	124
5.4. Показники якості садивного матеріалу	125
5.5. Методи визначання показників якості садивного матеріалу	128
РОЗДІЛ 6 ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО.....	129
6.1. Вибір місця під плантацію міскантусу гігантського (О.М. Ганженко, М.Я. Гументик, В.М. Сінченко, В.М. Квак, В.І. Пиркін) Ю.П. Дубовий, В.А. Фурман)	129
6.2. Основний обробіток ґрунту	129
6.2.1. Лущення плантацій, відведених для садіння міскантусу гігантського	132

6.2.2. Система удобрення міскантусу гігантського (<i>В.В. Іваніна, В.М. Квак</i>)	134
6.2.3. Глибока оранка (<i>О.М. Ганженко, М.Я. Гументик, В.М. Сінченко, В.М. Квак, В.І. Пиркін, Ю.П. Дубовий, В.А. Фурман</i>)	137
6.2.4. Вирівнювання ґрунту	140
6.2.5. Ранньовесняний обробіток ґрунту	141
6.3. Підготовка ґрунту та садіння ризом міскантусу гігантського	141
6.3.1. Передсадильний обробіток ґрунту	142
6.3.2. Методи визначання показників якості обробітку ґрунту	144
6.3.4 Садіння ризом міскантусу гігантського.....	144
6.3.5. Методи визначання показників якості садіння.....	150
6.4. Догляд за плантаціями міскантусу гігантського	151
6.4.1. Досходове боронування ґрунту	152
6.4.2. Хімічний спосіб захисту рослин міскантусу гігантського від бур'янів (<i>О.О. Іващенко, Я.П. Макух, С.О. Ременюк, В.М. Сінченко</i>)	153
6.4.3. Шкідники міскантусу гігантського (<i>В.Т. Саблук, О.М. Грищенко, В.М. Смірних, В.П. Педос, Л.О. Суслик, С.П. Ворожко</i>).....	159
6.4.4. Заходи захисту плантацій міскантусу гігантського від шкідників	166
6.4.5. Хвороби міскантусу гігантського	168
6.4.6. Заходи захисту міскантусу гігантського від хвороб	171
6.4.7. Розпушування ґрунту в міжряддях (<i>М.Я. Гументик, В.М. Квак, О.М. Ганженко, В.М. Кателевський</i>)	172
6.4.8. Присипання бур'янів ґрунтом у зоні рядків міскантусу гігантського	175
6.5 Збирання біомаси міскантусу гігантського (<i>О.М. Ганженко, В.М. Квак, М.Я. Гументик</i>)	178
6.5.1. Збирання міскантусу гігантського з одночасним подрібненням (пряме комбайнування)	179
6.5.2. Роздільне комбайнування	180
6.5.3. Зберігання біомаси	182

6.5.4. Рекультивація плантації.....	183
РОЗДІЛ 7 ПЕРЕРОБЛЯННЯ БІОМАСИ МІСКАНТУСУ	
ГІГАНТСЬКОГО (О.М. Ганженко, В.М. Квак, М.Я. Гументик, В.М. Сінченко).....	184
7.1. Виробництво твердого біопалива	184
7.2. Технологічні показники якості біомаси та твердого біопалива.....	189
7.3. Розрахунок виходу твердого біопалива	195
РОЗДІЛ 8 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ТА	
ПЕРЕРОБЛЯННЯ БІОМАСИ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО	
(В.І. Пиркін, В.М. Сінченко, В.С. Бондар, А.В. Фурса, В.М. Квак).....	200
8.1. Економічна ефективність технології вирощування міскантусу гігантського	200
8.2. Економічна ефективність використання міскантусу гігантського в якості біопалива	204
ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ (В.М. Квак, О.М. Ганженко)....	210
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	217
ДОДАТКИ.....	240
Додаток 1. Генофонд міскантусу, зібраний у відділі нових культур НБС ім.М.М. Гришка НАН України.....	240
Додаток 2. Генофонд міскантусу, зібраний у відділі квітничково- декоративних культур НБС ім.М.М.Гришка НАН України	241
Додаток 3. Сорти енергетичних рослин роду <i>Miscanthus</i> , які створені у відділі нових культур НБС ім. М.М.Гришка.....	241
Додаток 4. Сорти енергетичних рослин роду <i>Miscanthus</i> , які створені Інститутом біоенергетичних культур і цукрових буряків у відділі нових культур	241
Додаток 5. Сорти енергетичних рослин роду <i>Miscanthus</i> , які занесені до Державного реєстру рослин, придатних для поширення на території України на 2018 рік.....	242
Додаток 6. Декоративні особливості поширених сортів міскантусу китайського	245
Додаток 7. Нормативи витрат промислового вирощування міскантусу (перші 4-и роки), 2018 р.....	246
Додаток 8. Нормативи витрат технології вирощування садивного матеріалу міскантусу (ризом), 2018 р.....	252

ВСТУП

Створення власного джерела біоенергетичної сировини для виробництва твердого біопалива сприятиме укріпленню енергетичної безпеки України та зменшить її залежність від імпорту енергетичних ресурсів. Крім того, масштабне спалювання викопних енергоресурсів пов'язане зі значним вивільненням вуглекислого газу, який негативно впливає на екологію. Найбільшого розвитку в Україні набуло виробництво твердих видів біопалива (гранул та брикетів), в якому задіяні майже 500 вітчизняних підприємств. Сировиною для виробництва твердого біопалива служать відходи деревообробної промисловості (тирса, тріска), солома зернових та зернобобових культур, соняшникова лузга тощо. Виробництво такої сировини є нестабільним і носить сезонний характер, що негативно впливає на ефективність роботи заводів з виробництва твердого біопалива. Тому особливої уваги заслуговує напрям, пов'язаний із стабільним забезпеченням сировиною для виробництва твердого біопалива за рахунок вирощування нових видів високопродуктивних багаторічних рослин, що дає змогу гарантовано отримувати щорічно задану кількість біомаси необхідної якості. Однією із таких рослин є міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus*). За рахунок високої врожайності сухої біомаси (до 25 т/га), високої теплотворної здатності (5 кВт/год/кг або 18 МДж/кг), низької природної вологості стебел на час збирання (до 15%) міскантус є найефективнішою, порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами, рослиною для виробництва твердого біопалива.

Під час згорання біомаси міскантусу виділяється менша кількість вуглекислого газу, ніж було його абсорбовано рослинами в процесі фотосинтезу, тому використання біопалива з міскантусу не сприятиме парниковому ефекту. Крім того, вирощування міскантусу позитивно впливає на родючість ґрунту, оскільки після чотирьох років вирощування у ґрунті накопичується 15...20 т/га кореневищ, що еквівалентно 7,2...9,2 т/га вуглецю. [39].

За оцінками експертів в Україні нараховується від 3 до 8 млн. га земель, виведених із сівозмін через їх низьку родючість, схильність до ерозії тощо. Вирощування багаторічних високопродуктивних культур для виробництва біопалива на даних землях збереже від ерозії гумусний шар і в загальному покращить екологічний та енергетичний стан в країні.

Технології та сучасні технічні засоби, які застосовуються для вирощування та збирання біомаси, не забезпечують необхідної врожайності та якості сировини, що призводить до зростання собівартості виробництва біопалива. Тому важливим питанням для сільськогосподарських виробників є розробка й оптимізація технологій вирощування високопродуктивних фітоенергетичних культур, зокрема міскантусу гігантського, проведення економічного та енергетичного обґрунтування основних технологічних процесів та особливостей його вирощування залежно від ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування з метою зменшення витрат на вирощування біомаси.

В останні десятиріччя у світі стрімко зростає споживання енергоресурсів, і нині воно становить понад 14 млрд. тонн умовного палива в рік. Для виробництва енергії використовуються здебільшого викопні види палива – нафта, газ, вугілля, уран, частка яких в структурі енергетичних ресурсів становить 86%.

Проте через високі темпи споживання традиційних енергоресурсів, зокрема викопних вуглеводнів, погіршується екологічний стан сучасних ґрунтових систем, зростають викиди в атмосферу двоокису вуглецю, вуглекислого газу та метану.

Перспективним джерелом енергії на сьогодні є вирощування рослин для виробництва біопалива, яким властивий високий потенціал енерговіддачі. Біомаса енергетичних культур є відновлюваним джерелом енергії з нульовим балансом вуглекислого газу та метану для природи.

За даними статистики загальне постачання первинної енергії в 2017 році в Україні становило 89,6 млн т н.е. енергії, з яких 35,3 млн т н.е. (39,4%) було імпортовано з інших країн. У структурі кінцевого споживання енергії частка вугілля становить 10,4%, природного газу – 29,9%, нафти та нафтопродуктів – 20,1%. У структурі імпорту енергії питома вага вугілля є найбільшою і становить 36,8%, сирої нафти та нафтопродуктів – 31,2%, природного газу – 32%. У структурі експорту енергії 27,9% обсягів займає біопаливо [30].

Така структура паливно-енергетичного комплексу може стати загрозою для енергетичної і національної безпеки країни. Вченими Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН та Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України проведено ряд досліджень з метою створення високопродуктивних плантацій біоенергетичних культур. Високу продуктивність біомаси

для виробництва біопалива забезпечує міскантус, який за врожайністю сухої біомаси, ефективністю акумуляції сонячної енергії та впливом на екологію навколишнього середовища має суттєві переваги перед іншими енергетичними культурами.

В Україні попит на енергію з відновлюваних джерел з кожним роком зростає. Збільшується інтерес до вирощування та впровадження високопродуктивних трав'янистих рослин, таких як види роду *Miscanthus Anderss*, *Sorghum saccharatum Moench*, *Panicum virgatum* тощо.

Із числа найперспективніших нових енергетичних рослин у НБС НАН України та ІБКіЦБ НААН України створено цінний генофонд міскантусу (понад 20 таксонів), які характеризуються скоростиглістю, посухостійкістю, високою урожайністю фітомаси, підвищеним вмістом вуглеводнів в надземній масі. Ці рослини можуть в значній мірі забезпечувати в Україні високий продуктивний та енергетичний потенціал і вихід твердого біопалива з одиниці площі порівняно з традиційними культурами. Створені високопродуктивні сорти занесені в Державний реєстр сортів рослин України. Розроблено методики експертизи сортів на відмінність, однорідність та стабільність.

З огляду на пріоритетність біоенергетики Інститутом біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України розроблені технології вирощування і переробки біосировини міскантусу, які рекомендуються для впровадження у виробництво.

РОЗДІЛ 1

ГЛОБАЛЬНІ ТА НАЦІОНАЛЬНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ

У світі дедалі більше уваги приділяється пошуку шляхів використання відновлюваної енергії, накопиченої рослинами завдяки фотосинтезу. Підтвердженням цього є підписання 175 країнами (включаючи Україну) 22 квітня 2016 року у Нью-Йорку нової Кліматичної Угоди, яка з 2020 року замінить діючий Кіотський протокол. Угода передбачає уповільнення темпів зростання середньорічної температури шляхом приведення у другій половині ХХІ століття викидів парникових газів до рівня, який природа здатна переробляти без шкоди для себе. З цією метою передбачається щорічно залучати \$100 млрд. для заміни традиційних джерел енергії відновлювальними, серед яких значне місце посідає біоенергетика [127].

Енергетична політика європейських країн значною мірою залежна від імпорту енергетичної сировини, ціна на яку постійно зростає, і ця тенденція буде посилюватися з року в рік, оскільки видобуток викопних джерел енергії скорочується і в найближчій перспективі запаси цих енергоносіїв будуть вичерпані. Тому освоєння відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) слід розглядати як важливий фактор підвищення рівня енергетичної безпеки та зниження антропогенного впливу енергетики на довкілля.

Країни ЄС взяли на себе зобов'язання до 2020 року досягти частки відновлювальної енергетики до 20% в загальному енергетичному балансі. На сьогоднішній день деякі країни ЄС вже значно перевищують цей показник. Частка відновлюваних джерел енергії у світовому паливно-енергетичному балансі в 2050 році може досягти 50%, а за прогнозом Світової енергетичної ради – до 80-90% на кінець поточного сторіччя. Німеччина і Швеція до 2050 року планують всю енергію отримувати за рахунок відновлюваних джерел.

Отже, розвиток біоенергетики є важливим пріоритетом європейських країн, що дозволить досягти цілей «20-20-20» та Паризької кліматичної угоди щодо зменшення викидів парникових газів та збільшення частки відновлювальної енергетики в загальному енергетичному балансі.

1.1. Екологічні аспекти використання відновлювальної енергетики

Стрімкий розвиток промисловості, транспорту та інших галузей народного господарства призводить до забруднення навколишнього середовища. Забрудненню піддається повітря, вода та ґрунт. Відбувається деградація ґрунту. Дуже небезпечним для людей та тварин є забруднення важкими металами та токсинами, такими як: олово (Pb), кадмій (Cd), цинк (Zn), мідь (Cu), хром (Cr). Деякі ґрунти змінилися настільки, що можуть бути віднесені до іншого різновиду або типу ґрунту. Процеси деградації охопили практично всю територію землекористування, усі типи ґрунтів [117, 90].

В Україні є території екологічного лиха, на яких природне середовище забруднене різними елементами. На забруднених територіях неможливе вирощування культур, призначених для безпосереднього вжитку, і обмежене вирощування пасовищних культур. Ці території потребують рекультивації. В цьому може допомогти вирощування рослин на промислові або енергетичні цілі. Цей спосіб рекультивації призведе до систематичного зниження рівня забруднення території і обмеження вживання продуктів, які з них походять.

Більшість вчених та експертів доводять, що інтенсивна економічна діяльність людей і надмірне споживання природних ресурсів негативно впливають на стан кліматичної системи нашої планети. Причиною цього є зростаюча концентрація в атмосфері парникових газів, що затримують інфрачервоне випромінювання Землі.

В останні десятиріччя вчені-метеорологи відмічають поступове підвищення температури поверхні землі. Найбільш ймовірною причиною цього є посилення парникового ефекту, який є наслідком підвищення концентрації в атмосфері Землі парникових газів, що безпосередньо пов'язане з активною господарською діяльністю людини.

Кількість техногенних викидів CO₂ в атмосферу значно зросла в другій половині XX сторіччя (рис. 1). Головною причиною цього є залежність світової економіки від викопних видів палива. Індустріалізація, урбанізація і стрімкі темпи зростання населення планети зумовили збільшення світового попиту на електроенергію, який задовольняється головним чином за рахунок спалювання

викопних вуглеводнів. Наразі викопні види органічного палива складають понад 90% всіх первинних енергоресурсів, забезпечуючи 75% світового виробництва електричної енергії. У результаті спалювання органічного палива тільки на теплових електростанціях (ТЕС) в атмосферу щорічно надходить понад 5 млрд. т вуглекислого газу (25% техногенних викидів діоксиду вуглецю в атмосферу дають США і країни Євросоюзу, 11% – Китай, 9% – Росія). Додатково 1-2 млрд. т CO_2 надходить в атмосферу за рахунок спалювання лісів, головним чином тропічних. Ліси взагалі зникають з поверхні планети з катастрофічною швидкістю, за два останні сторіччя площа лісів скоротилася вдвічі.

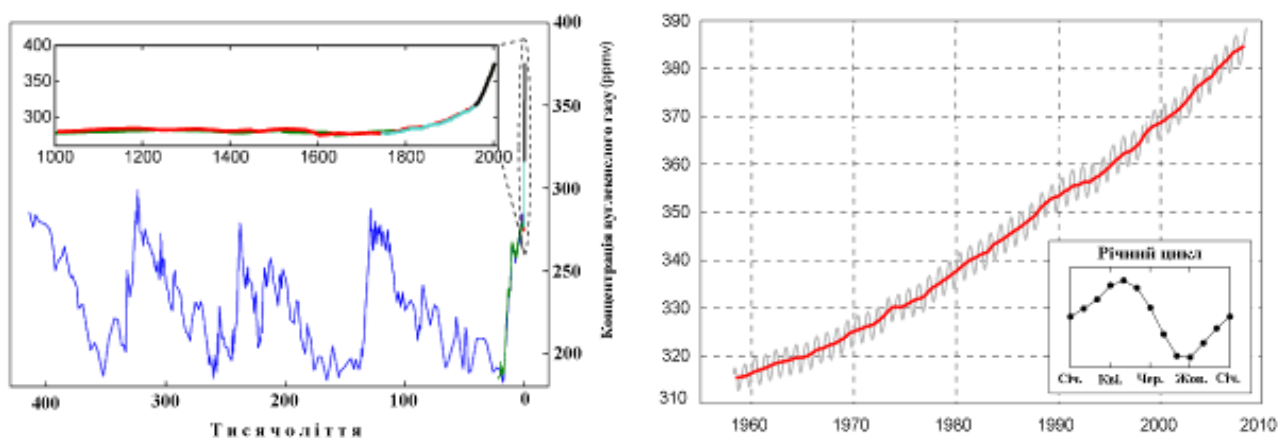


Рис. 1. Динаміка частки вуглекислого газу в атмосфері Землі (Вікіпедія, 2015)

З початку ХХ ст., за оцінками експертів ООН, збільшення викидів CO_2 становило від 0,5 до 5% на рік. У результаті за останні сто років тільки за рахунок спалювання викопного палива в атмосферу надійшло 400 млрд т вуглекислого газу. Зараз атмосфера містить на 25% більше вуглекислого газу, ніж було накопичено в ній за останні 160 тис. років. В останнє в історії Землі сучасна концентрація CO_2 в атмосфері (387 мільйонні долі) була 15 мільйонів років тому. Тоді клімат землі був теплішим на 3-6 градусів, рівень поверхні моря був вищим на 25-40 метрів, а північної полярної крижаної шапки і Гренландського льодовика взагалі не існувало. Спалюючи накопичені впродовж мільйонів років викопні вуглеводні (нафта, вугілля, природний газ) ми повертаємо баланс газів в атмосфері до того доісторичного рівня.

Отже, перед людством виникає непроста екологічна проблема – стабілізувати клімат, або хоча б пом'якшити невідворотні наслідки

його зміни. Для цього, в першу чергу, слід змінити структуру споживання природних ресурсів, особливо первинних енергоносіїв. Необхідно також переглянути спосіб економічного розвитку, вийти на принципово новий рівень екологічної свідомості та поведінки, що не припускає конфронтації між економікою та екологією.

Єдиним процесом, за допомогою якого відбувається природна адсорбція вуглекислого газу з атмосфери та накопичення вуглецевовмісних сполук у рослинах, є процес фотосинтезу. В результаті цього процесу листова поверхня рослин під дією сонячного світла поглинає вуглекислий газ з атмосфери та синтезує енергетично цінні органічні сполуки (глюкозу, сахарозу, целюлозу, геміцелюлозу, лігнін та інші), які в подальшому використовуються людиною як джерело енергії для себе (в якості продуктів харчування), так і для тварин (в якості кормів), а в останній час також для нової галузі в енергетиці – біоенергетики. Тому, у зв'язку зі змінами клімату у світі, дедалі більше уваги приділяється пошуку шляхів використання поновлюваної енергії, накопиченої рослинами завдяки фотосинтезу.

1.2. Сировинна база для виробництва твердих видів біопалива

Сировиною для виробництва твердого біопалива здебільшого є відходи деревообробної промисловості (тирса, тріска), солома зернових та зернобобових культур, соняшникова лузга тощо (рис. 2). Надходження такої сировини є нестабільним і носить сезонний характер, що негативно впливає на ефективність роботи заводів з виробництва твердого біопалива. Тому на особливу увагу заслуговує напрям, пов'язаний із забезпеченням сировиною виробників твердого біопалива за рахунок вирощування нових видів високопродуктивних дерев та багаторічних рослин, що дасть змогу щорічно отримувати задану кількість біомаси необхідної якості [107].

Крім того, дослідженнями встановлено [107], що соломою з ґрунту виноситься значна кількість макро- та мікроелементів, що негативно впливає на його родючість (табл. 1).

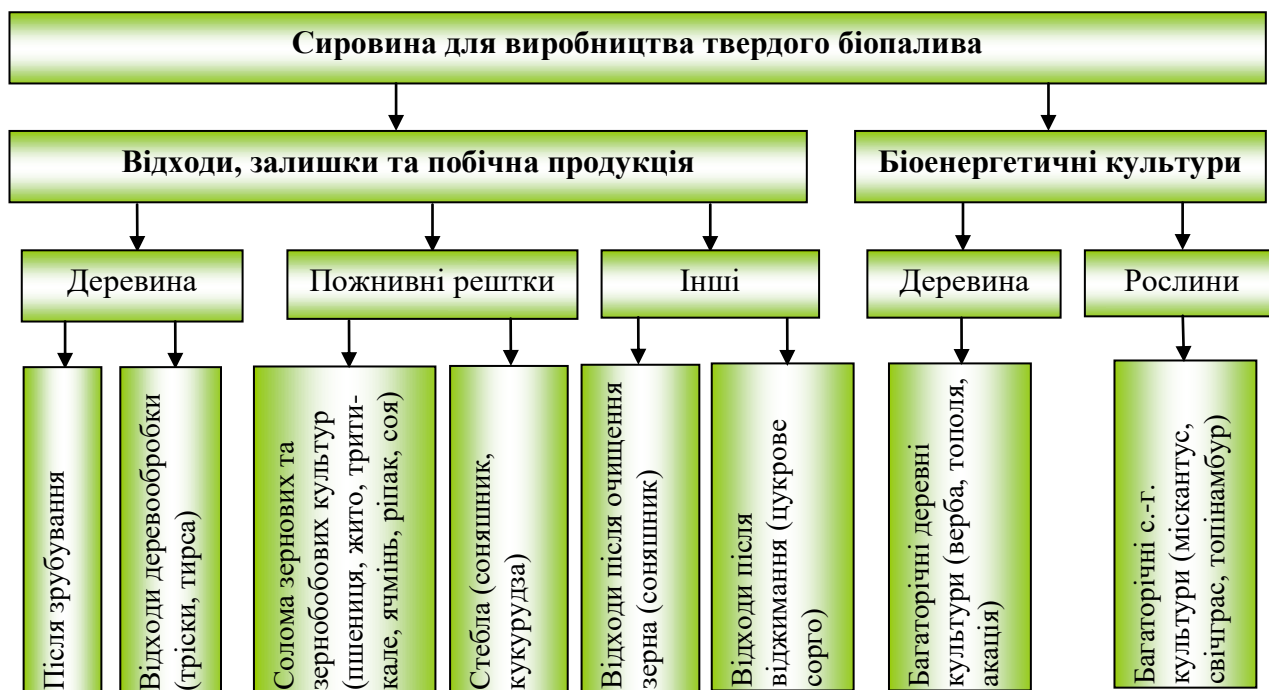


Рис. 2. Класифікація сировини для виробництва твердого біопалива [107]

Для повернення у ґрунт поживних речовин, які були винесені однією тонною соломи з 1 га необхідно внести понад 40 кг діючої речовини добрив. Крім того висока зольність призводить до низької теплотворної здатності солом'яного біопалива та негативно впливає на експлуатаційні характеристики теплогенеруючого обладнання.

Таблиця 1

**Винос елементів живлення з ґрунту соломою озимої пшениці
(за врожайності 4 т/га) [107]**

Елемент живлення	Винос, кг д.р./га
N	22,0
P ₂ O ₅	10,8
K ₂ O	72,0
CaO	42,0
MgO	20,4
Si, Mn, B, Cu, Zn, S, та ін.	1,0
Всього	168,2

До основних переваг рослинної біомаси як джерела енергії, можна віднести екологічну чистоту викидів порівняно з викопними видами палива, відсутність негативного впливу на баланс вуглекислого газу в атмосфері. Під час згорання біопалива на основі рослинної біомаси в атмосферу викидається менше вуглекислого

газу, ніж поглинається рослинами в процесі фотосинтезу, утворюється в 20...30 разів менше оксиду сірки і в 3...4 рази менше золи в порівнянні з вугіллям. Побічним продуктом у процесі виробництва рідкого та газоподібного біопалива і в результаті згорання твердого біопалива є органічна речовина, яку можна використовувати в якості добрив. Вирощування біоенергетичних культур, виробництво та використання біопалива створює додаткову зайнятість сільського населення та є джерелом доходу, зокрема, в сільській місцевості, де гостро відчувається нестача робочих місць.

Отже, вирішенням проблеми забезпечення сировиною є вирощування нових видів високопродуктивних енергетичних дерев та багаторічних рослин, що дасть змогу щорічно отримувати необхідну кількість високоякісної біомаси. Біомаса цих рослин на час збирання не містить великої кількості зольних елементів (до 1-2%), тому їх вирощування є більш екологічно сталим, а отримана біомаса за теплотворними властивостями перевищує характеристики соломи.

1.3. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні

Країни з розвиненим промисловим виробництвом потребують великої кількості енергоресурсів. Водночас забезпеченість ними в кожній країні різна. Україна не повністю забезпечує себе власними енергоресурсами і змушена покривати енергодефіцит за рахунок імпорту. Згідно держслужби статистики України чистий імпорт первинної енергії за 2017 рік склав 33,2 млн т н.е. та збільшився на 20,2% порівняно з 2016 роком в основному за рахунок зростання імпорту природного газу та вугілля. У структурі імпорту енергії питома вага вугілля є найбільшою і становить 36,8%, сирої нафти та нафтопродуктів – 31,2%, природного газу – 31,9%. У структурі експорту енергії 29,2% обсягів займає вугілля, 27,9 % – біопаливо, та 23,1% – електроенергія. [30].

Незважаючи на залежність від імпортних енергоносіїв, частка відновлювальних джерел енергії України станом на 2017 рік становить лише 4,4%, що значно менше, ніж в інших країнах ЄС (рис. 3). В Енергетичній Стратегії України на період до 2035 року заплановано досягти частки ВДЕ 25% у загальному енергетичному балансі країни [100].

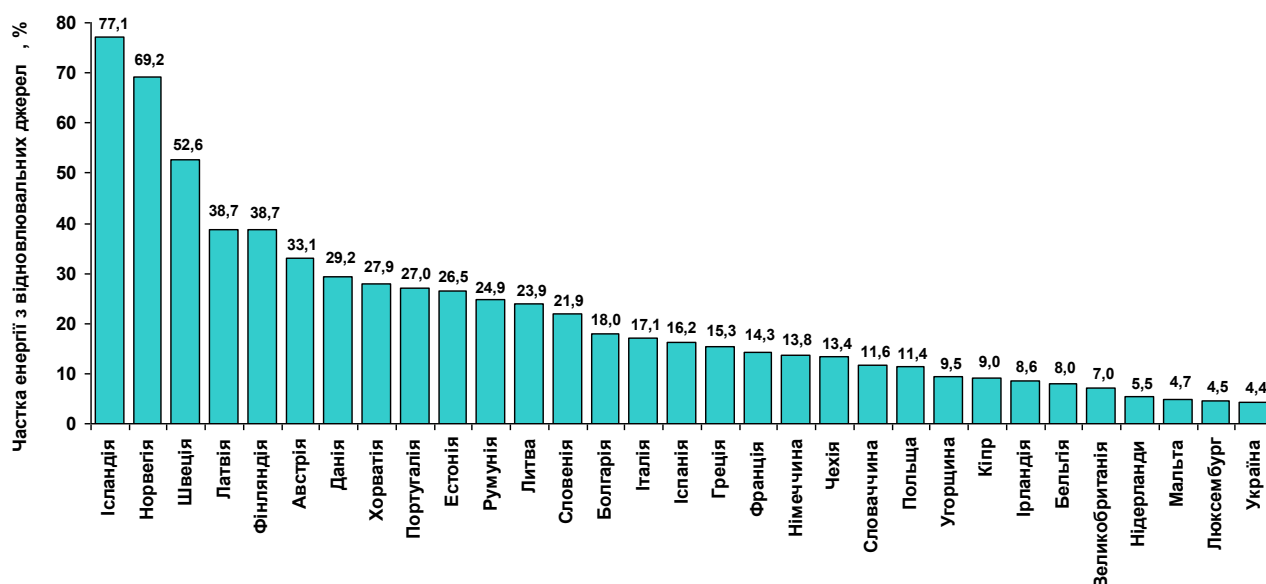


Рис. 3. Частка енергії з відновлювальних джерел [155, 30]

Прийнятий Закон «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії» (№5485-VI, від 20.11.2012 р.), який передбачає встановлення, починаючи з 1 квітня 2013 року, «зеленого» тарифу на електроенергію, вироблену з біогазу та біомаси, стимулює потік інвестицій у цей сектор біоенергетики [94]. Однак станом на вересень 2018 року лише 7 компаній скористалися «зеленим» тарифом на електроенергію з біомаси та 20 – з біогазу (табл. 2).

Таблиця 2

Розмір «зеленого» тарифу та кількість енергогенеруючих компаній станом на вересень 2018 року [95]

Джерело електроенергії	Кількість компаній, шт.		Встановлена потужність, МВт	
	09/2017	09/2018	09/2017	09/2018
Енергія вітру	12	15	437,7	515,4
Енергія з біомаси	6	7	38,7	43,8
Енергія з біогазу	11	20	28,0	43,4
Енергія сонячного випромінювання	130	195	686,6	1074,3
Енергія малих гідроелектростанцій	58	62	93,0	95,8
Разом	217	299	1284,0	1772,7

Для порівняння: кількість компаній, які отримали «зелений» тариф на виробництво електроенергії з сонячного випромінювання на цей самий період, становила 195. Це пов'язано з низьким значенням коефіцієнта «зеленого» тарифу для біомаси та біогазу [116].

В Україні діють Постанови Кабінету Міністрів України [98, 97], якими передбачено компенсацію різниці між економічно обґрунтованим тарифом на виробництво тепла з біопалива і збитковим тарифом на виробництво теплової енергії для потреб населення. Крім того, працює механізм відшкодування 20% суми кредиту для населення на придбання твердопаливних котлів. Також затверджено Дорожню карту заходів щодо скорочення обсягу споживання природного газу та розвитку відновлювальної енергетики на період до 2020 року [96].

Впровадження цих заходів дозволило впродовж шести років (2010-2017 рр.) майже у тричі збільшити частку біопалива у загальній структурі кінцевого споживання енергії в Україні (з 1,3% у 2010 році до 3,8% у 2017 році) (табл. 3). Заміщення природного газу біопаливом у 2017 році склало 3,8 млрд.м³, а середній темп зростання в останні роки складає 33% за рік.

Таблиця 3

Структура кінцевого споживання енергії [30]

Рік	Кінцеве споживання енергії, тис. т н.е.	До обсягів кінцевого споживання, %					
		природний газ	вугілля та торф	сира нафта та нафтопродукти	електроенергія	теплоенергія	біопаливо
2017	50086	29,9	10,4	20,1	20,2	15,6	3,8
2016	51645	30,3	12,2	18,7	19,6	15,9	3,3
2015	50831	31,5	12,4	18,6	20,1	14,8	2,5
2014	61460	34,1	14,9	16,5	18,0	14,5	2,0
2013	69557	35,9	12,5	16,2	17,0	16,8	1,6
2010	74004	38,4	11,3	16,5	15,6	16,9	1,3

Отже, належачи до енергозалежних держав та маючи значний ресурс невикористаної біомаси, Україна зацікавлена у розвитку біологічних видів палива, що дозволить підсилити енергетичний суверенітет держави. В Україні створені всі передумови для активного виробництва і використання біопалива.

З огляду на аграрну спрямованість економіки країни та сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для вирощування рослин,

найперспективнішим сегментом відновлювальної енергетики для України є біоенергетика. У структурі виробництва ВДЕ в Україні частка біопалива у 2017 році становить 79,8%.

Обсяги виробництва твердого біопалива в Україні щорічно зростають. Так, за 2017 рік було вироблено близько 3,6 млн. т н.е. різних видів твердого біопалива, 15 % якого експортовано до країн Західної Європи. Основним імпортером пелет українського виробництва традиційно є Польща [51, 30]. Активно зростає частка використання твердого біопалива на внутрішньому ринку.

Ґрунтово-кліматичні умови більшості регіонів України є сприятливими для вирощування багаторічних енергетичних рослин групи C_4 , здатних інтенсивно трансформувати енергію сонця в енергомістку біомасу. Ці рослини не вимогливі до родючості ґрунту, не потребують значного використання добрив та пестицидів, запобігають ерозії ґрунту, сприяють збереженню та покращанню агроєкосистем та забезпечують низьку собівартість високоякісної біомаси.

До таких рослин належать види та форми роду міскантус, які впродовж багатьох років вирощують в Америці та Західній Європі як джерело біоенергії. За рахунок високої врожайності сухої біомаси (до 25 т/га), високої теплотворної здатності (5 кВт/год./кг або 18 МДж/кг), низької природної вологості стебел на час збирання (до 25%) міскантус є найефективнішою порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами рослиною для виробництва твердого біопалива. Одна тонна сухої маси міскантусу еквівалентна 419 кг сирої нафти, 1,7 т деревини, 515 м³ природного газу, або 900 кг кам'яного вугілля. Стебла міскантусу можуть бути заввишки до 4 метрів і містять 64...71% целюлози, що обумовлює його високу енергетичну цінність.

Досвід вирощування міскантусу в Україні свідчить, що із плантації міскантусу можна, через два роки після закладання, впродовж наступних 20 років щорічно, збирати по 20...25 тонн сухої маси з одного гектара.

1.4. Господарське значення міскантусу

Представників роду Міскантус широко використовують у різних галузях народного господарства, найбільше – у біоенергетиці. Так, січка з нього може використовуватись безпосередньо для спалювання або для виробництва твердих видів біопалива.

Міскантус є целюлозовмісною культурою, тому є доброю сировиною для виробництва целюлози, паперу (волокна для вистеляння упаковок, технічного паперу). Визначення хімічного складу надземної маси рослин дозволило встановити, що вміст целюлози становить 44%, лігніну 17%, геміцелюлози 24% [150]. За період багаторічних досліджень з переробки сировини міскантусу за кордоном створено технології виробництва целюлози та біоенергії з рослин [214]. У науковій літературі тривають обговорення хімічної трансформації целюлози з рослин міскантусу [246] і глибокої ферментативної переробки його біомаси [217].

В Інституті цитології і генетики Сибірського відділення Російської академії наук у результаті пошуку альтернативних джерел целюлозовмісної сировини серед вказаних видів, придатних для вирощування в умовах Західного Сибіру за існуючими агротехнологіями, виділена нова форма міскантусу китайського (*Miscanthus sinensis*). Запропонована технологія вирощування нової форми міскантусу в цих умовах забезпечує врожайність сухої біомаси (целюлозовмісної сировини) на рівні 10-15 т/га в рік, що відповідає 4-6 т/га чистої целюлози [123].

У Китаї для виготовлення паперу в основному використовується міскантус цукровітковий (*Miscanthus sacchariflorus*), бо він швидко скидає листя у зимовий період. Виробництво паперу проводять хімічним методом виварювання біомаси в розчині каустичної соди за високої температури. Для вибілювання лігніну використовують сульфат натрію. Целюлоза, отримана азотокислим способом з міскантусу з виходом 31,3-38,4% від сировини, характеризується такими показниками якості як: вологість 2,7-3,6%, зольність – 4,2-4,5%, лігніну – 3,32-44,59%, α -целюлози – 90,30-94,09% [9]. За результатами порівняльної оцінки фізико-хімічні властивості целюлози з міскантусу і деревини виявились подібними. Тому міскантус може бути доброю альтернативною деревини в паперово-картонній промисловості.

У зоні радіоактивного забруднення, де обмежено вирощування продовольчих культур, а відтак є можливість замінити їх культурами енергетичними, дослідження засвідчили, що рослини міскантусу накопичують незначну кількість цезію-137. Розрахунки коефіцієнтів переходу цезію-137 із ґрунту в рослини міскантусу показали, що його значення перебувають в межах 0,22-0,10 Бк/кг/кБк/м², що близько до значень коефіцієнтів переходу цезію-137 у зернові культури (озима пшениця, жито, ячмінь) [37].

В Австрії та Швейцарії біомаса міскантусу входить до складу будівельних матеріалів (легкого бетону, будівельних та ізоляційних плит, штукатурок для зовнішніх і внутрішніх робіт, звукоізоляції, віконних та дверних рам, дахів).

У Швейцарії, Англії та Німеччині січка із міскантусу розміром 15 мм використовується як підстилка для тварин і птиці, що здатна добре утримувати втричі більше вологи від своєї маси, що забезпечує більш гігієнічні властивості, ніж солома зернових.

Біомаса міскантусу використовується, як сировина для виробництва біоетанолу, пластмаси, лиття під тиском виробів з органічних полімерів, які розкладаються мікроорганізмами, сільськогосподарських матеріалів (горщиків для розсади овочів та квітів, ниток та волокон високої міцності для автомобільних кузовних деталей).

Міскантус належить до числа злакових багаторічних трав, а завдяки гарному зовнішньому вигляду багато видів і сортів використовуються як декоративні рослини у ландшафтному дизайні для озеленення декоративних ставків, клумб, садів.

Січка довжиною 5...30 мм використовується в якості мульчі для надземного покриття в садівництві та озелененні, особливо для таких культур як салат і полуниця. Як показали дослідження, 5...7 см шар січки у виноградниках є добрим засобом від вітрової та водної ерозії. Мульча з міскантусу дуже ефективно затримує ріст бур'янів, за рахунок утримування вологи обмежує випаровування в жарку погоду, що сприяє збільшенню врожайності. Також її можна використовувати: для виробництва органічного добрива методом компостування осаду стічних вод та гною ВРХ, вона має нейтральний рН і тому не підкислює ґрунт; для запобігання ерозії в гірських районах та створення буферної зони між лісом і полем, яка буде сприяти поліпшенню екологічного стану навколишнього

середовища – розвитку біорізноманіття птахів, тварин та комах [213, 219].

Вирощування енергетичних культур з високою продуктивністю біомаси забезпечує значне надходження органічної речовини у ґрунт з кореневими та післяжнивними рештками. Це сприяє нагромадженню гумусних сполук у профілі ґрунту. Іншою перевагою вирощування енергетичних культур є відсутність обробітку ґрунту впродовж багатьох років, що сприяє стабілізації видового складу ґрунтової мікрофлори, перебігу ґрунтоформувальних процесів.

Широке впровадження рослин роду *Miscanthus* у культуру землеробства сприятиме не лише отриманню відновлюваної енергії з біомаси, але й поліпшенню екологічного стану агроландшафтів України [11, 38, 39, 88, 102, 103, 19].

Розвиток біоенергетичних технологій зменшить залежність України від імпортованих енергоносіїв, підвищить її енергетичну безпеку завдяки організації енергопостачання на базі місцевих відновлювальних ресурсів, створить значну кількість нових робочих місць (переважно в сільських районах), зробить великий вклад у поліпшення екологічної ситуації в країні.

РОЗДІЛ 2

БОТАНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОСЛИН РОДУ

МІСКАНТУС

Рід Віяльник або Міскантус (*Miscanthus Anderss*), згідно з ботанічною класифікацією, належить до:

Відділу – Покритонасінні (*Angiospermae*)

Класу – Однодольні (*Monocotyledonae*)

Порядку – Лускоцвіті (*Glumiflorae*)

Родини – Злакові (*Gramineae*) або Тонконогові (*Poaceae*)

Підродини – Просові (*Panicoideae*)

Триби – Соргові (*Andropogoneae Dum*)

Представники триби *Andropogoneae* поширені у тропічних і помірних регіонах – у Західній Африці, Індії, Австралії і Південній Америці. Деякі з них, зокрема кукурудзу, цукрову тростину, міскантус та сорго, відносять до найефективніших фотосинтезуючих рослин земної кулі.

Крім роду *Miscanthus* до триби Соргові входять Роди: *Andropogon*, *Bothriochloa*, *Chrysopogon*, *Coix*, *Dianthium*, *Saccharum*, *Schizachyrium*, *Zea*, *Sorghum*, *Sorghastrum*, *Tripsacum*, *Heteropogon*, *Trachypogon*, *Imperata* та *Themeda* [121, 114, 167, 194, 33, 120].

2.1. Морфологія рослин роду *Miscanthus*

Міскантус – багаторічна кущиста трав'яниста рослина C_4 типу фотосинтезу (рис. 4). У процесі еволюції, природного і штучного відборів на фоні різних ґрунтово-кліматичних умов виникла велика різноманітність форм цієї культури. [93].

Висота пагонів рослин коливається від 1,5 до 5,0 м. Рослини однодомні, короткого дня вегетації, тому цвітуть з кінця серпня до початку жовтня. Усі види міскантусу відносяться до світлолюбних рослин.

Коренева система у міскантусу мичкувата. Вона не має головного стрижневого кореня і розгалужується досить рівномірно. Корені розвиваються від кореневищ (видозмінених пагонів). Залежно від умов вирощування корені проникають на глибину 100...250 см і більше.



Рис. 4. Рослина
міскантусу
гігантського

Найбільш глибоке їх проникнення спостерігається на легких ґрунтах (до 3 м). Основна маса кореневої системи зосереджена в шарі ґрунту до 15 см (70%). Така коренева система сприяє інтенсивному використанню елементів живлення і води [141].

Кореневище міскантусу — це тонкі або товсті пагони завдовжки до 20 см і в діаметрі 1...2 см [8].

На кожному з них знаходиться верхівкова брунька, а на вузлах — редуковані листки. В їх пазухах розміщені бруньки, з яких утворюються надземні пагони та корені (рис. 5). У рослин міскантусу симподіальне розгалуження кореневища.

Стебло. Стебло, на відміну від інших злакових культур, частково або повністю заповнене білою м'якою серцевиною, за формою воно циліндричне і складається з окремих часток — міжвузлів, які відокремлюються одне від одного вузлами.

Міжвузля біля основи стебла дуже короткі, а у верхній його частині досягають значної довжини за рахунок поділу інтеркалярної меристеми [18].

Стебло в міскантусу дуже міцне, з волосками або без них, з вузлами. Забарвлення однорідне. Діаметр стебла близько 10 мм [162]. Залежно від умов вирощування висота стебла може змінюватись у межах 1,5...4,0 м у Європі та від 3,0 до 5,0 м у Південно-Східній Азії. Висота рослин визначається кількістю міжвузлів (до 20 шт.) та їх довжиною [4, 154].

Листки. Після появи сходів у рослин міскантусу один за одним починають розвиватися листки, яких на одному пагоні формується до 16–20 шт. Вони характеризуються лінійною або ланцетно-лінійною формою із зазубренням вздовж країв та паралельним жилкуванням, дуже жорсткі. Розміщення їх на стеблі спіральне.



Рис. 5. Кореневище
міскантусу
гігантського

Довжина листка становить від 0,5 до 1,0 м, ширина – від 0,8 до 3,2 см. На рослині листки утримуються дуже довго, верхні листки можуть зберігатися навіть до середини зими.

Суцвіття. Останнє міжвузля стебла утворює компактну колосоподібну волоть, яка складається з центральної осі й бічних гілочок з колосками (рис. 6).



Рис. 6. Волоть міскантусу
гігантського під час
цвітіння

Волоть біла або рожево-срібляста, слабо розвинута, довго залишається на рослині. Волоті більш або менш віялоподібні (з довгими бічними гілочками і дуже вкороченою центральною віссю), в середньому 10...30 см завдовжки та від 7 до 10 см завширшки.

Залежно від сортових особливостей та умов вирощування, розмір волоті та її будова може дещо відрізнятися. Колоски 0,3-0,7 см завдовжки, з однією досить розвиненою квіткою, оточені довгими шовковистими волосками, які відходять від їх основ і зі спинки колоскових лусок. Нижні квіткові луски з колінчасто-вигнутою остю до 1,5 см завдовжки, плівчасті, без остюка або з ним [121].

Кожна квітка типова для однодольних, утворюється на осі колоска в пазусі приквітника – зовнішньої квіткової лусочки. Квітки дрібні, непоказні, двостатеві. Тичинок дві або одна. Гінецей складається з двох плодолистків.

Цвітіння. Міскантус є перехресно- та вітрозапильною рослиною. Фізіологічні та морфологічні особливості цвітіння обумовлюють високу продуктивність пилку. Встановлено високий рівень генетичного контролю самостерильності [174, 148]. Самонесумісність призводить до високої гетерозиготності та можливості отримання великої кількості міжвидових гібридів. Встановлено, що міжвидові гібриди є більш продуктивними, ніж батьківські види, що пояснюється явищем гетерозису [173, 209].

2.2. Таксономія роду *Miscanthus*

Рід Міскантус вперше був описаний Нільсом Андерсоном в 1885 році. Назва роду походить від грецьких слів «*mischos*» – ніжка та «*anthos*» – квітка, що вказує на особливе прикріплення колосків. Проте в літературі зустрічаються й інші назви, такі як: віяльник, китайська срібна трава тощо [135]. У англomовній літературі його заслужено називають *elephant grass* (слонова трава) [123].

Таксономія роду *Miscanthus* вперше була описана М. Honda та Y. Keng в 30-х роках 20 ст. [182, 194, 126, 148]. Було виділено 17 видів, об'єднаних у 4 секції: *Triarrhena* (*M. giganteus*, *M. sacchariflorus*), *Eumiscanthus* (*M. sinensis*, *M. condensatus*, *M. floridulus*), *Kariyasua* (4 ендемічних для Японії видів), *Diandra* (5 видів Китаю, Тибету та Непалу), інші 3 види – ендеміки Китаю, Тибету та Непалу [126, 148].

В літературі 70-х років минулого століття згадується про існування 40 видів міскантусу [206, 20]. В 1992 році L. Watson і M. Dallwitz виділили 20 видів роду та ряд міжродових гібридів з цукровою тростиною [244]. Hodgkinson і співавтори опублікували огляд результатів основних систематичних досліджень, в тому числі ключі до 12 видів і їх молекулярні зв'язки [178].

Все це вказує на значні проблеми об'єктивного поділу рослин роду на таксони видового рівня. На перших етапах таксономічних досліджень роду *Miscanthus* використовувались морфологічні та анатомічні особливості листків. Зокрема Y. Lee [199] виділив три типи листків: *sinensis*, *sachariflorus* та *floridulus*. Генотипи з широкими листками використовуються як кормові трави на напівприродних луках

Кореї, Японії та Тайваню. В якості діагностичних ознак видів Y. Lee запропонував будову колосків, яка має велике значення для таксономічної диференціації роду. Однак це не вирішило проблему, оскільки види міскантусу легко утворюють міжвидові гібриди, що створює додаткові складності при ідентифікації видів і форм. Визначення хромосомних чисел представників цього роду не спрощує ситуації: 4 види із 14 вивчених являють собою анізоплоїдні популяції (суміш рослин різної плоїдності від диплоїдів – 38 хромосом до гексаплоїдів – 114 хромосом). У них зафіксовано різну кількість хромосом в соматичних клітинах. Так, у *M. sinensis*: 35, 36, 38, 40, 41, 42, 57 хромосом [123], *M. sacchariflorus* – 38, 57, 76, 95, *M. giganteus* – 57, 58, *M. condensatus* – 36, 38, 57, *M. floridulus* – 38, 57, *M. sinensis* var. *purpurescens* – 40 хромосом. Для *M. oligostachyus* визначено 38 хромосом, для *M. intermedius* – 76, 114, *M. tinctorius* – 38, 76-78, 103-109 хромосом. У видів *M. nepalensis*, *M. nupidens*, *M. rufipilus* $2n = 40$, у *M. transmorrisonensis* та *M. pycnocephalus* $2n = 38$ [148].

У складеній на основі новітніх методів ідентифікації видів міскантусу міжнародній базі даних «The Plant List» наведено 22 види роду *Miscanthus* [240]. Серед них найбільш поширеними є:

- *M. floridulus* (Labill.) Warb.
- *M. intermedius* (Honda) Honda
- *M. longiberbis* Nakai
- *M. lutarioparius*
- *M. oligostachyus* Stapf.
- *M. paniculatus* (B. S. Sun) Renvoize & S. L. Chen
- *M. sacchariflorus* (Maxim.) Hack.
- *M. sinensis* Anderss.
- *M. tinctorius* (Steud.) Hack.
- *M. transmorrisonensis* Hayata
- *M. giganteus* J.M. Greif & Deuter ex Hodkinson and Renvoize
- *M. sinensis* ssp. *condensatus* (Hackel) T. Koyama.
- *M. kanehirae* Honda, [162, 153, 205].

Таке значне генетичне розмаїття забезпечує можливості гібридизації та поліпшення генофонду культивованих форм міскантусу [177, 176, 179]. У ньому поєднані високі біологічні, екологічні, економічні, господарські характеристики, до яких відносять: швидкий ріст, високу продуктивність біомаси, стійкість до хвороб, адаптивність до різних ґрунтово-кліматичних умов тощо.

2.3. Природний ареал рослин роду *Miscanthus*

До найперспективніших енергетичних та декоративних рослин роду *Miscanthus* відносять *Miscanthus sinensis* – міскантус китайський – рослина висотою 2,0–3,5 м з короткими ризоморфами. Популяції анізоплоїдні. Частіше зустрічаються диплоїдні рослини з кількістю хромосом 38. Батьківщиною міскантусу китайського є Східний Китай, Корея, Японія, Тайвань, Маньчжурія, Таїланд, Індокитай і Полінезія [203] (рис. 7).



Рис. 7. Природні ареали рослин роду *Miscanthus*

Рослини міскантусу китайського зустрічаються на відкритих, більш або менш сухих трав'янистих схилах, серед кущів, на лісових галявинах нижнього гірського поясу на півдні Приморського краю Росії, Кореї та Японії. Міскантус китайський зростає в районах з субарктичним, прохолодно-помірним і помірно-теплим кліматом [121, 237].

У субтропічній Азії міскантус китайський є кодомінантним видом лісових угруповань. На Філіппінах він поширений на висоті вище 2300 м над рівнем моря. Ступінь його домінування зменшується з пониженням висоти та в долинах лук. Температура є лімітуючим фактором вертикального поширення виду [197].

Іншим важливим для культивування видом міскантусу є міскантус цукроквітковий (*Miscanthus sacchariflorus*). Це багаторічник висотою 0,8–2,0 м, з довгими повзучими кореневищами, який швидко колонізує ґрунтовий простір, утворюючи суцільні плантації. У більшості випадків його рослини – це тетраплоїди з кількістю хромосом 76. Листкові пластинки 0,5–1,5 см завширшки. Волоті 12–30 см завдовжки, сріблясті від довгих шовковистих волосків, які оточують колоски. Нижні квіткові луски безості [121].

Рослини міскантусу цукроквіткового зростають на вологих луках, піщаних берегах річок, лісових галявинах, відкритих кам'янистих схилах Кореї, Китаю, Японії, від Амурської області до півдня Приморського краю Росії. Через наявність довгих кореневищ та здатність зав'язувати насіння, даний вид дещо обмежено культивується.

Міскантус китайський і цукроквітковий були вперше виявлені та описані в Японії, де їхні ареали перекриваються, що призвело до природної міжвидової гібридизації. Дослідженнями Хонда та ін. було виділено триплоїдні гібриди *M. ogiformis*, *M. giganteus* [130]. Останній з них виявився однією з найперспективніших гібридних енергетичних рослин [39, 143, 151, 138]. Його природний ареал охоплює Японські острови, Корейський півострів, а також незначну частину Північно-Східного Китаю та південь Хабаровського краю Російської Федерації (див. рис. 7).

Встановлено, що кілька видів міскантусу, зокрема – міскантус гігантський, є міжвидовими стерильними гібридами, а деякі можуть утворювати міжродові гібриди з цукровою тростиною [231, 244].

2.4. Історія інтродукції, селекції та культивування міскантусу

До початку V століття нової ери штучні посадки міскантусу застосовували лише в Китаї для захисту ґрунтів від ерозії. У XVI столітті міскантус потрапив до Європи як декоративна рослина. У 1901 році А. Hitchcock вказує на декоративні властивості міскантусу китайського та описує його перші строкатолисті форми – *Variegata* та *Zebrina* [175]. З того часу розпочинається вивчення декоративних особливостей видів та форм *Miscanthus*. Л.І. Абрамова та ін. у виданні «Декоративные травянистые растения для открытого грунта» виділяють 40 видів міскантусу та рекомендують два види: міскантус цукрокрітковий та китайський для парків півдня СРСР [20]. У «Encyclopedia of Garden plants» описується чотири види: *M. sacchariflorus*, *M. sinensis*, *M. floridulus* та *M. yakushimensis* та 10 поширених у квітникарстві світу сортів (*Cabaret*, *Gracillimus*, *Kleine Silberspinne*, *Morning Light*, *Pünktchen*, *Rotsilber*, *Silberfeder*, *Silver Feather*, *Variegatus*, *Zebrinus*) [153]. J. Greenlee and R. Darke описують низку видів та сортів міскантусу для декоративного садівництва [161, 144]. М. Meyer і С. Davidson G., S. Gobin публікують інформацію про зимостійкість його видів та сортів [212, 145]. Детальний аналіз великої кількості сортів був поданий G. Kopf та співавторами [196].

Нині міскантус китайський включає понад 100 сортів, які відрізняються висотою, довжиною, шириною та текстурою листків, забарвленням і формою суцвіть. У декоративному садівництві найбільш поширеними є: «Cabaret», «Goldfeder», «Gracillimus», «Graziella», «Flamingo», «Morning Light», «Kleine Fontane», «Kleine Silberspinne», «Purpurascens», «Sarabande», «Strictus», «Variegatus», «Zebrinus» (дод. 6) [162, 32, 205].

На початку XX ст. міскантус китайський був завезений в Північну Америку. І хоча точний час інтродукції не відомий, однак, флористичні дослідження показали, що в 1940 році рослини цього виду траплялися вздовж залізничних шляхів Нью Джерсі, Пенсільванії та Західної Вірджинії. У 1942 році Н. Moldenke описав міскантус китайський як повністю натуралізований вид у Вашингтоні [216]. Зараз у Сполучених Штатах міскантус китайський розповсюджений на антропогенно змінених територіях (покинуті поля, сади, узбіччя доріг і залізничних шляхів тощо) у більшості східних штатів на південь від Массачусетса вздовж Атлантики і від південно-східних штатів до Флориди та Луїзіани. Ареал виду в США

охоплює штати району Великих Озер, включаючи Огайо, Мічиган і Іллінойс. На заході поширений в Колорадо та Каліфорнії [166]. Вважається, разом з міскантусом цукроквітковим, бур'яном та належать до інвазійних видів для Алабами, Джорджії, Кентуккі, Південної Кароліни, Міссурі, Теннессі. Для контролю популяцій застосовують механічні, хімічні та біологічні методи. Рослини легкозаймисті та можуть стати причиною поширення пожеж [193, 228, 231].

Міскантус китайський і цукроквітковий також широко адаптовані і використовуються у Європі як потенційні види для біоенергетики через їх високу адаптивну здатність і для підвищення генетичної мінливості та створення нових високопродуктивних гібридів [149]. З двох батьківських видів міскантус китайський має більше географічне поширення з точки зору широти та довготи, йому притаманні високі адаптивні властивості та фенотипове і генетичне різноманіття. Крім того, зазвичай в природі диплоїдні форми міскантусу китайського демонструють великий ступінь гібридизації. Недавні дослідження показали існування мінливості строків цвітіння, що забезпечує широкі можливості для гібридизації і подальшої оптимізації сортів для різних кліматичних зон і ґрунтів [188, 242].

Проводяться масові дослідження біохімічних та фізіологічних особливостей рослин міскантусу китайського та цукроквіткового, на основі яких обидва види пропонуються як джерело для отримання целюлози та біоетанолу в зонах, де вони не формують насіння [203, 204, 123].

Дослідження для більшості видів роду *Miscanthus* орієнтовані в основному на польові випробування. Недостатньо відомо про генетику важливих агрономічних ознак, які можуть бути покращені для комерційного використання. Визначення виходу біомаси, зв'язок таких ознак, як початок проростання, встановлення фази цвітіння, поглинання поживних речовин, можливості переносити абіотичні і біотичні стресові умови дозволять краще зрозуміти генетику даного виду, що сприятиме генетичному удосконаленню отримання врожаю. У різних країнах світу проводяться дослідження з гібридизації і адаптації гібридів різних видів міскантусу, з отримання нових форм рослин з використанням методів поліплоїдизації, виявлення мінливості геному з використанням *genotyping by sequencing* (GBS). Проводяться спроби розробити генетичні карти отриманих гетерозиготних рекомбінантів міскантусу китайського [192].

У міскантусу китайського спонтанні тетраплоїди зустрічаються досить рідко, тому для отримання його поліплоїдних форм застосовують різні способи і методи. В якості мутагену використовують алкалоїд колхіцин або оризолін. Дані речовини викликають порушення синтезу тубуліну і блокують утворення веретен поділу в клітині, що призводить до утворення клітин з подвоєним числом хромосом. У якості вихідних зразків для поліплоїдизування використовують диплоїдні форми міскантусу китайського у вигляді проростків або ювенільних рослин із замочуванням корінців у розчинах мутагенів або їх накопуванням на паростки з подальшим вирощуванням і добором поліплоїдних форм. Під час обробки мутагенами різних концентрацій рослин у ґрунті – тетраплоїдних форм не виявлено. Після обробки пагонів у культурі *in vitro* відсоток рослин з подвоєним числом хромосом залежить від генотипу і концентрації мутагену у середовищі. Через високу частоту виникнення міксоплоїдних пагонів під час клонування складно виділити стабільні тетраплоїдні пагони. За літературними даними, отримання поліплоїдних форм міскантусу більш ефективно під час культивування калюсів на живильних середовищах з колхіцином та подальшою регенерацією з ембріогенних структур, але ефективність цього методу тісно залежить від конкретного генотипу через відмінності в їх здатності до органогенезу. Широке застосування має біотехнологічний метод отримання поліплоїдних форм міскантусу з використанням різних експлантів: культуральних пагонів, суцвіть і калюсних тканин на рідких або агаризованих живильних середовищах з подальшою регенерацією рослин [192, 181].

В дослідженнях Чанг Йон Ю з колегами наведено результати подвоєння хромосом у міскантусу гігантського біотехнологічним методом. Поліплоїдизування міскантусу гігантського проводили з метою отримання гексаплоїдних рослин і подальшим відновленням їх фертильності для отримання насіння. Для індукції калюсу за вихідний експлант було використано незрілі суцвіття, які культивували з мутагенами оризоліном і колхіцином у рідкому або агаризованому середовищах. Було встановлено, що життєздатність калюсу зменшувалась із збільшенням концентрації і експозиції мутагенів і коливалась від 0 до 100%. Кількість ядерних ДНК визначали за допомогою проточної цитометрії, частота подвоєння хромосом коливалась залежно від концентрацій і експозицій мутагену – 15 мкМ оризоліну у середовищі (78%) або 939 мкМ колхіцину (67%). Хоча використання оризоліну у живильному

середовищі для міскантусу гігантського є більш ефективним у подвоєнні хромосом, після його дії виявлено значне пригнічення регенераційної здатності калюсів. В результаті досліджень отримано 7 гексаплоїдних рослин, у яких спостерігали збільшення розміру продихів з $24,3 \pm 1,0$ мкм у міскантусу гігантського до $30,0 \pm 0,2$ мкм – у гексаплоїдних регенерантів. Успішне подвоєння хромосом у калюсних тканинах та регенерація пагонів з отриманням гексаплоїдних форм міскантусу доводять, що маніпуляції з плоїдністю триплоїдного гібриду і його батьківських видів (міскантус китайський та цукроквітковий) може бути засобом до генетичної мінливості задля поліпшення ефективності вирощування міскантусу як джерела сировини для біоенергетики [247].

Дослідження, проведені в Європі, зокрема – в Данії та Швеції показали, що кореневища міскантусу китайського витримують зимову температуру ґрунту $-4,5^{\circ}\text{C}$ [140], а його гібриди є більш морозо- та зимостійкими порівняно з іншими видами, що пояснюється низьким вмістом вологи в кореневищах.

Один з таких гібридів – міскантус гігантський, ще з 1950-х років, відібраний як культура із значним потенціалом біомаси як сировини для виробництва біопалива у різних кліматичних зонах Європи. Оскільки *Miscanthus giganteus* – це стерильний триплоїдний гібрид [211], єдиним способом його розмноження є вегетативний [74]. Через це рослина не належить до інвазійних видів і набуває дедалі більшого поширення. У 1980-х роках було встановлено, що в Європі його річна біомаса становить 20–25 т/га [7, 203].

У 1983 році з науковими цілями в Данії почали займатись цією рослиною на «Станції селекції рослин». У 1993 році ще один відомий датський селекціонер Лінде Лаурсен довів, що *Miscanthus sinensis* «Giganteus» є триплоїдом ($2n=3x=57$ або 58, для роду *Miscanthus* основна кількість хромосом складає $x=19$). Вважають, що клон, привезений Ольсеном, був утворений в природі через схрещування міскантусу китайського – диплоїда ($2n=2x=38$) і аллотетраплоїда міскантусу цукроквіткового ($2n=4x=76$), тому не може розмножуватись генеративно (має стерильний пилок) [137]. Встановлено, що стерильність міскантусу гігантського є результатом порушення ембріогенезу жіночого та чоловічого гаметофіту [234]. Під впливом результатів подальших дослідів змінено його назву на Міскантус гігантський (*Miscanthus x giganteus*) [55].

Вчені зазначають, що оскільки батьківщиною міскантусу гігантського є вологий та теплий клімат південної Японії, його

потенційна урожайність не може бути повністю реалізована в умовах сухого та холодного клімату, особливо у високих широтах [183, 210]. Крім того, використання лише одного генотипу збільшує ризик хвороб та пошкоджень шкідниками [141, 225].

Неможливість застосування методів класичної селекції для створення нових форм міскантусу гігантського у зв'язку з його триплоїдною природою приводить до пошуку нових форм у природі та стимулювання генетичних досліджень виду [198, 218, 129, 229]. Використання цитологічних методів дало змогу виявити низку форм триплоїдної природи в Японії та Східній Азії. Отримані триплоїдні форми можуть бути джерелом для розширення генетичної бази міскантусу [126, 238, 229].

Генетичні дослідження рослин міскантусу гігантського вказують на близький родинний зв'язок з цукровою тростиною. Висока ступінь генетичної подібності між родами передбачає застосування результатів генетичних досліджень цукрової тростини для покращення сортів міскантусу гігантського [128, 169].

Альтернативним шляхом отримання генетичної диференціації є біотехнологія [234, 200, 92]. Нові генотипи можуть бути отримані шляхом андро- і гіногенезу методом культури життєздатних мікроспор одноядерних пилкових зерен чи незапліднених яйцеклітин, навіть якщо вони виникають з дуже низькою частотою [234].

Отже, інтродукція та селекція міскантусу розвивається у двох основних напрямках. Перший – використання міскантусу як декоративної рослини. У даному випадку селекція спрямована на отримання сортів різної висоти, габітусу, з різноманітною формою та кольором волоті, забарвленням листків. Другий напрям – це вирощування міскантусу як джерела целюлози, біопалива, тепло- та електроенергії. Він передбачає залучення нових видів та форм і створення сортів з високим вмістом целюлози, лігніну, геміцелюлози, високою урожайністю сухої біомаси, підвищеною посухостійкістю та зимостійкістю. Важливою умовою селекції є виведення стерильних триплоїдних сортів з метою виключення їх інвазійності [231, 234].

На даний час міскантус культивують і використовують як сировину для біопалива та інших виробів у багатьох країнах світу, в тому числі у США та Європі. Зважаючи на високу продуктивність міскантусу і високу якість його біомаси як біоенергетичної сировини, починаючи з 1994 року започатковано низку міжнародних проектів із вирощування міскантусу та створення комплексних підприємств, які, окрім виробництва енергії (теплової, електричної), вирощують 100%

необхідної для цього біомаси, самостійно її переробляють на біопаливо і виробляють теплогенеруюче обладнання на твердій біомасі. Так, наприклад, в Німеччині такі роботи проводяться фірмою Vaba Oel AG [241].

Інтенсивні дослідження в цьому напрямку сприяли тому, що через 12 років після інтродукції міскантусу загальна площа вирощування в Європі становила біля 170 га (1995-1996 рр.), а в 1998 році найбільша площа під міскантусом була в Швеції (300 га). У 1993 році встановлено Європейську Сітку в 10 країнах і вирощування проводилось вже у 18 місцях [203]. За даними біоенергетичної асоціації України у 2011 році в країнах ЄС для енергетичних потреб вирощувалось міскантусу гігантського 19804 га, в тому числі: у Великобританії – 10000-11000 га, Франції – 3000 га, Ірландії – 2200 га, Німеччині – 2000 га, Австрії – 800 га, Швеції – 450 га та Бельгії – 100 га [14]. Ряд міскантусних проектів, розрахованих до 2019 року, фінансує польська програма BioStrateg.

У США дослідження міскантусу гігантського розпочались в 2001 році в Університетах штатів Іллінойс, Міссісіпі, Мічиган, Міннесота, Джорджія, Вісконсин та інших [227]. Вид був запропонований в США для комбінованого виробництва тепла та електроенергії, а також для отримання біоетанолу [171, 195]. Починаючи з 2005 року вчені біологічного факультету університету штату Іллінойс в Урбана-Шампейн (США) під керівництвом Френка Долемана проводять широкомасштабні дослідження на площі 320 га.

У Великобританії компанія BICAL Ltd є основним виробником гранул та брикетів. Згідно з підрахунками експертів паливні гранули з міскантусу займають близько 7% енергетичного ринку Великобританії. BICAL Ltd забезпечує біопаливом великомасштабні енергетичні компанії [211].

У країнах західної Африки з 2007 року розпочатий французький проект під назвою «Plantation Africains' de Miscanthus – ПАМІ» (Африканські плантації міскантусу ПАМІ). Проект спрямований на створення мережі енергетичних плантацій у регіоні, з яких буде експортовано біомасу на світові ринки та для виробництва палива на місцевому рівні. На площі 200 га для здійснення проекту були вкладені інвестиції у розмірі € 800 000 з рівнем рентабельності від 20 до 30% [245].

РОЗДІЛ 3

АГРОТЕХНІЧНІ ОСНОВИ КУЛЬТИВУВАННЯ МІСКАНТУСУ В УКРАЇНІ

В Україні перші дослідження з вирощування міскантусу (гігантського) були розпочаті в 2004 році професором Житомирського національного агроекологічного університету Володимиром Зінченком [37]. Ризоми міскантусу гігантського він завіз із Варшавського університету і висадив їх на двох дослідних ділянках: в Ботанічному саду університету та на полі під селом Бежи Коростенського району.

В умовах Житомирського Полісся вивчено вплив площі живлення на висоту та діаметр головного пагона міскантусу. Наведена порівняльна характеристика видів та форм рослин роду *Miscanthus* з однаковою площею живлення та визначена оптимальна ширина міжрядь [122].

Певні здобутки в питаннях впровадження високопродуктивних біоенергетичних культур були отримані в Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України, Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, Інституті харчової біотехнології та геноміки, Інституті технічної теплофізики НАН України (ІТТФ НАНУ), Інституті відновлюваної енергетики НАНУ, ННЦ «Інститут землеробства НААН», Житомирському національному агроекологічному університеті (ЖНАЕУ), Інституті сільського господарства західного Полісся, Вінницькому НАУ та інших.

Саме в Україні (Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України) створена одна з найбагатших у світі, в плані як видового, так і сортового складу, колекція (генофонд) енергетичних рослин, що налічує на сьогодні понад 500 видів і альтернативних сортів (114 – цукроносних, 168 – олійних, 181 – сировинних культур для виробництва твердого біопалива і біогазу тощо). Зібрано генофонд роду Міскантус, який нараховує 26 таксонів (дод. 1, 2). Крім інтродуцентів та малопоширених культур, вирощуються форми, гібриди та сорти енергетичних рослин власної селекції. Зокрема, вченими Національного ботанічного саду та Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України виведено шість сортів

міскантусу, які придатні для вирощування в агрокліматичних зонах Лісостепу та Полісся України (дод. 3; 4).

Перші плантації міскантусу в Україні були висаджені ще в 2006-2007 роках (Харківська й Житомирська області). Із 2008 року науковці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків працюють над заміщенням традиційних видів палива альтернативним біологічним у Борщівському районі Тернопільської області. Завдяки ентузіазму Валентина Луговського, міскантус афро-азіатського походження прижився й на Черкащині, в опалювальному сезоні 2012 року грів будинки мікрорайону «Соснівка». У 2013 році почали «народжуватися» промислові плантації міскантусу й у багатьох інших регіонах країни: 10 га у Київській, 10 га у Львівській, 35 га – у Житомирській областях, 30 – на Прикарпатті. Після багаторічної підготовчої роботи вийшла на промислові обсяги й уже готова поставляти перші партії садивного матеріалу міскантусу Ялтушківська ДСС (Вінницька область). Компанія Phyto Fuels Group, що в наукових питаннях тісно співпрацює з Інститутом біомаси та сталого розвитку (м. Полтава) і Університетом Вагенінгена (Нідерланди), селекціонує й вирощує цілу низку енергетичних культур (просо прутоподібне (свічграс), міскантус, верба, сорго цукрове та ін.). Розгортає масштабне вирощування міскантусу для отримання біосировини й виробництва з неї твердого біопалива на власному пелетному заводі KSG Agro – один із провідних агрохолдингів України (Дніпропетровська область). Маточні плантації культури на 33 га тут були створені в 2013 році. Плантацію міскантусу на 207 га ТзОВ «Енерго Аграр» заклало на полях агрохолдингу «Сварог Вест Груп» (Хмельниччина) [43]. У 2016 році в Україні площі під міскантусом гігантським досягли близько 750 га. Найбільші площі – 580 га – закладені ТзОВ «Енерго Аграр».

Вирішення проблеми енергонезалежності України потребує суттєвого збільшення площ енергетичних культур, в тому числі – міскантусу, що вимагає поглиблення досліджень щодо особливостей росту міскантусу в різних ґрунтово-кліматичних умовах та удосконалення технологій вирощування його біомаси.

Міскантус за агротехнічними властивостями істотно відрізняється від більшості сільськогосподарських культур, насамперед – за особливостями його розмноження.

3.1. Особливості розмноження міскантусу

В культурі існує декілька способів розмноження видів міскантусу, а саме:

- ✓ насінням;
- ✓ клональним мікророзмноженням (через культуру *in vitro*);
- ✓ поділом маточного кореневища (ризوماми);
- ✓ живцюванням (укоріненням міжвузлів).

Кожний із методів розмноження більш детально описано нижче у відповідних розділах.

Розмноження насінням в основному відбувається у природних фітоценозах або розпліднику. Проте не всі види міскантусу розмножуються насінням. Наприклад міскантус гігантський не утворює насіння, бо є триплоїдом і має стерильний пилок [13], тому його розмножують вегетативно поділом кореневищ – ризомами, який є найбільш поширеним та мало витратним способом [41, 68, 121].

Розмноження саджанцями з культури in vitro. Вихідним донорним матеріалом для отримання цього типу саджанців є недозрілі суцвіття, листя, а також бруньки, що розташовані на ризомах та пагонах, з яких отримують експлантати. Однак регенерація рослин з цих експлантатів менш результативна, ніж з недозрілих суцвіть [191]. Отримані експланти культивують на відповідному живильному середовищі, найчастіше це є живильне середовище Мурасіге і Скуга (МС) або Джонса.

Ріст калюса і регенерація рослин є кращими на рідкому поживному середовищі. Встановлено, що протягом п'яти місяців з одного експланта можна отримати 1830 рослин [149]. Цей спосіб дозволяє отримати оздоровлений матеріал для комерційного використання, дає змогу розмножувати селекційні зразки впродовж року на невеликій лабораторній площі та підвищити коефіцієнт розмноження [239]. Цей метод є дуже продуктивним, але має недоліки. Перший з них – це висока вартість, яка робить вирощування рослин міскантусу за таким методом нерентабельним. Другий недолік – низький відсоток виживання після першої зимівлі. Часто плантації, за використання рослин, розмножених таким методом, випадають і подальше вирощування стає недоцільним [201]. Розмноження рослин цим способом проводять в спеціалізованих лабораторіях з використанням спеціальних методик і реактивів, про що докладніше буде описано у розділі 4.

Спосіб вегетативного розмноження поділом кореневищ (ризом). У 1990 році на дослідній станції в Данії виявили, що під час знищення плантацій міскантусу із застосуванням спеціалізованих машин, відбулася зворотна дія – рослини почали дуже швидко відростати. Це дало ідею для нового методу закладання плантацій – поділом кореневищ [139, 170].

Одним із способів отримання саджанців є подрібнення кореневища на фрагменти довжиною біля 10 см. Основною перевагою саджанців, отриманих за цим способом, є їх більш висока витривалість щодо низьких температур під час першої зими, а також швидкий розвиток.

Розмноження саджанцями з укорінених міжвузлів. У 1997 році на кафедрі фізіології рослин Національного університету біоресурсів і природокористування було проведено дослід, в якому укорінювались міжвузля надземного пагону рослин. За використання цього способу можуть виникнути проблеми із перезимівлею рослин у зв'язку з дуже коротким часом для пристосування до умов зимівлі та складність механізованого садіння [40].

В умовах Житомирського Полісся випробувано укорінювання різних за віком рослин міскантусу міжвузлями стебел у розчинах з фітогормонами гумінової природи Еко-Гумату в концентрації 0,02%. Для роботи більш придатними виявилися перше та друге міжвузля рослин третього та наступних років вегетації. Тому виникає потреба у вдосконаленні цих способів розмноження для подальшого впровадження у виробництво [40].

Основним способом створення плантацій міскантусу гігантського в промислових масштабах є висаджування ризом – частин кореневища, які містять бруньки.

Ризоми значно відрізняються між собою за формою і розмірами бруньок, що не дає можливості їх сепарувати, тому автоматизоване садіння ризом без ручного калібрування є неможливим.

Ще однією особливістю є те, що рослини міскантусу багаторічні і тому мають різні вимоги до навколишнього середовища у перші два роки вегетації та в наступні, що пов'язано із системою живлення та захисту від бур'янів.

Іншою властивістю міскантусу гігантського є здатність ефективно використовувати сприятливі умови для росту і розвитку, накопичуючи велику кількість сухих речовин за вегетаційний період. Але при цьому рослини потребують відповідних вимог до умов вирощування,

особливо до тепла та вологи. Крім того, на ріст і розвиток міскантусу значно впливають агротехнічні прийоми його вирощування.

3.2. Екологічні та агротехнічні особливості міскантусу

Вимоги до температури. Міскантус – холодовитривала і теплолюбна трав'яниста рослина. Це – одна з небагатьох рослин, що здатна зростати в кліматичних умовах США, Центральної та Східної Європи і досягати високих урожаїв біомаси. За даними дослідження університету Іллінойсу, рослини здатні розвивати листки, які можуть фотосинтезувати за температури повітря від $+10^{\circ}\text{C}$. Коренева система міскантусу здатна витримувати періодичні пониження температур до -23°C за умови наявності снігового покриву. Найбільш інтенсивний ріст та розвиток рослин відбувається за температури повітря $+25...32^{\circ}\text{C}$ [108, 36].

Результати багаторічних досліджень і виробничих випробувань, проведених в умовах Лісостепу України, дозволяють відзначити, що види роду міскантус мають досить широку екологічну амплітуду. За відношенням до добових і сезонних коливань температур, види входять до групи евритермних рослин, які витримують великі перепади температур. За відношенням до тепла всі види теплолюбні й одночасно холодостійкі. Деякі види міскантусу морозо- і зимостійкі. Вони на другий і подальші роки життя успішно переносять морози без снігу до $-15-18^{\circ}\text{C}$, а під снігом – до $-25-30^{\circ}\text{C}$. В літній період рослини роду *Miscanthus* здатні витримувати спеку до $+35^{\circ}\text{C}$.

Рослини різних видів міскантусу починають відростати за температури $+5-7^{\circ}\text{C}$, а більш інтенсивно за $+15-20^{\circ}\text{C}$. Вони здатні переносити весняні заморозки до $-1-3^{\circ}\text{C}$. В умовах України міскантус починає вегетацію у квітні місяці, коли температура ґрунту досягає $+10...12^{\circ}\text{C}$, а закінчує – з настанням заморозків у жовтні-листопаді [37].

У перший рік вегетації рослини особливо чутливі до морозу, тому в деяких випадках необхідний захист рослин (наприклад, за допомогою підстилки). Найбільш уразливими рослини є під час перезимівлі після завершення першого періоду вегетації. Весняні заморозки теж можуть призводити до випадання рослин. Після другого року вирощування рослини адаптуються, внаслідок чого здатні витримувати пониження температури повітря до -20°C .

Досліджено також рівень ушкодження морозом і здатність до регенерації рослин міскантусу гігантського. Ці дослідження показали, що сходи можуть пошкоджуватись вже за температури -2°C (до 40%

пошкоджених рослин). Етап другого і четвертого листка не був уразливим за температури до -4°C включно. За температури -8°C зареєстровано 83% пошкоджених рослин на етапі другого листка, які на 90% були здатні до регенерації, і 75% пошкоджених рослин на етапі четвертого листка зі значно меншою здатністю до регенерації – лише 20%. У рослин, які не показали жодних видимих ушкоджень одразу після морозів, спостерігалось зниження темпів росту до 45 днів. Перші обстеження перезимівлі показали, що існує залежність між ушкодженнями, спричиненими пізніми морозами, та толерантністю до морозів наступної зими.

Вимоги до вологи. Міскантус відноситься до вологолюбної культури, але не переносить затоплення (заболочені ґрунти). Для отримання високого врожаю міскантус потребує близько 500...800 мм опадів за рік (на продукування 1 кг сухої маси необхідно близько 250 л). Загальна кількість опадів за весняно-літній період (квітень-серпень) повинна бути не менше 250 мм і розподілена рівномірно. Корені міскантусу можуть проникати на глибину до 2 м і ефективно використовувати наявні ресурси вологи.

За посухи листки спочатку в'януть, скручуються та відмирають, що призводить до значних втрат біомаси [211, 147, 223]. У посушливі періоди на формування біомаси позитивно впливає зрошення [37].

Вимоги до світла. Міскантус належить до світлолюбних культур. Він використовує значно більше сонячної енергії, ніж інші представники родини злакових. Для утворення оптимальної площі листової поверхні та нагромадження достатньої кількості органічної речовини міскантус потребує інтенсивного сонячного освітлення впродовж періоду вегетації. За недостатнього освітлення рослини витягуються й жовтіють, у них значно знижується інтенсивність фотосинтезу і кількість асимілянтів [50]. Особливо чутливі до освітлення рослини міскантусу в перший рік вегетації. За пригнічення бур'яном знижується кількість пагонів (висота їх зростає), що призводить до зниження врожайності і в наступні роки, знижується також зимостійкість. Тому важливою умовою під час їх вирощування у перший рік вегетації є захист від бур'янів.

Вимоги до ґрунтів та елементів живлення. Важливою перевагою міскантусу є те, що його можна вирощувати на ґрунтах, які не придатні для вирощування інших сільськогосподарських культур. Він здатен зростати на ґрунтах різних типів (від пісків з низьким рівнем ґрунтових вод, до ґрунтів з відрегульованим водним

режимом та високим вмістом органічних речовин, і за широкого діапазону кислотності та засоленості) [37, 222]. Але найсприятливіші умови для росту та розвитку досягаються на вологих, добре дренованих ґрунтах з кислотністю в межах рН – 6,5...7,5 [132]. За високої кислотності (рН нижче 5,5) ґрунти потребують вапнування.

Для формування максимального врожаю біомаси міскантусу потребує певної кількості елементів живлення, а саме: на 1 т сухої біомаси рослини виносять із ґрунту близько 3 кг азоту, 1 кг фосфору, 4 кг калію [37, 46].

Найвища концентрація елементів живлення (азоту, фосфору і калію) у листках та стеблах міскантусу спостерігається у період з початку весни до середини літа. Після закінчення активного росту та розвитку рослин, біогенні елементи мігрують у кореневище, де і накопичуються. За відновлення процесів вегетації ці елементи можуть бути легко використані рослинами [156].

Для створення високопродуктивних плантацій слід враховувати біологічні особливості міскантусу гігантського та вимоги до ґрунтово-кліматичних умов (табл. 4).

Таблиця 4

Екологічні та агротехнічні умови вирощування міскантусу

Абіотичні фактори та біологічні особливості міскантусу	Показники
1	2
Тепло:	
- мінімальна температура проростання ризом, °С	10-12
- температура, що спричиняє пошкодження сходів, °С	нижче 20
- оптимальна температура росту і розвитку, °С	25
- сума активних температур за вегетаційний період (вище +5°С)	1900-3500
- температура для початку розвитку листків, °С	5-10
- оптимальна температура повітря для процесу фотосинтезу, °С	28-32
Волога:	
- оптимальна вологість ґрунту, %	70
- транспіраційний коефіцієнт	397
- коефіцієнт водоспоживання, м ³ /ц	80-110

Продовження табл. 4

1	2
- потреба опадів у період вегетації, мм	700
- на продукування 1 кг сухої маси потрібно води, л	250
Середньорічна кількість опадів, мм	500-800
Кліматична зона	достатнього і нестійкого зволоження
Світло:	
Відношення до світла (довжина дня)	короткого дня
Використання ФАР, %	1,0-1,5
Тривалість вегетаційного періоду, днів	200
Ґрунт:	
Вимоги до реакції ґрунтового розчину	6,5-7,5
Рівень залягання ґрунтових вод	0,5-1,0
Оптимальна щільність ґрунту, г/см ³	1,0-1,2 на чорноземах, 1,2-1,3 на сірих лісових
Вміст гумусу в ґрунті (шар 0-20 см), %	2,1-3,0
Рівень рухомого азоту в ґрунті, кг/га д.р. за Корнфілдом	60-90
Вміст фосфору в ґрунті, кг/га д.р. за Кірсановим	30-40
Вміст калію в ґрунті, кг/га д.р. за Кірсановим	120-150
Вміст магнію в ґрунті, кг/га д.р.	20-25
Нахил поля	до 7°
Заглиблення коренів у ґрунт, м	2,0-2,5
Тип кореневої системи	мичкувата
Оптимальна площа листкової поверхні, см	лишкові пластинки: - довжина – 100 - ширина – 0,8-3,2
Живлення:	
За урожайності 20 т/га сухої маси міскантус з ґрунту виносить, кг/га д.р.:	
- азоту NO ₃ ;	60
- фосфору P ₂ O ₅ ;	20
- калію K ₂ O	80

3.3. Біоморфологічні особливості перспективних для умов України видів і сортів міскантусу

Аналіз видового та формового різноманіття рослин роду *Miscanthus* в Україні свідчить про існування суттєвої різниці між таксонами за біоморфологічними особливостями, габітусом, ростом та розвитком рослин [69, 70, 71] (рис. 8).

У результаті інтродукційної і селекційної роботи в Україні створено низку нових сортів міскантусу. Станом на початок 2019 рік до Державного реєстру рослин, придатних для поширення на території України занесено 8 сортів (дод. 5). Власниками сортів є: Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, НБС ім. М.М.Гришка НАН України, ТзОВ «Енерго Аграр» та Мельничук М.Д.

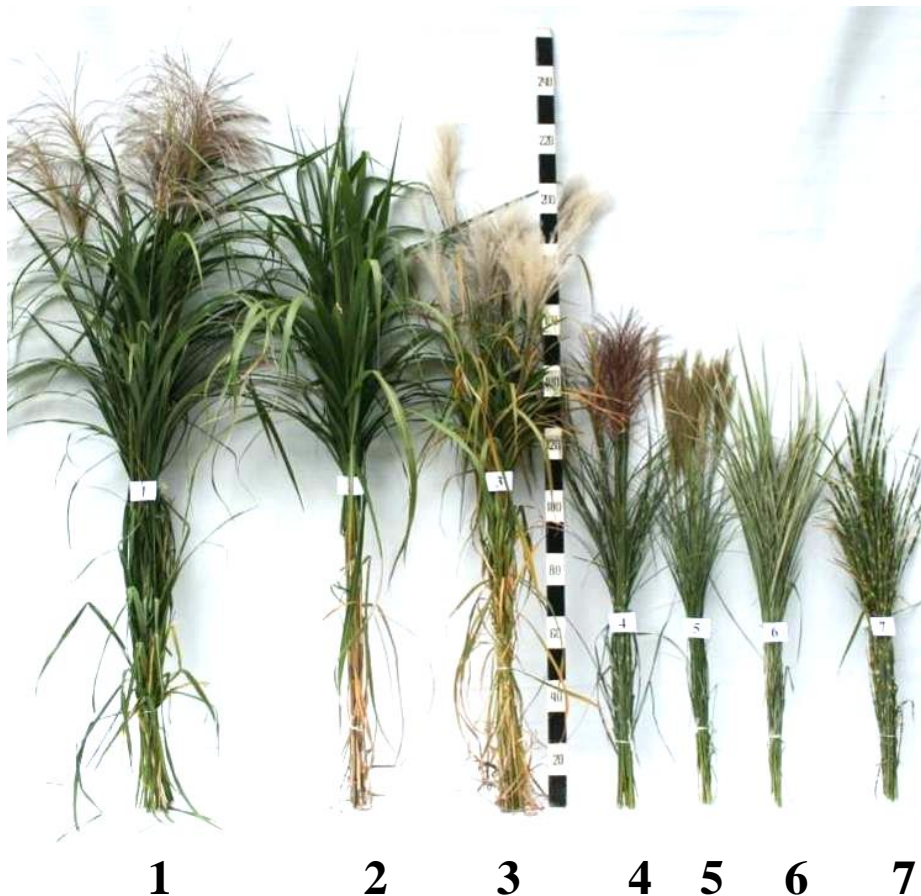


Рис. 8. Видове та формове різноманіття рослин роду *Miscanthus*:
1 – міскантус китайський; 2 – міскантус гігантський;
3 – міскантус цукроквітковий; 4-7 – форми міскантусу китайського

Для умов України важливе значення має всебічна оцінка потенціалу продуктивності різних видів та форм міскантусу і визначення найпродуктивніших зразків.

Дослідження проводились на шістьох сортах: «Місячний промінь» (китайський), «Осінній зорецвіт» (гігантський), «Снігова королева» (цукроквітковий) в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України та «Снігопад» (цукроквітковий), «Велетень» (китайський), «Гулівер» (гігантський) в НБС ім. М.М. Гришка НАН України [124] (рис. 9–11).



а)



б)

Рис. 9. Міскантус цукроквітковий,
а) сорт «Снігова королева», б) сорт «Снігопад»

Досліджено особливості структури монокарпічних пагонів рослин міскантусу китайського та цукроквіткового. Встановлено, що вони є кореневищними трав'янистими полікарпіками з асимілюючими пагонами несуккулентного типу. Вегетативне відновлення міскантусу китайського та цукроквіткового відбувається симподіально: материнська вісь у надземній частині пагона повністю відмирає, а поновлення відбувається завжди за рахунок бруньок його підземної частини.



а)



б)

Рис. 10. Міскантус китайський,
а) сорт «Місячний промінь», б) сорт «Велетень»



а)



б)

Рис. 11. Міскантус гігантський,
а) сорт «Осінній зорецьвіт», б) сорт «Гулівер»

Монокарпічні пагони міскантусу китайського та цукрокріткового починають розвиватися із бруньок під землею як спеціалізовані підземні органи (кореневища), які несуть лише лускоподібні листки. Через деякий час вони виходять на поверхню, розгортаючи асиміляційні листки та формуючи суцвіття. Формування пагонів обох видів відбувається екстраординарно. Спочатку напрям їх росту є плагіотропним, і лише перед виходом на поверхню він змінюється на ортотропний, тобто пагони міскантусу китайського та цукрокріткового анізотропного типу.

Монокарпічні пагони міскантусу китайського і цукрокріткового в умовах інтродукції є моноциклічними безрозетковими: від розкриття бруньок до цвітіння та плодоношення пагонів проходить один вегетаційний сезон. На відміну від цукрокріткового 25% пагонів китайського є озимими, тобто бруньки поновлення розкриваються восени, перехідні листки та 1-2 нижні асиміляційні починають розгортатися, перезимовують і закінчують цикл наступної осені. Лімітуючими факторами осіннього відростання є температура повітря та вологість ґрунту.

У загальній схемі структури монокарпічних пагонів досліджуваних рослин можна виділити три зони: базальну, представлену підземною плагіотропною ділянкою пагона — кореневищем, префлоральну — надземну прямостоячу соломину та флоральну — зону суцвіття.

На кореневищі формуються луски (катафіли), пазушні бруньки та додаткові корені. За походженням кореневище міскантусу є

гіпогеогенним. Перехід до ортотропної частини генеративного пагона супроводжується закладанням на конусі наростання пагона зелених асимілюючих листків, а потім суцвіть. Недостатня кількість освітлення та вологості ґрунту під час культивування міскантусу китайського та цукроквіткового призводить до формування подовжених вегетативних пагонів, що зумовлено недостатнім розвитком генеративної сфери. За штучного вегетативного розмноження шляхом відокремлення монокарпічних пагонів від материнського кореневища в перший рік після пересадки рослини також можуть формувати подовжені вегетативні пагони, що підтверджує важливе значення материнського кореневища у додатковому живленні дочірніх пагонів.

Співвідношення довжини плагіотропної та ортотропної частин монокарпічного пагона злаків визначає загальний габітус рослин. Так, міскантус китайський є пухкокущовим злаком. Бічні пагони розвиваються нахилено вгору по відношенню до материнських. Плагіотропна частина пагона значно коротша, ніж у цукроквіткового (рис. 12). Її довжина становить 5,0-5,2 см, товщина – 0,8-0,9 см. Укорочені міжвузля кореневища у кількості 9-11 шт. у середньому завдовжки 5,0-6,0 мм. Катафіли тверді блискучі, темно-бурого кольору, 22,0-22,5 мм завширшки та 26,2-26,5 мм завдовжки. В кінці листопада від 4 до 9 міжвузля сформовано 4-6 бруньок поновлення, які перебувають на III–IV етапі органогенезу. Бруньки поновлення, розташовані як на абаксіальному, так і на адаксіальному боці дуги вкорочених міжвузлів кореневища, ростуть лише назовні, тобто підпорядковуються правилу відцентрового розвитку позапідвісних діагеотропних пагонів.

Міскантус цукроквітковий є довгокореневищним злаком. Бічні пагони починають формуватися на підземній частині перпендикулярно материнській осі. Горизонтальна плагіотропна частина пагона міскантусу цукроквіткового відрізняється від такої китайського значною довжиною – у середньому 13,5 см, що зумовлено не лише довжиною міжвузлів, а і їх більшою кількістю.

Тонкі кореневища міскантусу цукроквіткового діаметром 0,5 см несуть 18–24 міжвузля завдовжки 25,2-26,4 мм, вкриті тонкими сірувато-коричневими катафілами. Середній розмір лусок – 15,0-15,2 × 12,5-13,1 мм. Кожне міжвузля несе по 2 додаткових кореня завдовжки 19,8-22,3 см. На верхній частині кореневища розташовано 4–6 бруньок поновлення, які перебувають на III–IV етапі

органогенезу, на середній – від 4 до 6 резервних бруньок (I–II етап органогенезу). Здатність міскантусу цукрокріткового до формування більшої кількості зачаткових пагонів зумовлює його вищу пагоноутворюючу здатність порівняно з китайським. Крім того, в нижній частині стебла цукрокріткового на відміну від китайського спостерігається закладання пазушних бруньок і навіть їх розкриття до фази 2-4 листків.



Рис. 12. Підземна частина монокарпічних пагонів міскантусу а) цукрокріткового та б) китайського:

1 – ортотропна, 2 – плагіотропна частини пагона, 3 – озимі пагони поновлення; а – бруньки поновлення, б – сплячі бруньки, в – стеблові бруньки, г – бруньки поновлення 2-го порядку

Монокарпічним пагонам міскантусу китайського та цукрокріткового властива метамерна будова, характерною ознакою якої є поздовжня симетрія, а саме послідовність зміни параметрів метамерів уздовж осі пагона. Графіки змін окремих морфологічних параметрів метамерів пагонів мають вигляд одновершинних та тривершинних кривих і є видоспецифічними [125].

Для пагонів міскантусу китайського та цукрокріткового характерна закономірність у розподілі подовжених та вкорочених міжвузлів (рис. 13).

Криві зміни довжини міжвузлів мають тривершинний характер. Базальна (кореневищна) зона пагонів характеризується вкороченими міжвузлями та наявністю бруньок поновлення. У міскантусу цукрокріткового вона представлена 1-18, а в китайського – 1-11 міжвузлями. Перший максимум довжини міжвузлів відповідає

кореневищній частині пагона, що, очевидно, зумовлено зовнішніми факторами. В період плагіотропного росту найбільший вплив має коливання вологості ґрунту. За переходу від підземної до надземної частини пагонів відбувається спад кривої, який характеризує дугу вкорочених міжвузлів, яка є значно довшою у міскантусу цукроквіткового.

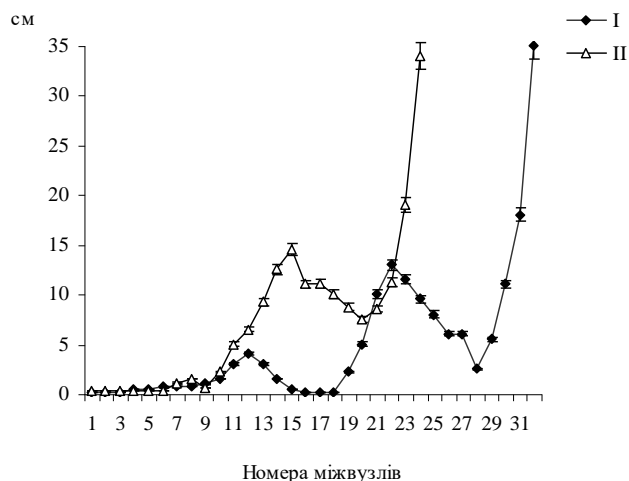


Рис. 13. Криві зміни довжин міжвузлів генеративних пагонів міскантусу:

I – цукроквітковий (1-18 міжвузля – кореневищна зона пагона; 19-32 міжвузля – префлоральна зона пагона); II – китайський (1-11 міжвузля – кореневищна зона пагона; 12-24 міжвузля – префлоральна зона пагона)

У надземній частині генеративних пагонів міскантусу китайського та цукроквіткового залежно від будови і функцій метамерів можна виділити префлоральну та флоральну зони. Префлоральна зона характеризується витягуванням міжвузлів, це відповідає другому максимуму на кривій зміни довжини міжвузлів. У міскантусу цукроквіткового ця зона містить 19-32, а у китайського – 12-24 міжвузля. Третій максимум подовження міжвузлів відповідає зоні безпосередньо під суцвіттям. Формування волоті спричиняє різку акротонію в межах субфлоральної частини стебла.

На генеративних пагонах досліджуваних видів можна виділити три типи листків: видозмінені – луски кореневища (катафіли), листки перехідного типу з рудиментарними пластинками, які формуються в зоні вкорочених міжвузлів, та стеблові, котрі виконують основну асиміляційну функцію. Зміна довжини листків надземної частини пагона показує її зростання в середній частині стебла (рис. 14 та 15).

Спостерігається зменшення довжини листової пластинки відносно піхвової частини в базальній та апікальній частинах

соломини. Виявлено кореляцію між довжиною піхвової частини листка та довжиною міжвузля. Рослини міскантусу китайського характеризуються більшою довжиною та шириною листкових пластинок і міжвузлів стебла порівняно з цукровітковим.

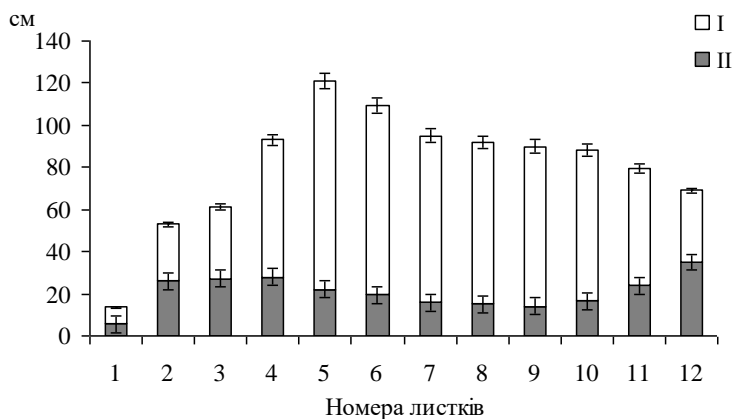


Рис. 14. Співвідношення довжини листкових пластинок (I) та піхвових частин (II) листків генеративного пагона міскантусу китайського

Флоральна зона монокарпічних пагонів міскантусу китайського та цукровіткового представлена суцвіттям типу волоть. В умовах культури довжина волотей рослин міскантусу китайського дорівнює у середньому 35,8-38,6 см, ширина – 28,5-30,3 см, довжина гілочки – 28,8-33,3 см. Розмір суцвіття міскантусу цукровіткового – 21,8-23,7 см × 8,5-9,7 см, довжина гілочки 16,5-17,9 см. Міжвузля головної осі завдовжки від 11,5-11,7 до 21,2-21,7 мм у китайського та 12,3-32,1 мм у цукровіткового. У суцвітті обох видів спостерігається поступове зменшення довжини міжвузлів.

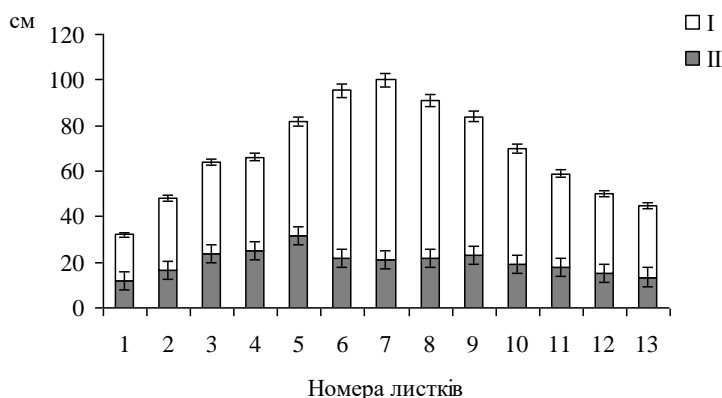


Рис. 15. Співвідношення довжини листкових пластинок (I) та піхвових частин (II) листків генеративного пагона міскантусу цукровіткового

Волоть кільчаста, оберненойцеподібна, пухка з пониклими гілочками, у міскантусу китайського кожна з яких несе 78-86 шт. колосків та кількість бічних осей – 28-31 шт., у цукровіткового на кожній гілочці формується 48-53 шт. колосків та кількість бічних осей – 14-17 шт.

Таким чином, встановлено, що монокарпічні пагони міскантусу китайського та цукровіткового є анізотропними безрозетковими коротко- та довгокореневищними відповідно. Формування пагонів обох видів відбувається екстравагінально. За походженням їх кореневища гіпогеогенні.

Пагони досліджуваних видів відрізняються між собою за кількістю метамерів як підземної, так і надземної частини та їх морфологічними параметрами: довжиною і товщиною міжвузлів кореневища, шириною та довжиною листків і волотей.

Графіки змін окремих морфологічних параметрів метамерів пагонів мають вигляд одновіршинних та тривіршинних кривих і є видоспецифічними. Структурні особливості пагонів можуть бути додатковими діагностичними ознаками видів.

Адаптація рослин до нових ґрунтово-кліматичних умов проявляється не лише в морфологічних ознаках та фізіологічних реакціях, а й в особливостях розвитку їх морфологічних структур. Результатом морфогенезу як окремих органів, так і рослини в цілому є життєва форма рослини та її габітус. Оскільки рослина багаторічного злаку являє собою складну систему пагонів різних порядків, які відрізняються між собою за віком і ступенем сформованості, то вивчення ритму розвитку пагонів та закладання їх органів є важливим питанням при інтродукції.

Дослідження особливостей морфогенезу рослин міскантусу китайського дозволило виділити 5 фаз розвитку їх монокарпічних пагонів (рис. 16).

І. Фаза формування бруньки або ембріональна фаза розвитку пагона. Триває від закладання конуса наростання в пазухах лусок (катафілів) до початку розгортання низових і розсування лускоподібних листків та росту міжвузлів кореневищної частини зачаткового пагона. Впродовж цього періоду конус наростання формує зачатки катафілів та зелених листків, тобто проходить I – II етап органогенезу за Ф.М. Куперман.

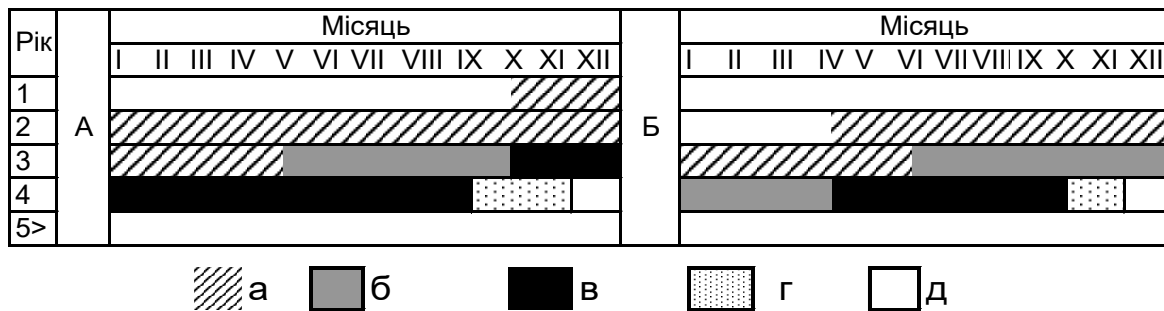


Рис. 16. Фази розвитку монокарпічних озимих (А) та весняних (В) пагонів міскантусу китайського в умовах Лісостепу та Полісся України:

а – ембріональна фаза, б – фаза розгортання низових листків та росту кореневища, в – фаза формування суцвіття та квітконосного стебла, г – фаза цвітіння пагона, д – фаза вторинної діяльності кореневища; I–XII – місяць

Розвиток монокарпічного пагона міскантусу китайського розпочинається з моменту виникнення меристематичного горбика в пазусі катафілів у зоні вкорочених міжвузлів материнської бруньки поновлення попереднього порядку (рис. 17).

Ініціалізація конусу наростання відбувається з II–III декади жовтня по II–III декади квітня. Така розтягнутість у часі початку закладання конусу наростання обумовлена періодом спокою, якого зазнають рослини в умовах інтродукції. Період спокою становить 147 ± 7 діб і триває з кінця листопада до середини квітня.

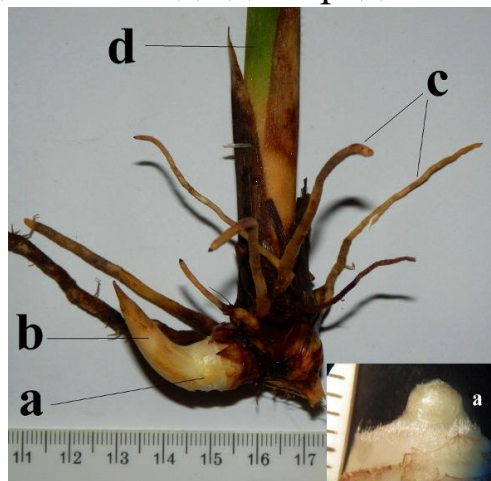


Рис. 17. Монокарпічний пагін міскантусу китайського на початку вегетації: *а – дочірня брунька поновлення, б – материнська брунька поновлення, с – додаткові корені, д – надземна частина монокарпічного пагона*

Зимовий період спочатку сповільнює, а потім припиняє органотворчі процеси в бруньках та визначає тривалість ембріональної фази. Для бруньок, які заклалися в осінній період, вона

триває 19 місяців, включаючи два зимових сезони спокою. Для бруньок, що почали формуватись навесні – 14 місяців, включаючи один зимовий сезон. Утворення конусів наростання майбутніх пагонів співпадає з фенологічними фазами закінчення цвітіння восени та початку відростання рослин міскантусу китайського навесні.

Диференціація конусу наростання та утворення перших 2-6 метамерів майбутнього пагона припадає на I–III декади листопада (для пагонів, конус наростання яких заклався в жовтні) та I–III декади травня (для пагонів, конус наростання яких утворився в квітні).

Закладання примордіїв лусок та листків на конусі наростання відбувається в акропетальному напрямку. Впродовж літньо-осіннього періоду утворюється від 6 до 11 зачаткових лусок. Особливо інтенсивно відбувається формування лусок на конусі наростання пагона з вересня по листопад. У кінці листопада ємність бруньок, які перебувають на 6-му місяці розвитку, становить 5-7 зачатків катафілів, а ємність бруньок, що перебувають на 12-му місяці розвитку становить 9-11 повністю сформованих лусок та 2-4 примордії нижніх листків стебла.

Під кінець першої фази на кожному міжвузлі закладеного кореневища можна виявити по 2 зачатки додаткових коренів, а на 4-9 міжвузлях меристематичні горбики дочірніх пагонів. Бруньки в цей час сягають 10-12 мм завдовжки та 6-8 мм завширшки, вкриті твердими лусками материнського пагона.

II. Фаза розгортання низових листків та росту кореневища. Розпочинається розгортанням низових лускоподібних листків, їх розсуванням та ростом міжвузлів кореневища, а завершується розкриттям першого асимілюючого листка стебла. В пагонів, що заклались восени позаминулого року фаза триває 5 місяців (з II–III декади травня по I–II декаду жовтня). Зачаткові пагони, що заклались навесні минулого року вступають у фазу розгортання низових листків у II–III декаді червня та закінчують її в квітні наступного року. Тривалість другої фази у них становить близько 10 місяців, так як зимовий період викликає другий етап спокою зазначених пагонів, на який вони відповідають припиненням ростових та органотворчих процесів.

Впродовж даного періоду відбувається ріст зачаткового пагона, особливо його плагіотропної кореневищної частини. Довжина

кореневища становить 3-5 см, товщина 0,9-1,0 см. Укорочені міжвузля у кількості 9-11 витягуються до 3-4 мм. Сформовані катафіли тверді блискучі, темно-бурого кольору, 22,0-22,8 мм завширшки та 26,2-28,5 мм завдовжки. В зоні вкорочених міжвузлів кореневища виявлено від 4 до 6 бруньок поновлення наступного порядку 0,5-1,5 см завдовжки.

У кінці вересня на конусі наростання повністю завершується утворення листових примордіїв та зачаткових вузлів стебла в кількості 12-13 штук. З них зовнішні три – це листки перехідного типу, вісім – асиміляційні, які вже диференційовані на піхву та листову пластинку, внутрішні два листові примордії мають вигляд пластинки і валика відповідно, що огортає меристематичний горбик.

Встановлено, що монокарпічні пагони міскантусу китайського проходять ембріональну фазу та фазу розгортання низових листків впродовж 24 місяців.

III. Фаза формування суцвіття та квітконосного пагона. Розпочинається розгортанням першого асиміляційного листка стебла та закінчується виходом сформованого суцвіття з піхви останнього стеблового листка, тобто викиданням волотті.

Розгортання перших асиміляційних листків спостерігається в II–III декаді жовтня у пагонів, які заклались восени позаминулого року. В умовах Лісостепу та Полісся України такі пагони є озимими. Тобто, їх перехідні листки та 1-4 нижні асиміляційні виходять на поверхню ґрунту у вересні, а пагін закінчує цикл розвитку наступної осені. Решта пагонів розгортають листки в II–III декаді квітня наступного року. До кінця вегетаційного сезону вони формують суцвіття, цвітуть та відмирають. Оскільки материнський пагін у цей час перебуває у фазі завершення цвітіння або відмирання, то рослини міскантусу китайського характеризуються пізнім (постгенеративним) кущінням.

Впродовж III фази відбувається формування гілочок волоті та елементів квітки (III–V етап органогенезу) (рис. 18).

Під час переходу конусу наростання з вегетативного стану в генеративний спостерігається його різка онтогенетична трансформація. Перед закладанням зачатків центральної осі суцвіття конус витягується в довжину і збільшується у діаметрі. Одночасно з формуванням головної осі спостерігається утворення бічних гілочок та квіток.

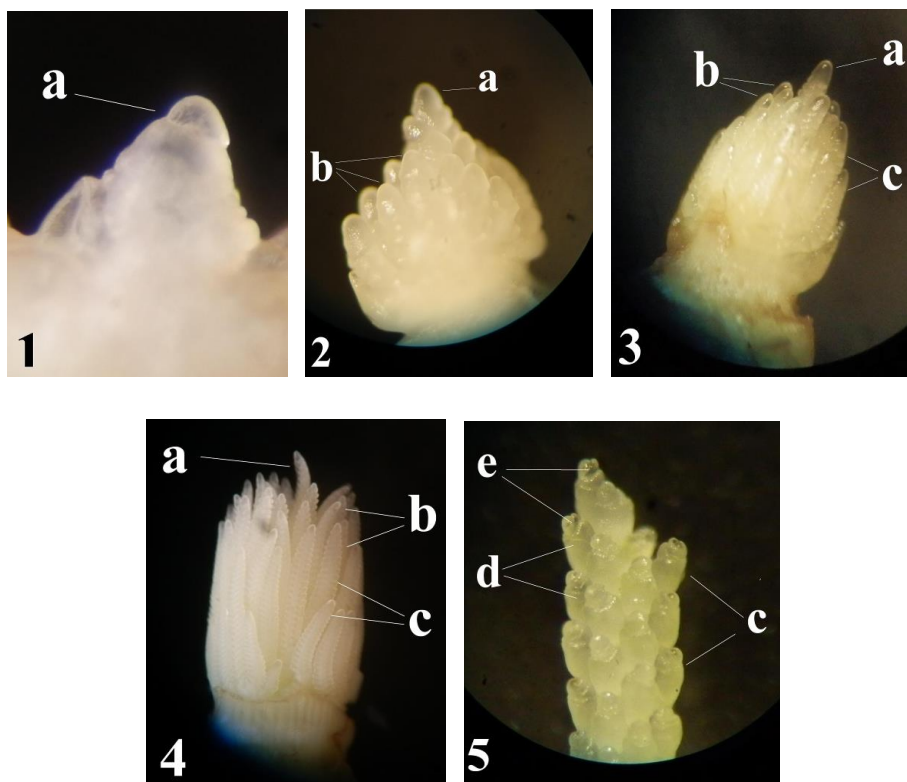


Рис. 18. Формування суцвіття міскантусу китайського:

1 – закладання головної осі суцвіття (III етап органогенезу);

2 – поява бічних гілочок волоті (IV етап органогенезу);

3 – диференціація колосків із лопатей суцвіття;

4-5 – диференціація покривних і генеративних органів квіток (V етап органогенезу);

a – головна вісь суцвіття, b – бічні гілочки волоті, c – зачаткові колоски;
d – зачаткові колоскові луски; e – зачаткові квіткові луски

Озимі пагони входять у зимовий період із закладеною верхньою частиною зачаткової осі суцвіття. У пагонів весняного відростання закладання центральної осі та гілочок суцвіття розпочинається в квітні-травні наступного року. Розвиток елементів квітки, мікро- і мегаспорогенез з утворенням гаметофіту припадає на липень-серпень (V–VIII етап морфогенезу).

Одночасно з розвитком елементів суцвіття та квітки спостерігається витягування міжвузлів стебла, розгортання асиміляційних стеблових листків. Завдяки швидкому інтеркалярному росту, стебло виносить сформовану волоть з піхви листка в кінці серпня - середині вересня. У подовжених вегетативних пагонах генеративні органи не закладаються, але стебло витягується та листки розгортаються.

IV. Фаза цвітіння. Розпочинається відкриванням квіток, а закінчується відмиранням квітконоса з волоттю. Слід відзначити, що

початок цвітіння пагонів міскантусу китайського є досить розтягнутим і настає в II декаді вересня - II декаді жовтня. В умовах інтродукції частина пагонів встигає завершити цвітіння до настання перших морозів, частина завершує свій вегетаційний сезон у фазі цвітіння. З настанням перших морозів квітконос відмирає.

V. Фаза вторинної діяльності кореневища і зони кушіння. Оскільки рослини міскантусу китайського характеризуються пізнім (постгенеративним) кушінням пагонів, то вихід пагонів другого та наступних порядків на поверхню ґрунту відбувається після цвітіння восени або наступного року навесні. Причому значення материнського кореневища, яке залишиться живим близько 5 років після відмирання стебла, досить велике. За штучного вегетативного розмноження шляхом відокремлення монокарпічних пагонів від материнського кореневища в перший рік після пересадки рослини не завжди формують генеративну сферу, що підтверджує значення материнського кореневища у додатковому живленні дочірніх пагонів.

Таким чином, монокарпічний пагін міскантусу китайського при інтродукції в умовах Лісостепу та Полісся України проходить 5 фаз розвитку: фазу формування бруньки (ембріональну фазу), розгортання низових листків та росту кореневища, формування суцвіття та квітконосного стебла, фазу цвітіння пагона та фазу вторинної діяльності кореневища.

Утворення конусів наростання зачаткових пагонів міскантусу китайського відбувається з II–III декади жовтня по II–III декади квітня. Їх диференціація припадає на I–III декади листопада (для пагонів, конус наростання яких заклався в жовтні) та I–III декади травня (для пагонів, конус наростання яких утворився у квітні).

Встановлено, що монокарпічні пагони міскантусу китайського під час інтродукції проходять ембріональну фазу розвитку і фазу розгортання низових листків та росту кореневища протягом 24 місяців. Розгортання перших асиміляційних листків стебла та закладання суцвіття спостерігається в II–III декаді жовтня в озимих пагонів та в II–III декаді квітня наступного року в пагонів весняного відростання.

Початок цвітіння пагонів міскантусу китайського розтягнутий і настає в II декаді вересня – II декаді жовтня. В умовах Лісостепу та Полісся України частина пагонів встигає завершити цвітіння до настання перших морозів, частина завершує свій вегетаційний сезон у фазі цвітіння.

Результати дослідження фенологічних та морфобіологічних особливостей видів та сортів роду міскантус дозволили виділити основні діагностичні ознаки, які були використані для розробки Методик проведення експертизи сортів міскантусу на відмінність, однорідність і стабільність.

Основні морфометричні параметри рослин роду міскантус залежали від видових, формових, сортових особливостей та інших чинників. У період інтенсивної вегетації, коли настає початок технічної стиглості, рослини досягають великого розміру. Найбільшими ростовими параметрами характеризувались рослини міскантусу китайського та гігантського (табл. 5).

Таблиця 5

Морфометрична характеристика представників роду міскантус у період вегетації

Вид, форма, сорт	Фаза розвитку	Висота рослин, см	Діаметр стебла, мм	Кількість міжвузлів на стеблі, шт.	Листки		
					кількість на стеб- лі, шт.	довжи- на, см	шири- на, см
Гігантський							
«Осінній зорецвіт»*	Вихід у трубку	310,4±3,8	12,3±0,3	15±0,9	18,8±0,4	108±1,5	2,6±0,8
«Гулівер»**	Вихід у трубку	278,6±5,6	11,4±0,4	7,4±0,7	12,40±0,4	105,7±1,4	2,5±0,8
ф. ЕСБМГ- 3**	Вихід у трубку	211,5±4,9	11,1±0,4	6,6±0,6	12,30±0,3	95,7±1,8	2,7±0,7
ф. ЕСБМК- 8**	Вихід у трубку	238,3±4,7	13,4±0,5	9,7±0,3	14,0±0,5	89,6±1,5	3,0±0,6
Цукроквітковий							
«Снігова королева»*	Початок цвітіння	215,5±3,0	4,1±0,5	7,3±0,6	10,2±0,1	54,2±1,2	1,5±0,5
«Снігопад»**	Початок цвітіння	226,7±3,9	4,8±0,2	8,8±2,2	11,9±0,1	63,8±0,9	1,9±0,9
ф. ЕСБМЦ-1**	Початок цвітіння	207,9±3,0	4,7±0,7	7,9±0,5	10,8±0,4	65,6±1,4	1,6±0,6
Китайський							
«Місячний промінь»*	Вихід у трубку	175,9±3,4	10,8±0,4	7,5±0,7	10,3±0,2	85±0,4	1,8±0,6
«Велетень»**	Вихід у трубку	248,2±4,8	14,6±0,3	9,4±0,3	14,4±0,3	97,0±1,2	3,2±0,1
ф. ЕСБМК- 8**	Вихід у трубку	238,3±4,7	13,4±0,5	9,7±0,3	14,0±0,5	89,6±1,5	3,0±0,6

Примітка * - оригінатор сорту ІБКіЦБ, ** - оригінатор сорту НБС ім. М.М. Гришка НАН України

Найбільша висота рослин та довжина листка була притаманна рослинам міскантусу гігантського, найбільший діаметр стебла, кількість міжвузлів на пагоні та ширина листової пластинки – зразкам китайського, найменші ростові показники у цей період мали рослини цукроквіткового, проте вони формували найбільшу кількість надземних пагонів на одиницю площі.

В умовах України наприкінці вегетації рослини можуть досягати висоти від 120 до 350 см (табл. 6-7).

У рослин міскантусу гігантського відзначено найбільшу висоту, кількість листків на стеблі та їх розміри, у рослин китайського найбільший діаметр стебла, кількість міжвузлів на стеблі та довжина волоті. Найменші ростові показники були у рослин цукроквіткового.

Для рослин міскантусу китайського характерно найбільше формове різноманіття листків (за розмірами, забарвленням). Трапляються листки світло-зеленого, білого, жовтого, бурого забарвлення з поздовжніми або поперечними смугами та штрихами. Окремі форми рослин мають вузько-ланцетну листову пластинку.

Таблиця 6

**Морфометрична характеристика пагонів
представників роду міскантус наприкінці вегетації**

Вид, форма, сорт	Висота рослини, см	Діаметр стебла, мм	Кількість пагонів у кущі, шт.	Кількість міжвузлів на стеблі, шт.
Гігантський				
«Осінній зорецвіт»*	320,4±3,8	14,3±0,3	18,6±0,9	16±0,9
«Гулівер»**	275,3±2,8	15,7±0,4	14,0±0,46	8,3±0,2
ф. ЕСБМГ-3**	219,9±5,3	13,7±0,3	13,7±0,52	7,4±0,3
Цукроквітковий				
«Снігова королева»*	235,5±3,0	5,2±0,5	20,1±0,6	9,3±0,6
«Снігопад»**	234,3±2,3	4,4±0,1	26,0±0,73	12,4±0,2
ф. ЕСБМЦ-1**	210,8±2,5	4,3±0,1	24,4±0,12	11,6±0,3
Китайський				
«Місячний промінь»*	187,9±3,4	11,8±0,4	30,4±0,7	8,5±0,7
«Велетень»**	271,6±3,9	17,4±0,4	36,5±0,31	12,9±0,4
ф. ЕСБМК-8**	269,9±4,4	16,7±0,3	32,2±0,99	14,0±0,5

Примітка * - оригінатор сорту ІБКіЦБ, ** - оригінатор сорту НБС ім. М.М. Гришка НАН України

Визначено основні морфологічні характеристики волоті (форма, довжина, ширина, кількість гілочок у волоті та їх розміри і форма тощо) різних видів та форм роду міскантус.

Таблиця 7

Морфометрична характеристика листків та волоті представників роду міскантус наприкінці вегетації

Вид, форма, сорт	Листки			Стеблообгор- тувальна частина листка, см	Довжина волоті, см
	кількість на стеблі, шт.	довжина, см	ширина, см		
Гігантський					
«Осінній зорецвіт»*	19,1±0,4	108±1,5	2,6±0,8	27,8±0,1	35,4±0,5
«Гулівер»**	13,0±0,5	99,6±1,9	2,7±0,1	28,1±1,3	32,5±0,90***
ф. ЕСБМГ-3**	13,3±0,7	93,9±1,6	2,6±0,4	24,9±0,9	31,3±0,81***
Цукроквітковий					
«Снігова королева»*	12,2±0,1	64,2±1,2	1,5±0,5	18,3±0,5	25,3±0,89
«Снігопад»**	12,1±0,3	63,0±3,4	1,3±0,6	20,0±0,5	26,2±0,99
ф. ЕСБМЦ-1*	11,5±0,6	62,5±1,1	1,2±0,1	15,9±1,2	24,5±1,27
Китайський					
«Місячний промінь»*	11,3±0,2	85±0,4	1,8±0,6	24,4±0,7	45,2±0,4
ф. ЕСБМК-8**	10,3±0,4	83,6±2,9	2,4±0,1	27,7±1,0	47,1±1,4
«Велетень»**	11,6±0,7	86,6±1,3	2,5±0,1	26,55±1,1	42,0±1,4
«Осінній зорецвіт»*	19,1±0,4	108±1,5	2,6±0,8	27,8±0,1	35,4±0,5
«Гулівер»**	13,0±0,5	99,6±1,9	2,7±0,1	28,1±1,3	32,5±0,90***
ф. ЕСБМГ-3**	13,3±0,7	93,9±1,6	2,6±0,4	24,9±0,9	31,3±0,81***

Примітка * - оригінатор сорту ІВКіЦБ, ** - оригінатор сорту НБС ім. М.М. Гришка НАН України, *** Волоті утворюються лише на окремих рослинах, але не щорічно.

У рослин різних видів роду міскантус через 100-135 діб після початку вегетації настає фаза появи волоті. Це припадає на кінець липня - початок серпня. До фази цвітіння волоть досягає довжини 15-30 см і ширини 6-15 см (рис. 19).



1 2 3 4 5 6 7 22

Рис. 19. Різноманіття волотей видів та форм рослин роду міскантус: 1 – цукроквіткового; 2 – гігантського; 3-7 і 22 – форми китайський

Волоть рослин міскантусу китайського суттєво відрізняється за формою та морфометричними показниками залежно від сорту (табл. 8). За довжиною, шириною волоті, кількістю гілочок у волоті та їх довжиною лідирує сорт Велетень. Найменші показники зафіксовано у форми ЕСБМК-2.

Таблиця 8

Морфометричні параметри волоті міскантусу китайського

Форма, сорт	Довжина волоті, см	Ширина волоті, см	Кількість гілочок у волоті, шт.	Довжина гілочок, см
«Місячний промінь»*	45,2±0,4	27,2±0,1	29,5±0,1	22,3±0,4
«Велетень»**	46,8±0,4	37,6±0,1	44,7±0,1	32,0±0,4
ф. ЕСБМК-2**	28,9±0,1	26,5±0,2	26,1±0,1	19,8±0,6
ф. ЕСБМК-4**	31,0±0,6	25,1±0,1	31,5±0,3	21,3±0,2

Примітка * - оригінатор сорту ІБКіЦБ, ** - оригінатор сорту НБС ім. М.М. Гришка НАН України

Волоть міскантусу китайського має веретеноподібну, конусоподібну та еліпсоподібну форму. Вона складається з 25-50 гілочок, завдовжки 20-25 см (рис. 20).



Рис. 20. Гілочки волоті видів та форм міскантусу:

1 – цукроквіткового; 2 – гігантського; 3-7 і 22 – форми китайського

Гілочка волоті рослин залежно від умов вегетації та форми складається з 1-10 штук в пучку (рис. 21).

Гілочки волоті рослин форм міскантусу китайського мають різний ступінь хвилястості. Вони можуть бути злегка, помірно або дуже хвилястими. Як було зазначено вище, міскантус китайський, залежно від багатьох факторів, на другий та наступні роки життя може утворювати волоть. Подібно до китайського волоть у гігантського також має веретеноподібну, конусоподібну або еліпсоподібну форму.



Рис. 21. Гілочки волоті міскантусу китайського, «Велетень»

Рослини міскантусу цукроквіткового є довгокореневищними. Кількість ризом у кущі становить від 18 до 37 шт., їх довжина становить 10-15 см (рис. 22, а).

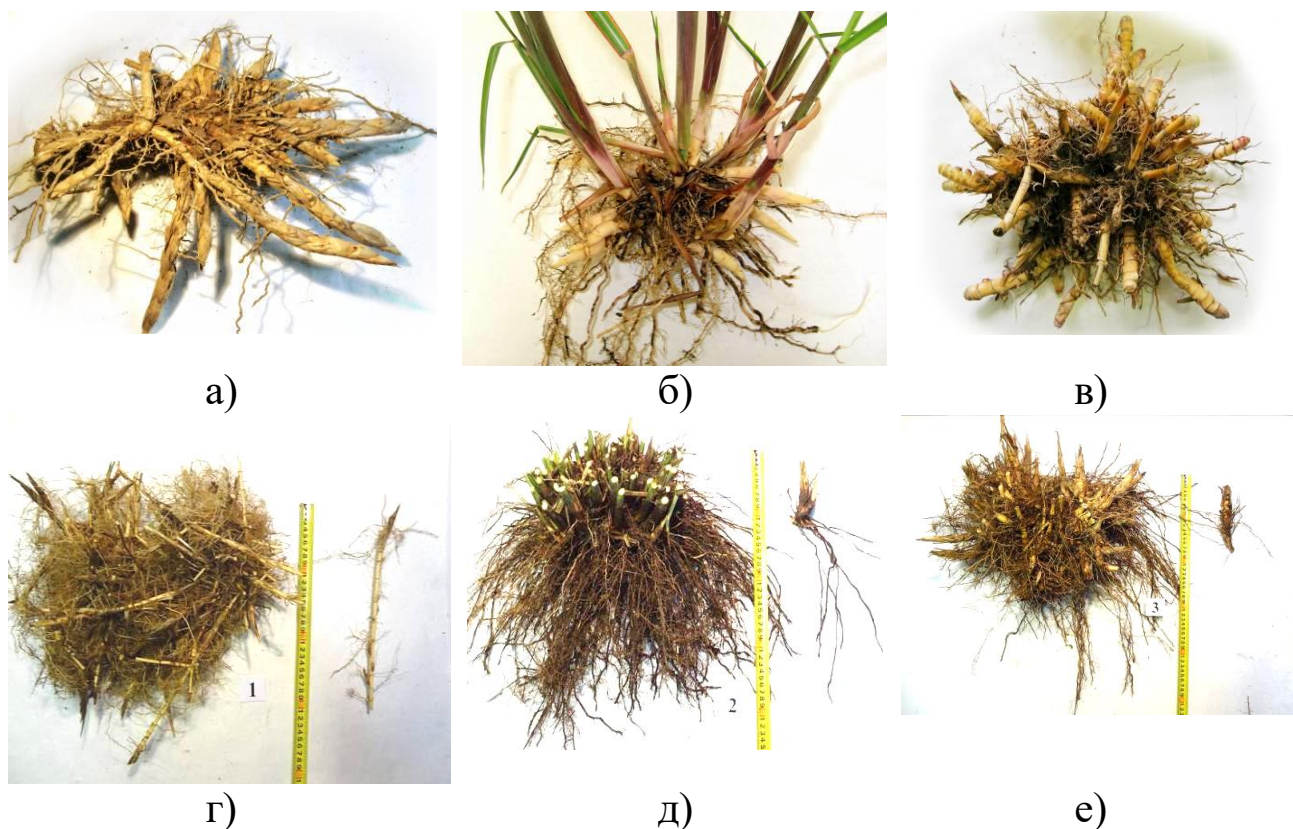


Рис. 22. Кореневище та ризоми рослин міскантусу:

а) цукроквітковий «Снігова королева»; б) китайський «Місячний промінь»; в) гігантський «Осінній зорецвіт»; г) цукроквітковий «Снігопад»; д) китайський «Велетень»; е) гігантський «Гулівер»

Міскантус китайський характеризується щільнокущовим типом кущіння (див. рис. 22, б). Окрема рослина може мати до 45 ризом, які сягають 5-8 см завдовжки. Рослини досліджених форм міскантусу гігантського мають пухкокущовий тип кущіння (див. рис. 22, в). З огляду на походження цього гібриду не виключається можливість появи форм рослин із кореневищним та щільнокущовим типом кущіння подібно до батьківських форм.

3.4. Фенологія рослин міскантусу в умовах України

Для міскантусу характерні такі фенологічні фази розвитку як: відростання (при вегетативному розмноженні) та сходи (при насінному), три листки, кущіння або інтенсивне пагоноутворення, вихід у трубку, викидання волоті, цвітіння, для китайського і

цукроквіткового – дозрівання насіння, технічна стиглість надземної маси.

Відростання міскантусу розпочинається на 20-30 день після садіння, як проростає один пагін (головний), рідше – два та більше, що залежить від кількості пророслих одночасно бруньок (рис. 23). Залежно від погодних умов цей період може тривати до 20 діб.

Наступна фаза росту та розвитку – *три листки* (рис. 24), після якої настає фаза *інтенсивного пагоноутворення*, яка триває до пізньої осені. Процес пагоноутворення безпосередньо пов'язаний із розвитком кореневища (рис. 25).



а



б

Рис. 23. Відростання пагонів міскантусу гігантського:
а) один пагін; б) два пагони



Рис. 24. Фаза трьох листків



Рис. 25. Фаза інтенсивного пагоноутворення

Вихід у трубку характеризується появою вузлів на стеблі (рис. 26).



Рис. 26. Фаза виходу в трубку

Викидання волоті настає в кінці вересня – на початку жовтня після виходу прапорцевого листка (рис. 27).



а



б

Рис. 27. Фаза викидання волоті: а) прапорцевий листок; б) поява волоті

Після викидання волоті настає фаза ***цвітіння*** (рис. 28).



Рис. 28. Фаза цвітіння міскантусу

Фаза технічної стиглості надземної маси. За переходу середньодобової температури повітря восени нижче 10°C процеси росту та розвитку рослин призупиняються та починається усихання листя та стебел (рис. 29). Під час дозрівання біомаси поживні речовини з листково-стебельної маси транспортуються до кореневища, де й нагромаджуються.



Рис. 29. Фаза дозрівання біомаси

В умовах Правобережного Лісостепу України рослини досліджуваних зразків починають відростати у I декаді квітня (табл. 9).

Інтенсивне відростання в більшості форм припадає на II декаду квітня. Пізні форми розпочинають активний ріст в останню декаду квітня. У форм міскантусу цукроквіткового основні фази розвитку настають раніше та дружніше за інші зразки. Так, фаза виходу в трубку в рослин різних форм міскантусу цукроквіткового настає в II декаді липня, поява волоті – в III декаді липня - I декаді серпня, цвітіння – у II–III декаді серпня, тоді як у форм міскантусу китайського ці фази настають у II декаді серпня, I–II декаді вересня та II–III декаді жовтня відповідно (рис. 30).

Усі форми та сортозразки міскантусу китайського вирізняються пізнішим настанням фаз розвитку. До завершення вегетаційного періоду рослини всіх форм цього виду, на відміну від міскантусу цукроквіткового, залишаються зеленими. Ріст та розвиток рослин припиняється лише після настання сильних заморозків. Для рослин

міскантусу гігантського характерне також пізнє проходження (настання) основних фаз розвитку. Цвітіння відбувається не щороку і лише в окремих рослин. У світі тривають роботи зі створення форм міскантусу з дружньою та ранньою появою волоті на другий та наступні роки життя.

Таблиця 9

Сезонний ритм розвитку рослин роду міскантусу

Вид, форма, сорт	Фаза росту та розвитку					
	відростання	кущіння	вихід у трубку	викидання волоті	цвітіння	плодоношення
Гігантський						
«Осінній зорецвіт»*	15.04 (±5 доби)	20.06 (±6 доби)	18.08 (±5 доби)	26.09*** (±7 доби)	Не настає	Не настає
«Гулівер»**	18.04 (±5 доби)	21.06 (±6 доби)	20.08 (±5 доби)	29.09*** (±7 доби)	Не настає	Не настає
Цукроквітковий						
«Снігова королева»*	09.04 (±3 доби)	07.06 (±3 доби)	13.07 (±4 доби)	29.07 (±3 доби)	15.08 (±4 доби)	22.09 (±2 доби)
«Снігопад»**	08.04 (±3 доби)	06.06 (±3 доби)	12.07 (±4 доби)	28.07 (±3 доби)	14.08 (±4 доби)	20.09 (±2 доби)
ф. ЕСБМЦ-2**	11.04 (±4 доби)	08.06 (±3 доби)	14.07 (±4 доби)	31.07 (±4 доби)	18.08 (±4 доби)	25.09 (±3 доби)
ф. ЕСБМЦ-1**	10.04 (±3 доби)	10.06 (±4 доби)	16.07 (±3 доби)	04.08 (±3 доби)	20.08 (±5 доби)	17.09 (±4 доби)
Китайський						
«Місячний промінь»*	15.04 (±4 доби)	15.06 (±5 доби)	11.08 (±6 доби)	07.09 (±4 доби)	19.10 (±6 доби)	Не настає
«Велетень»**	14.04 (±4 доби)	14.06 (±5 доби)	10.08 (±6 доби)	04.09 (±4 доби)	17.10 (±6 доби)	Не настає
ф. ЕСБМК-2**	16.04 (±5 доби)	16.06 (±6 доби)	12.08 (±6 доби)	12.09 (±5 доби)	26.10 (±7 доби)	Те ж
ф. ЕСБМК-3**	16.04 (±3 доби)	18.06 (±5 доби)	16.08 (±5 доби)	08.09 (±5 доби)	20.10 (±6 доби)	-//-

Примітка * - оригінатор сорту ІБКіЦБ, ** - оригінатор сорту НБС ім. М.М. Гришка НАН України, *** Настання даної фази залежить від року життя рослин та умов вегетації. Вона може настати на 3-4 рік життя, але не у всіх рослин.

У роки з раннім завершенням вегетаційного періоду ріст та розвиток пізньостиглих форм рослин міскантусу припиняється у III декаді жовтня, середнім завершенням – у II декаді листопада і з пізнім завершенням – у I декаді грудня. В окремі роки пізньостиглі

форми рослин міскантусу вегетують аж до II декади січня.

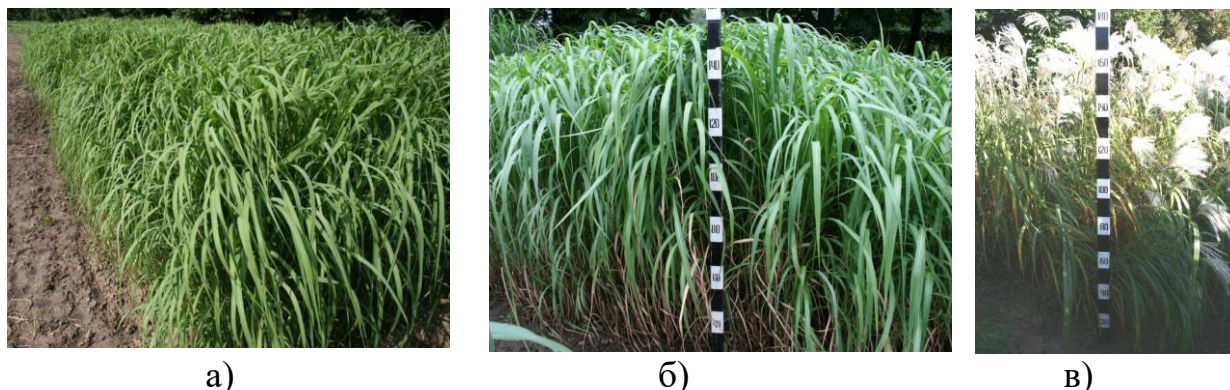


Рис. 30. Міскантус цукроквітковий *а) у фазі кущіння (I декада червня); б) фазу виходу в трубку (II декада липня); в) у фазі цвітіння (III декада серпня)*

Для міскантусу гігантського в умовах Правобережного Лісостепу України характерна розтягнута фаза кущіння (рис. 31а). Генеративний період розвитку в рослин не настає масово навіть на багаторічних плантаціях. Майже в усіх рослин спостерігається фаза виходу в трубку (рис. 31б).



Рис. 31. Міскантус гігантський: *а) у фазі кущіння (III декада червня); б) у фазі виходу у трубку (III декада серпня)*

3.5. Продуктивний та біоенергетичний потенціал культури міскантусу в Україні

Результати досліджень свідчать про те, що всі досліджувані зразки міскантусу характеризуються високими продуктивними показниками. В цілому продуктивність надземної маси рослин міскантусу залежала від багатьох факторів: погодно-кліматичних

умов року, видових, сортових особливостей, періоду вегетації, елементів технології вирощування, удобрення тощо.

Найбільшу продуктивність забезпечили форми та сорти міскантусу китайського та гігантського, а меншу – цукроквіткового. У структурі надземної маси 54,4-68,3% припадає на долю стебел, 26,0-45,6 – листків та 5,6-5,8% – на долю суцвіття (табл. 10). Серед досліджених рослин найбільша частка стебел та суцвіть у надземній масі припадає на долю міскантусу цукроквіткового, листків – китайського.

Таблиця 10

Продуктивність надземної маси рослин міскантусу та структура урожаю у період вегетації залежно від видових та сортових особливостей

Вид, форма та сорт міскантусу	Фаза розвитку	Маса, г				Структура надземної маси, %		
		над- земна	сте- бел	лист- ків	суц- віття	стеб- ла	лист- ки	суц- віття
Гігантський								
«Осінній зорецвіт»*	Вихід у трубку	1355	895	460	-	66,0	44,0	-
«Гулівер»**	Те ж	1220	780	440	-	63,9	36,1	-
ф. ЕСБМГ-3**	-//-	1019	647	372	-	63,5	36,5	-
Цукроквітковий								
«Снігова королева»*	Початок цвітіння	350	239	91	20	68,3	26,0	5,7
«Снігопад»**	Те ж	325	220	86	19	67,7	26,5	5,8
ф. ЕСБМЦ-1**	-//-	250	164	72	14	65,6	28,8	5,6
Китайський								
«Місячний промінь»*	Вихід у трубку	910	495	415	-	54,4	45,6	-
«Велетень»**	Те ж	930	520	410	-	55,9	44,1	-
ф. ЕСБМК -8**	-//-	890	490	400	-	55,0	45,0	-

Примітка * - оригінатор сорту ІБКіЦБ, ** - оригінатор сорту НБС ім. М.М. Гришка НАН України

У кінці вегетації залежно від видових, формових та сортових особливостей суттєво змінюється продуктивність рослин та структура надземної маси (табл. 11). Як у ранньостиглої рослини, у цукроквіткового раніше завершується вегетація та надземна частина

висихає на корені. Тому, в порівнянні з попереднім періодом, зменшується надземна маса та інші показники структури рослин.

У міскантусу гігантського та особливо міскантусу китайського вегетація рослин завершується пізніше, лише після сильних приморозків. Тому накопичення надземної маси триває до кінця вегетації. Закономірності щодо найбільшої продуктивності видів, форм та сортів зберігаються як і у попередній період. Щодо структури надземної маси відбувається суттєве збільшення дольової частки стебел та зменшення листків. Серед досліджених рослин найбільша частка стебел та листків у надземній масі припадає на долю міскантусу гігантського, суцвіть – цукроквіткового.

Таблиця 11

Продуктивність надземної маси рослин роду міскантус та структура урожаю у кінці вегетації залежно від видових, формових та сортових особливостей (n=10)

Вид, форма та сорт міскантусу	Маса, г				Структура надземної маси, %		
	над-земна	сте-бел	лист-ків	суц-віття	стеб-ла	лист-ки	суц-віття
Гігантський							
«Осіній зорецвіт»*	1485	1152	531	-	77,6	22,4	-
«Гулівер»**	1290	939,1	350,9	-	72,8	27,2	-
ф. ЕСБМГ-3**	1190	806,8	383,2	-	67,8	32,2	-
Цукроквітковий							
«Снігова королева»*	365	270	75	20	74,0	20,5	5,5
«Снігопад»**	214	178	37	19	73,8	17,3	8,9
ф. ЕСБМЦ-1**	190	144	30	16	75,8	15,8	8,4
Китайський							
«Місячний промінь»*	950	540	260	-	72,6	27,4	-
«Велетень»**	989	709,1	214,6	65,3	71,7	21,7	6,6
ф. ЕСБМК -8**	956	676,8	223,7	55,5	70,8	23,4	5,8

*Примітка * - оригінатор сорту ІБКіЦБ, ** - оригінатор сорту НБС ім. М.М. Гришка НАН України*

Серед досліджуваних зразків максимальну урожайність забезпечили створені сорти міскантусу гігантського (табл. 12). У період активної вегетації рослин найбільшою урожайністю надземної маси відзначилися форми та сорти міскантусу гігантського та китайського.

У зв'язку з різним ступенем розвитку рослин у кінці вегетації, від повного висихання на корені (зразки міскантусу цукрокріткового) до інтенсивного розвитку вегетативної маси (зразки міскантусу китайського), урожайність надземної маси, порівняно з попередніми періодами, у окремих видів змінюється по-різному. У міскантусу цукрокріткового відбувається значне зменшення урожайності, а в інших видів, навпаки – збільшення.

Таблиця 12

Урожайність надземної маси міскантусу у період вегетації залежно від видових та сортових особливостей рослин, т/га

Вид, форма та сорт міскантусу	Фаза розвитку	Урожайність надземної маси	В тому числі маса		
			стебел	листіків	суцвіт-тя
Гігантський					
«Осінній зорецвіт»*	Вихід у трубку	68,5	46,2	22,3	-
«Гулівер»**	Теж	65,9	42,1	23,8	-
ф. ЕСБМГ-3**	-//-	55,1	35,0	20,1	-
Цукрокрітковий					
«Снігова королева»*	Початок цвітіння	33,7	22,1	9,9	1,7
«Снігопад»**	Теж	35,9	24,3	9,5	2,1
ф. ЕСБМЦ-1**	-//-	27,5	18,04	7,92	1,54
Китайський					
«Місячний промінь»*	Вихід у трубку	61,3	34,2	27,1	-
«Велетень»**	Теж	63,6	35,6	28,0	-
ф. ЕСБМК -8**	-//-	60,9	33,6	27,4	-

Примітка * - оригінатор сорту ІБКіЦБ, ** - оригінатор сорту НБС ім. М.М. Гришка НАН України

Найбільшу врожайність надземної маси формували сорти «Осінній зорецвіт» і «Гулівер» міскантусу гігантського.

На основі комплексних досліджень вперше проведено оцінку основних продуктивних показників за енергетичною цінністю надземних органів рослин міскантусу (табл. 13).

**Продуктивність міскантусу за виходом умовного біопалива
залежно від видових особливостей по органах рослин у кінці
вегетації**

Вид, форма та сорт міскантусу	Орган рослини	Вихід сухої речовини, т/га	Теплоємність, ккал/кг	Вихід енергії, Гкал/га	Вихід твердого біопалива, т/га
цукроквітковий	листки	9,1	3811	38,1	10,0
	стебло	21,5	4139	97,9	23,7
	волоть	1,8	4126	8,2	2,0
	всього	32,4	4025	143,5	35,6
китайський	листки	27,5	3842	116,2	30,3
	стебло	34,5	4093	155,3	38,0
	всього	62,0	4043	275,7	68,2
гігантський	листки	22,1	3954	96,1	24,3
	стебло	41,1	3965	179,3	45,2
	всього	63,2	3960	275,3	69,5

Визначено, що найбільший вихід сухої речовини у всіх досліджуваних зразків забезпечують стебла рослин, найменший – волоть. Максимальним показником виходу характеризувалися сорти «Осінній зорецвіт» і «Гулівер» міскантусу гігантського. Виявлено, що за теплоємністю немає чіткої закономірності між органами рослин. За виходом енергії з одиниці площі спостерігається така ж закономірність, що і за виходом сухої речовини.

3.6. Біохімічний склад рослин міскантусу

Як продуктивність рослин, так і якісні показники сировини суттєво залежать від біохімічного складу досліджуваних зразків. У біохімічній лабораторії відділу нових культур НБС ім. М.М. Гришка спільно з н.с., к.б.н. О.М. Вергуном та пров. інж. В.В. Фіщенком виконано дослідження з визначення біохімічного складу рослин і теплоємності сировини. В процесі вегетації основні біохімічні показники рослин міскантусу суттєво змінюються (табл. 14).

У період активної вегетації найбільший вміст сухої речовини мали рослини міскантусу цукроквіткового, загальних цукрів –

гігантського. За вмістом каротиноїдів відзначився цукрокрітковий, хлорофілу *a* та *b* – гігантський.

Таблиця 14

Біохімічний склад надземної маси міскантусу в період вегетації залежно від видових, формових та сортових особливостей рослин

Вид, форма та сорт міскантусу	Фаза розвитку	Суха речовина, %	Загальний цукор, %	Хлорофіл <i>a</i> , мг/г	Хлорофіл <i>b</i> , мг/г	Каротиноїди, мг/г
цукрокрітковий	Початок цвітіння	43,96	5,04	1,47	0,27	0,80
китайський	Вихід в трубку	36,90	6,15	1,38	0,30	0,64
гігантський	Теж	37,72	6,30	1,51	0,33	0,72

До кінця вегетації біохімічний склад рослин різних видів міскантусу суттєво змінився (табл. 15).

Таблиця 15

Біохімічний склад надземних органів рослин міскантусу в кінці вегетації залежно від видових, формових та сортових особливостей рослин

Вид, форма та сорт міскантусу	Органи рослин	Суха речовина, %	Загальний цукор, %
цукрокрітковий	листки	83,57	3,10
	стебло	44,59	5,77
	волоть	85,30	3,81
китайський	листки	39,27	7,12
	стебло	52,48	6,24
	волоть	52,16	6,53
гігантський	листки	48,25	6,53
	стебло	44,73	10,03

У цілому, всі показники біохімічного складу значно залежали від видових та сортових особливостей і від органів рослин. У зразків міскантусу цукрокріткового найбільший вміст сухих речовин був у листках та волоті. Загальний вміст цукрів у міскантусу цукрокріткового та гігантського переважав у стеблах. Найвищий його вміст – у зразків міскантусу гігантського.

Загальний вміст основних органічних речовин у цілому, та цукрів зокрема, зменшується від ранніх фаз до кінця вегетації у рослин міскантусу цукрокрівкового (табл. 16).

Найбільший вміст сухої речовини у рослин міскантусу цукрокрівкового спостерігався в кінці вегетації, загальний вміст цукрів – в період виходу трубки. Рівень аскорбінової кислоти, каротину та ліпідів у цієї форми був найвищим на початку кущіння.

Таблиця 16

Біохімічна характеристика рослин міскантусу цукрокрівкового залежно від періоду вегетації

Фаза розвитку	Суха речовина, %	Цукри, %	Аскорбінова кислота, мг%	Каротин, мг%	Ліпіди, %
Початок кущіння	17,05±0,14	7,30±0,45	43,24±2,78	0,88±0,01	6,84±0,44
Кінець кущіння	19,78±0,11	6,57±0,54	35,90±1,34	0,15±0,02	6,81±0,34
Вихід у трубку	29,96±0,58	10,22±0,19	10,32±0,85	0,30±0,01	4,36±0,52
Поява волоті	30,11±1,47	4,78±0,16	21,92±1,15	0,14±0,01	1,68±0,11
Цвітіння	42,74±0,05	2,03±0,06	14,20±0,16	0,09±0,01	2,82±0,15
Кінець вегетації	43,49±0,79	3,55±0,04	33,94±1,63	0,07±0,01	1,40±0,05

Найбільшим вмістом лігніну рослини міскантусу цукрокрівкового характеризувались у фазу появи волоті, найменшим – виходу в трубку (рис. 32). Вміст клітковини був найвищим на початку кущіння, найнижчим – у фазу виходу в трубку.

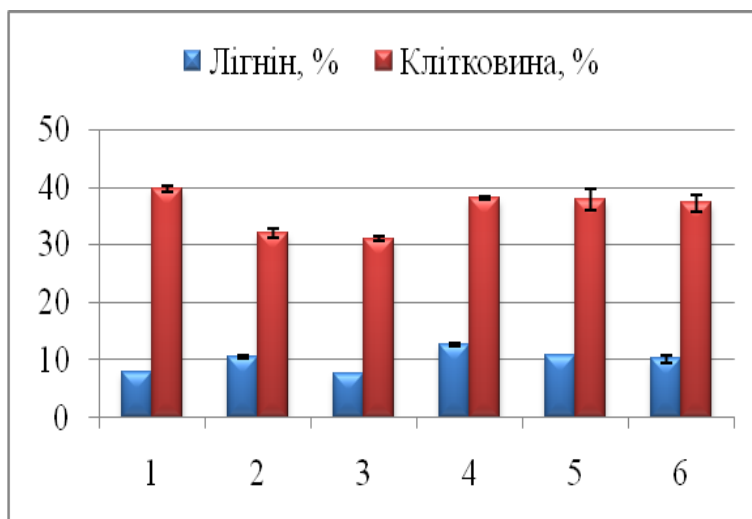


Рис. 32. Вміст лігніну та клітковини в надземній масі рослин міскантусу цукрокрівкового залежно від періоду вегетації (1 – початок кущіння, 2 – кінець кущіння, 3 – вихід в трубку, 4 – поява волоті, 5 – цвітіння, 6 – кінець вегетації)

У рослин міскантусу китайського збільшення накопичення сухих речовин відбувається з фази кущіння до кінця вегетації (табл. 17).

Таблиця 17

Біохімічна характеристика рослин міскантусу китайського залежно від періоду вегетації

Фаза розвитку	Суха речовина, %	Цукри, %	Аскорбінова кислота, мг%	Каротин, мг%	Ліпіди, %
Кущіння	22,40±0,76	3,38±0,17	29,56±2,32	0,13±0,02	5,81±0,17
Вихід у трубку	32,38±1,61	5,50±0,23	53,74±1,07	0,25±0,01	3,72±0,58
Поява волоті	34,02±0,47	5,47±0,21	43,56±1,24	0,08±0,01	5,14±0,16
Цвітіння*	36,90±0,26	4,26±0,30	47,08±3,88	0,15±0,02	3,59±0,30

Примітка: * фаза цвітіння настає у кінці вегетації

Загальний вміст цукрів впродовж вегетації становив від 3,38 до 5,50%. Максимальний їх вміст спостерігався у фазі виходу в трубку. Вміст аскорбінової кислоти, каротину та ліпідів був найбільшим у період кущіння рослин.

Вміст лігніну збільшувався від фази кущіння і був максимальним в період виходу в трубку і виявлення волоті (рис. 33). Найбільший вміст клітковини у рослин відмічено у фазу викидання волоті.

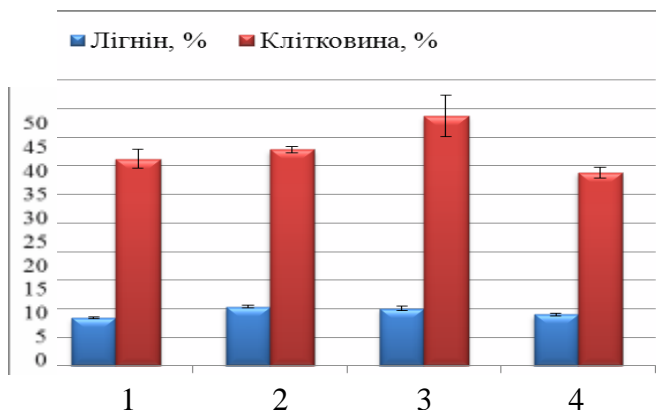


Рис. 33. Вміст лігніну та клітковини в надземній масі рослин міскантусу китайського залежно від періоду вегетації (1 – кущіння, 2 – вихід в трубку, 3 – поява волоті, 4 – цвітіння)

Найбільший вміст цукрів, каротину, аскорбінової кислоти та ліпідів спостерігався на початку кущіння, сухої речовини – у період виходу в трубку (табл. 18).

Протягом вегетації вміст лігніну в міскантусу гігантського становив від 6,75 до 11,06%, клітковини – від 32,47 до 39,76%. Максимальні значення їх за період розвитку зафіксовано у фазу кущіння (рис. 34).

**Біохімічна характеристика рослин міскантусу гігантського
залежно від періоду вегетації**

Фаза розвитку	Суха речовина, %	Цукри, %	Аскорбінова кислота, мг%	Каротин, мг%	Ліпіди, %
Початок кущіння	14,56±0,15	11,45±0,52	78,12±3,87	0,58±0,01	5,92±0,35
Кущіння	27,59±0,54	8,54±0,17	22,79±1,51	0,18±0,01	3,55±0,13
Вихід у трубку	34,13±1,59	3,91±0,13	30,40±1,02	0,08±0,01	4,38±0,10
Поява волоті*	31,72±0,72	5,43±0,34	48,88±1,41	0,11±0,01	2,58±0,16

*Примітка: * фаза поява волоті настає у кінці вегетації*

Важливе значення має оцінка продуктивності рослин міскантусу за виходом сухої речовини, енергії з надземної маси та теплоємності сировини у різних фазах розвитку залежно від видових і сортових особливостей.

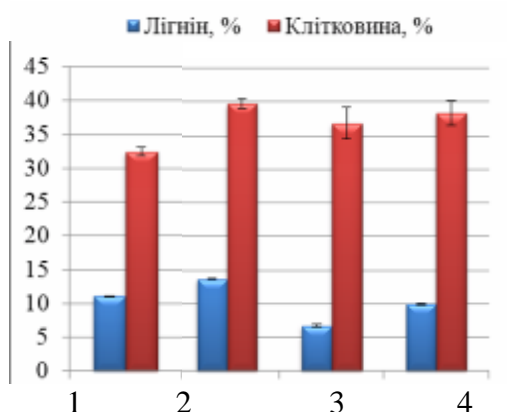


Рис. 34. Вміст лігніну та клітковини в надземній масі рослин міскантусу гігантського залежно від періоду вегетації (1 – початок кущіння, 2 – кущіння, 3 – вихід у трубку, 4 – поява волоті)

РОЗДІЛ 4

СЕЛЕКЦІЯ МІСКАНТУСУ З ЕЛЕМЕНТАМИ БІОТЕХНОЛОГІЇ

Враховуючи важливість проблеми розвитку біоенергетики, необхідно розвивати селекцію енергетичних культур. У світовій селекційній практиці для прискорення її результативності використовують біотехнологічні методи, які дозволяють не тільки розмножувати та зберігати матеріали, створені традиційними методами, а й отримувати нові форми на основі передових досягнень біотехнології. До таких методів відноситься клональне мікророзмноження і поліплоїдизування клонів у культурі *in vitro*, що дає можливість розмножувати і змінювати рівень плоїдності вихідних генотипів. Отримані вихідні матеріали будуть використані селекціонерами під час створення нових сортів та гібридів енергетичних культур. Розроблені методи дозволять значно скоротити селекційний процес.

Дана робота полягає у створенні сортової бази фітоенергетики. Критеріями оцінки новостворених сортів та інтродукованих культур як сировини для фітоенергетики повинні бути поєднані високі біологічні, екологічні, господарські, економічні характеристики, до яких відносять швидкий ріст, висока продуктивність біомаси, стійкість до хвороб, адаптивність до різних ґрунтово-кліматичних умов, невибагливість до якості ґрунту, низька собівартість продукції.

4.1. Стан та перспективи розвитку селекції міскантусу

Як згадувалося у підрозділі 2.4, найінтенсивніше селекція нових гібридів міскантусу проводиться в трьох країнах – Швеції, Данії та Німеччині. Вихідним матеріалом для селекції є японський клон, який був завезений у Данію ще в 1935 році. У 1993 році Гріф і Дентер класифікували його як гібрид, триплоїдний генотип з числом хромосом $x = 57$ [31]. Досліджуючи характер цвітіння та анатомію листків, вони визначили його як природний гібрид міскантусу китайського та цукроквіткового. Використовуючи генотипи міскантусу китайського та цукроквіткового у селекційних центрах вищезгаданих країн, були створені 15 гібридів міскантусу, що випробовувалися у різних кліматичних зонах Європи [185]. Визначено, що міскантус китайський є більш зимостійким, ніж гігантський і цукроквітковий, та більш підходить для північної

Європи [147]. Найбільш продуктивними виявилися триплоїди – гібриди міскантусу китайського та цукроквіткового [137]. Для України такі дані відсутні, не визначені також генотипи, що найбільш придатні для вирощування та розмноження у кліматичних умовах України, не досліджені їх поліплоїдні ряди.

Нині дослідження міскантусу набирають обертів – усе інтенсивніше та масштабніше розробляються селекційні програми в різних країнах світу. Створюються нові та вдосконалюються існуючі форми міскантусу [5]. Так, Департамент навколишнього середовища, продовольства і сільського господарства Ірландії фінансує дослідницькі програми генетичного поліпшення рослин роду *Miscanthus* для вирощування його на біопаливо. Проект отримав значне фінансування та розрахований на 5 років і буде включати в себе співпрацю між дослідниками інститутів Великобританії, Німеччини, Нідерландів. Метою проекту є дослідження можливості виведення нових поліпшених сортів міскантусу китайського і гігантського та створення методів отримання насіння міскантусу, визначення його потенціалу для Північної Ірландії [211].

Компанія Mendel Biotechnology, Inc. в США розробила програму селекції та розмноження представників роду *Miscanthus* спільно з німецькою компанією Tinplant Biotechnik, яка інвестувала кошти на 15 років у розвиток селекції та вдосконалення процесів розмноження нових сортів міскантусу [211, 241].

Селекціонери Mendel Biotechnology та Tinplant Biotechnik створили два нових гібридних сорти міскантусу «Amuri» і «Nagara» за селекційною програмою Tinplant у 2006 році. Ці нові сорти є результатом схрещування гібридного міскантусу цукроквіткового і китайського, які мають більший ступінь зимостійкості, ніж гігантський [157, 241].

У 2007 та подальших роках проводилися дослідження за селекційною програмою університету штату Іллінойс British Petroleum (BP) щодо поліпшення сортів міскантусу китайського з погляду генетичного матеріалу і збільшення прибутковості. В той час «British Petroleum» отримала фінансування у розмірі \$ 500 млн. для виробництва біоенергії і створення нових джерел біоенергії. Ці інвестиції відносилися до науково-дослідного співробітництва між Університетом Іллінойсу і Університетом Каліфорнії у Берклі, де вивчалися можливості поліпшення потенційних запасів біомаси міскантусу в тому числі. У програмі університету Іллінойсу

проводяться дослідження щодо методів збільшення біомаси за рахунок створення сортів міскантусу шляхом подвоєння хромосом та отримання поліплоїдів. Інші селекційні дослідження включають маніпуляції з геномом з метою підвищення стійкості рослин до гербіцидів, зміни вмісту лігніну і затримки цвітіння [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Данія перша з країн Європи інтродукувала міскантус. Селекційні роботи в Данії були цілеспрямовані на акліматизацію та виведення сортів, стійких до низьких температур. Датська компанія «Nordicbiomass» в даний час здійснює інтенсивну комерціалізацію міскантусу. Тим не менш, вдосконалення методів створення, розмноження рослин міскантусу з насіння і скорочення витрат є важливими цілями в галузі розвитку селекції в Данії [241].

Таким чином, селекційні програми зі створення нових та вдосконалення існуючих форм міскантусу розробляються і виконуються у провідних університетах та фірмах країн Європи та Америки.

У результаті досліджень накопичений великий генофонд рослин міскантусу в Європі, включаючи кілька видів, сотні генотипів у межах виду, а також відповідне потомство від схрещування. Дослідження з селекції міскантусу тривають. Про це свідчать дані щодо реєстрації сортів міскантусу в різних країнах-членах УПОВ за останні 10 років. Прогрес реєстрації нових українських сортів демонструють графіки кількості заявок, що подані на сорти міскантусу в Україні.

4.2. Використання методів біотехнології в дослідженнях та селекційній практиці міскантусу

4.2.1. Генетична різноманітність видів роду *Miscanthus* та методика дослідження мінливості рівня плоїдності геному з використанням флуоресцентної цитофотометрії

Види роду *Miscanthus* Anderss відносять до родини Poaceae [180]. Під нараховує близько 12 видів, серед яких найбільш цінними для виробництва біомаси є *Miscanthus sacchariflorus*, *Miscanthus sinensis*, *Miscanthus x giganteus* і *Miscanthus floridulus* [187]. У Європі, культивування видів роду *Miscanthus* – це вирощування, головним чином, *M. x giganteus* тропічного і субтропічного походження [248].

Miscanthus x giganteus ($2n = 3x = 57$) - алотриплоїд, отриманий від природної гібридизації диплоїдного виду *Miscanthus sinensis* ($2n = 2x = 38$) і тетраплоїда *Miscanthus sacchariflorus* ($2n=4x=76$) [207]. Висока продуктивність біомаси отриманого алотриплоїда визначається насамперед ефектом гетерозису і об'єднанням трьох геномів, який виникає в гібридних комбінаціях [160]. Як наслідок, стерильний *Miscanthus x giganteus* ($3x = 57$) відтворюється тільки вегетативним способом – ризомами, проростками кореневищ або в культурі *in vitro* [160, 164]. Особливість розмноження впливає на ризик його виходу з екосистеми і призводить до вкрай обмеженої генетичної різноманітності і необхідності селекції клонів, адаптованих до нових природно-кліматичних умов [159]. Слід визнати, що *Miscanthus x giganteus* ($3x$) був виділений із природних популяцій Японії і володіє значним потенціалом, як альтернативне джерело енергії. Перший клон *Miscanthus x giganteus* був імпортований з Японії до Данії у 1935 році, як декоративна рослина, а пізніше – до Північної Америки для клонального розмноження і використання в комерції [187]. В південній Японії були досліджені природні популяції тетраплоїда *Miscanthus sacchariflorus* ($4x$) та диплоїда *Miscanthus sinensis* ($2x$), а отримані зразки насіння визначені за плоідністю [130]. Триплоїдні проростки насіння, зібраного на рослинах *Miscanthus sacchariflorus* ($4x$), були виділені методом проточної флуоресцентної цитофотометрії. На думку дослідників диких видів роду *Miscanthus* цілком реальним вважається той факт, що триплоїдні рослини, зібрані в Kushima, можуть бути результатом гібридизації як між ($4x$) *Miscanthus sacchariflorus* і ($2x$) *Miscanthus sinensis*, так і завдяки самосумісності ($4x$) *Miscanthus sacchariflorus*, через запліднення між $2x$ яйцеклітиною та $1x$ пилком [130]. Культивування генетично однорідних клонів вимагає дослідження ризику стійкості до хвороб, зимостійкості [180, 164]. На даний час завдання полягає в тому, щоб розширити генетичну базу *Miscanthus x giganteus* ($3x$) шляхом створення гібридів диких батьківських форм *Miscanthus sacchariflorus* і *Miscanthus sinensis*. Нові клони можуть служити джерелом генетичної мінливості, резистентності до нових захворювань, ідентифікованих у клона *Miscanthus x giganteus* [208].

За літературними джерелами в світовій біоенергетиці вирощується два або три ідентичні клони, але на думку дослідників існує величезна ймовірність того, що широкомасштабне вирощування міскантусу на біомасу в Європі базується на використанні лише

одного клону [187]. Аналогічна ситуація спостерігається у Північній Америці, де культивовані генотипи *Miscanthus x giganteus* були отримані за допомогою вегетативного розмноження від одного клону європейського походження [208]. Використовуючи ДНК-технології, Greef і ін. (1997) за методом AFLP, відібрали 31 зразок *Miscanthus x giganteus*, 11 клонів *Miscanthus sinensis* і 2 клони *Miscanthus sacchariflorus*, доцільних для вирощування в ботанічних садах і розсадниках Центральної Європи [160]. На думку дослідників з ботаніки та систематики, генотиповий пул *Miscanthus x giganteus* відзначається низькою різноманітністю, тільки три зразки їм вдалося ідентифікувати з використанням молекулярно-генетичних маркерів [187]. У той час генотиповий пул *M. sinensis* характеризується відносно широким розмаїттям. Генетичне різноманіття виду може бути використаним для створення нових поліплоїдних рядів і високопродуктивних клонів.

Hodkinson T. R., Chase, M. W., (2002) встановили, що у популяції *M. x giganteus* (11 таксонів) не було виявлено жодних варіацій з використанням молекулярних маркерів ISSR і незначні варіації при використанні маркерів AFLP, які, швидше за все, були похибкою (Великобританія) [180]. На противагу цьому, у диплоїдних зразків *M. sinensis* (50 таксонів) спостерігається високий рівень відхилень, як за молекулярно-генетичними маркерами, так і за плоїдністю. В іншому дослідженні De Cesare і ін. (2010) підтвердили, що 14 з 15 зразків *M. x giganteus*, зібраних у ботанічних садах коледжу Трініті (Дублін, Ірландія) і Хоенхаймського університету (Німеччина), які були проаналізовані за шістьма *cpSSR* маркерними локусами, належали до одного гаплотипу, в той час як *M. sinensis* і *M. sacchariflorus* показали високий рівень поліморфізму для певних алелей [146]. Як зазначили Ma і ін. (2012), *M. sinensis* є високо гетерозиготним видом завдяки гібридизації, а здатність формувати життєздатне насіння забезпечує в природних популяціях синхронність цвітіння компонентів і сумісність за гомологією хромосом [208].

У 70-х роках минулого століття мінливість за плоїдністю міскантусу з використанням цитологічного аналізу метафазних хромосом в природних популяціях спостерігали іноземні дослідники від диплоїдів – 38 хромосом до гексаплоїдів – 114 хромосом [207]. У польських дослідників рівень плоїдності у видів роду *Miscanthus* також змінювався від 2 до 6 [187]. За даними Clifton-Brown J. (2008),

базовою плоїдністю *M. sinensis* є $2x$, проте поширені природні і штучні поліплоїди (наприклад триплоїд *M. sinensis* «Голіаф») [235]. Досліджено, що на відміну від Японії в природних популяціях Китаю *Miscanthus sacchariflorus* зазвичай диплоїдної форми, однак у цього виду існує цілий ряд варіантів плоїдності аж до гексаплоїдного. На основі компонентів схрещування *M. x giganteus* вже отримані тетра- і пентаплоїди [168]. Вони є джерелом вдосконалення виду *M. x giganteus* на біомасу в нових природно-кліматичних умовах.

Через відсутність інформації щодо походження і способів диференціації представників роду *Miscanthus* європейського генофонду в Україні, окрім за морфологічними ознаками, тому були проведені дослідження генетичної різноманітності видів та їх походження і оптимізовано методики диференціації рівня плоїдності геному, відповідно до європейських методик. Визначені за рівнем плоїдності геному види роду *Miscanthus* будуть використані для створення поліплоїдів і селекції нових клонів, альтернативних *M. x giganteus* ($3x$). Досліджувалися за плоїдністю три види міскантусу, що використовуються в Європі для виробництва біомаси, а саме: *M. x giganteus*, *Miscanthus sacchariflorus* і *Miscanthus sinensis*.

Серед вихідних матеріалів для освоєння методики визначення рівня плоїдності геному, як основного таксономічного показника роду *Miscanthus*, використані *Miscanthus x giganteus* ($3x$), *Miscanthus sinensis* ($2x$), *Miscanthus sacchariflorus* ($4x$), розмножені на Ялтушківській дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків (ДСС ІБКіЦБ). На селекційній станції досліджені їх морфологічні особливості, встановлені терміни цвітіння, імовірності зав'язування насіння, особливості росту і розвитку, формування ризом в умовах України. З опису різних видів міскантусу, інтродукованих на Ялтушківській ДСС ІБКіЦБ:

Miscanthus sacchariflorus ecotype I «Poland» – міскантус цукроквітковий є тетраплоїдним видом і компонентом схрещування для триплоїдного клона *Miscanthus x giganteus* ($3x$). Це вид із стеблом заввишки 2,5 м, який швидко колонізує ґрунтовий простір, утворюючи суцільні плантації. Тетраплоїдний рівень геному у матеріалу не був підтверджений за результатом аналізу плоїдності на АП «Partec».

Miscanthus sinensis ($2x=38$) – міскантус китайський на дослідному полі ІБКіЦБ у 2016 р. впродовж першого року вегетації

сформував стебла висотою 1,5 м на основі підземних кореневищ, отриманих на Ялтушківській ДСС.

Miscanthus x giganteus ecotype 2 «Austria» – міскантус гігантський. Рослини цього виду другого року вегетації в умовах України досягають висоти більше 3 м. Це природний алотриплоїд із кількістю хромосом 57.

Miscanthus x giganteus, як нова енергетична культура, був отриманий співробітниками лабораторії вирощування біоенергетичних культур ІБКіЦБ із колекційних зразків Польщі. Новий вихідний матеріал був розмножений ризомами і підземними кореневищами за селекційним номером *Miscanthus x giganteus* (3x) ecotype «Poland» з компонентами *Miscanthus sacchariflorus* ecotype I «Poland» і *Miscanthus sinensis* ecotype I «Poland». Новий екотип міскантусу гігантського *Miscanthus x giganteus* ecotype 2 «Austria» був отриманий у 2012 році. Два різні екотипи європейського походження досліджувались нами за гетерогенністю популяцій і мінливістю садивного матеріалу (ризом) із дослідних полів ТзОВ «Енерго Аграр». У 2015 році співробітниками Ялтушківської ДСС був розмножений новий європейський клон ecotype 3 *Miscanthus giganteus* «Great Britain», що характеризувався зимостійкістю.

Для освоєння та впровадження методики флуоресцентної цитофотометрії і визначення плоїдності використані такі колекційні зразки Ялтушківської ДСС:

- *Miscanthus x giganteus* (ecotype 1 «Poland», ecotype 2 «Austria», ecotype 3 «Great Britain»);
- *Miscanthus sinensis* ecotype 1 «Poland»;
- *Miscanthus sacchariflorus* ecotype 1 «Poland»;
- *Miscanthus* Early фірма «Jelitto»;
- *Miscanthus* Late фірма «Jelitto»;
- *Miscanthus sinensis* New ecotype 2 фірма «Jelitto».

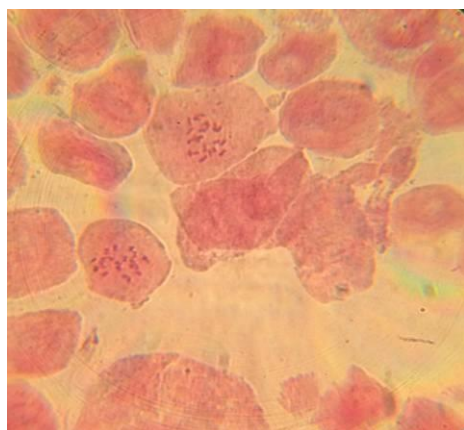
Для добору зовнішніх стандартів і еталонів за гістограмами ядерної ДНК досліджувались за кількістю хромосом:

- диплоїдний вітчизняний сорт проса «Поляно» ($2x=18$);
- сорт сорго зернового «Дніпровський» ($2x=20$);
- *Miscanthus sinensis* ($2x=38$).

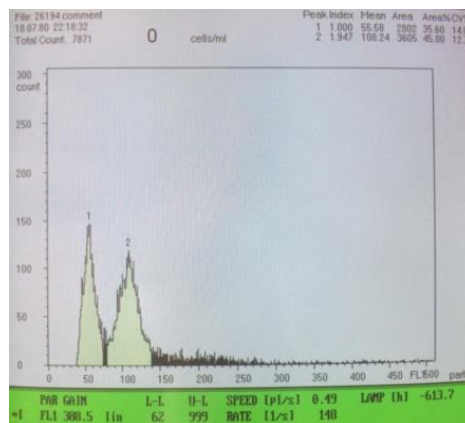
Цитологічний аналіз проводили за модифікованою нами методикою Паушева З. П., ацетоорсеїнового забарвлення меристемних клітин, проростків насіння [221]. Кількість хромосом встановлювали на стадії метафази мітозів. Аналізували апікальні

меристеми новоутворених бокових коренів та проростків підземних пагонів (ризом), які обробляли 8-ортооксихіноліном і витримували впродовж 6-12 годин за температури 4°C.

Відібрані селекційні зразки диплоїдного сорго ($2x=20$) сорту «Дніпровський» пророщували до формування першої пари справжніх листочків (рис. 35 а, б).



а)



б)

Рис. 35. Добір контрольного генотипу (стандарт) за кількісним вмістом ядерної ДНК на АП «Partec»: а) метафазні хромосоми сорго зернового ($2x=20$); б) гістограми ядерної ДНК сорго зернового сорт «Дніпровський».

Виділення стандартного генотипу для оптимізації методики і визначення рівня плоїдності геному з використанням аналізатора плоїдності «Partec» узгоджено і нормалізовано з раніше опублікованими основними показниками поліплоїдних видів міскантусів японськими дослідниками Aya Nishiwaki, Aki Mizuguti та ін. [130].

Одним із основних таксономічних показників міскантусів є рівень плоїдності геному. Цитологічні методи у диплоїдних видів міскантусів $2n=2x=38$ хромосом, триплоїдних видів $2n=3x=57$ хромосом і тетраплоїдних форм $2n=4x=76$ хромосом є досить затратними і трудомісткими. Нові методи визначення геномного статусу видів рослин роду *Miscanthus* з використанням проточної флуоресцентної цитофотометрії та комп'ютерних програм АП «Partec» впроваджуються в різних країнах світу і визнані перспективними. В якості еталону за кількісним вмістом ядерної ДНК для аналізу плоїдності на АП «Partec» дослідники роду *Miscanthus* використовують диплоїдні рослини сорго зернового (*Sorghum bicolor*), гороху посівного (*Pisum sativum*) та *Miscanthus sinensis*,

попередньо визначені за кількістю хромосом [180, 164, 130]. З використанням ДНК-технологій раніше було показано, що геном сорго має тісніший зв'язок з *Miscanthus*, аніж з кукурудзою, рисом і *Brachypodium distachyon* [187]. Вид *Sorghum bicolor* був вперше успішно використаний в якості еталону маси ядерної ДНК для дослідження міскантусів в Японії [130]. Аналіз рівня плоїдності геному має вирішальне значення в класифікації трьох основних видів роду *Miscanthus*, а також для розвитку селекції нових високопродуктивних клонів і сортової чистоти садивного матеріалу.

Аналізатор плоїдності (АП) компанії «Partec» (Німеччина) - це цитометр, вдосконалений комп'ютерними програмами, що контролює аналіз вмісту ядерної ДНК у рослинних клітинах. Окрім диплоїдного сорго, визначеного за кількістю хромосом, в якості стандартного генотипу польські дослідники використовують також диплоїдні форми (*Miscanthus sinensis* $2x=38$), збереженого та депонованого в умовах *in vitro* [187].

Для виділення оптимальних об'єктів і досягнення якісних гістограм ядерної ДНК досліджувались: листки вегетуючих рослин різних видів міскантусу; генеративні пагони; ризоми різних видів міскантусу; листки клонів міскантусу, розмноженого в умовах *in vitro* (табл. 19).

Експериментальні дані табл. 19 включають інформацію про мінливість коефіцієнту варіації залежно від способу репродукції *in vivo*, *in vitro* та рівня плоїдності геному. Визначено, що дієвим об'єктом з низьким коефіцієнтом варіації є генеративні пагони та листки клонів міскантусу, розмноженого в умовах *in vitro*. Для приготування контрольної проби із суспензії клітин:

- об'єкт для аналізу відділяють і подрібнюють лезом в чашках Петрі з додаванням 1,5 мл буферного розчину;

- буферний розчин використовують для екстракції та зміни проникності клітинних мембран. Придатним для використання виявився лізуючий буферний розчин японських дослідників (Hamada and Fujita, 1983): 10мМ – аміном етан; 10мМ – Na_2EDTA ; 100мМ – NaCl ; рН – 7.7; 100мл – маточного розчину ДАРІ (Німеччина) [165];

- після подрібнення листків в чашку Петрі додають 0,5 мл розчину флуорохрому ДАРІ (пропідіуму йодид) та 1 мл буферного розчину;

**Визначення оптимальних об'єктів для аналізу плоїдності
міскантусу на АП «Partec» за мінливістю коефіцієнту
варіації**

№ п/п	Види міскантусу	Плоїдність	Об'єкти для аналізу	Мінливість коефіцієнту варіації, % (CV*)
1	Miscanthus sinensis	2х	вегетативні пагони листя генеративні пагони in vitro	5,06-6,00 8,08-16,33 2,55-3,07 5,02-9,05
2	Miscanthus sacchariflorus	4х	вегетативні пагони листя генеративні пагони in vitro	6,01-9,00 9,10-14,58 4,08-7,09 1,1-6,88
3	Miscanthus x giganteus	3х	ризом листя генеративні пагони in vitro	8,60-13,73 9,00-12,48 5,99-7,08 4,98-7,09

Примітка: CV - мінливість коефіцієнту варіації в межах клітин основної фракції ДНК на гістограмах АП «Partec».*

- витримують суміш протягом 5-ти хвилин при кімнатній температурі у чашках Петрі і фільтрують через нейлоновий фільтр для очистки ядер від великих клітинних фрагментів та залишків листя;

- вимір інтенсивності флуоресценції та числа ядер в 1 см³ розчину виконують на цитометрі «Partec» з мультиканальним аналізатором. Пробірки з суспензією клітин підключають до електродів.

Гістограми описують розподіл досліджуваних клітинних субстанцій, а саме визначають кількість клітин з певним вмістом ядерної ДНК: вісь Ох (a channel) – кількісні класи досліджуваної клітинної субстанції (наприклад, ДНК); вісь Оу (a count) – кількість клітин в кожному каналі; cells/ml – число клітин в 1 мл; file – номер файлу. Кількість вимірів приладу становить від 2 до 150 тис. ядер на зразок.

Для виділення зовнішнього стандарту за кількісним вмістом ядерної ДНК аналізували гістограми диплоїдних сортів проса Веселоподільської ДСС (2х=18 і 4х=36), сорт сорго зернового

«Дніпровський» ($2x=20$) та диплоїдні колекційні зразки міскантусів *Miscanthus sinensis* ecotype 1 «Poland». Збільшення значення підсилення (FL1) підбираємо таким чином, щоб G1 пік досліджуваних ядер, виділених із диплоїдного сорго зернового, спостерігавсь на каналі 50 од. (G1) і 100 од. (G2).

Встановлено, що для виду *Miscanthus sinensis* ecotype 2 «Jelitto» ($2x=38$) відносно маси ядерної ДНК зовнішніх стандартів диплоїдному рівню геному відповідає кількісний клас на каналі 150 од. і клас клітинної субстанції (G2) синтетичного і постсинтетичного періоду клітинного циклу на каналі 300 од. (рис. 36а,б).

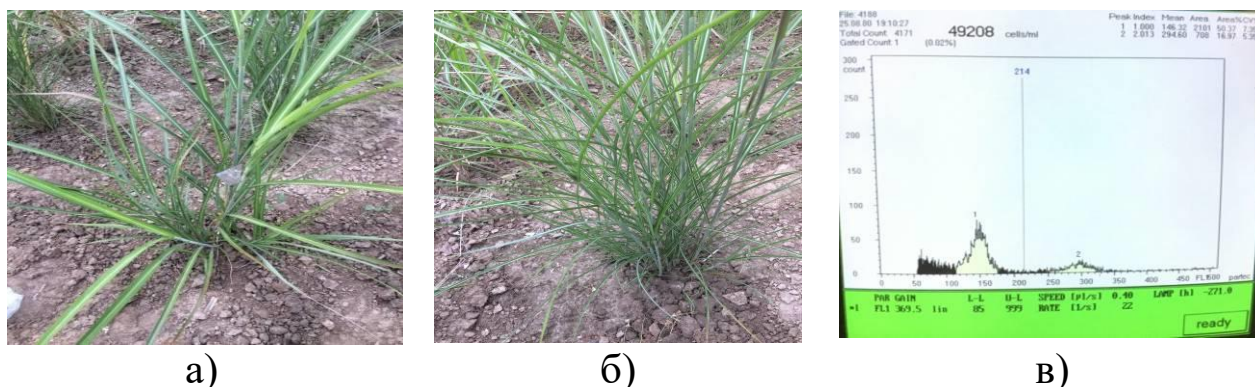


Рис. 36. Визначення плоїдності представників роду *Miscanthus*:

а) *Miscanthus sacchariflorus* ($2x=38$) першого року вегетації на дослідному полі ІБКіЦБ; б) *Miscanthus sinensis* ($2x=38$) першого року вегетації на дослідному полі ІБКіЦБ в) гістограма ядерної ДНК *Miscanthus sacchariflorus* з тах ДНК на каналах 150 од. і 300 од.

Колекційні зразки *Miscanthus Latte* «Jelitto» та *Miscanthus Early* «Jelitto» ($2x=38$) як декоративні сорти за гістограмами ядерної ДНК відповідали також диплоїдному рівню геному. *Miscanthus x giganteus* ($3x$) ecotype 1 «Poland» і ecotype 2 «Austria» характеризувались розподілом за кількісним вмістом ядерної ДНК на каналах 200 од. (G1) і 400 од. (G2) відповідно встановленому нами зовнішньому стандарту сорго зернового сорту «Дніпровський» (рис. 37а, б, в).

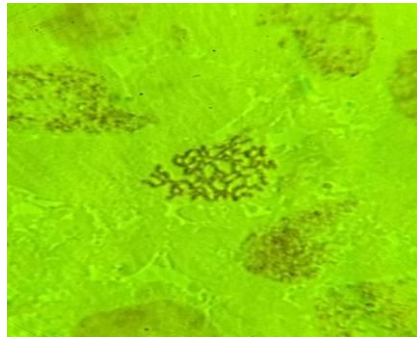
Проведений аналіз структури за рівнем плоїдності геному вегетуючих рослин другого року *Miscanthus x giganteus* ecotype 1 «Poland» і ecotype 2 «Austria». Об'єктом дослідження було листя, генеративні пагони, ризоми. Дані занесені в таблицю 20.

За результатами аналізу плоїдності вегетативно розмнужених ризомами триплоїдних рослин *Miscanthus x giganteus* ($3x$) другого року вегетації європейського походження в умовах України визначаємо лише незначну гетерогенність популяцій і присутність

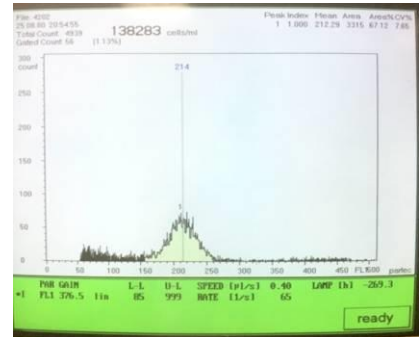
ризом як з гіперанеуплоїдним, так і гіпоанеуплоїдним станом геному. Для встановлення причини нестабільності геному необхідні дослідження мітотичного поділу клітин триплоїдних клонів залежно від терміну репродукції.



а)



б)



в)

Рис. 37. Аналіз плоїдності *Miscanthus* (3x) за кількістю хромосом і масою ядерної ДНК: а) *Miscanthus x giganteus* ecotype 2 «Austria» в умовах *in vitro*; б) метафазні хромосоми *Miscanthus x giganteus* (3x=57) при збільшенні 12,5x100, визначені способом аналізу меристем проростків ризом; в) гістограми ядерної ДНК *Miscanthus x giganteus* з max ДНК на каналах 200 од. і 400 од.

Відібраний вихідний матеріал за вегетативною масою і плоїдністю садивного матеріалу (ризом) планується розмножити і тиражувати для відновлення сортової чистоти і продуктивних властивостей *Miscanthus x giganteus* ecotype 2 «Austria» і ecotype 1 «Poland» у польових умовах.

Методика визначення плоїдності міскантусу з використанням комп'ютерних програм АП «Partec» за кількісним вмістом ядерної ДНК в клітині узгоджена з японськими, корейськими і польськими дослідниками видів роду *Miscanthus* з використанням в якості стандартів і еталону ядерної ДНК сорго зернового сорту «Дніпровський» (2x=20); *Miscanthus sinensis* 2n=3x=57, попередньо визначені за кількістю хромосом.

Встановлена плоїдність колекційних зразків видів роду *Miscanthus* для створення нових поліплоїдних рядів і селекції високопродуктивних клонів.

**Мінливість за рівнем плоїдності геному популяцій
Miscanthus x giganteus другого року вегетації**

№ п / п	Вид міскантусу і зовнішній стандарт	Експе- римен- тальні номери	Об'єкт дослід- ження	Кількість проведених аналізів	Мах ДНК (Mean)** на каналах АП «Partec»			Мінливість коефіцієнту варіації (CV), %	Плоїдність
					50, 100	150, 300	200, 400		
1	Зовнішній стандарт* сорго зернове 2х=20		про- ростки насіння	6	50, 20- 52, 65			3,05- 14,72	2х
2	<i>Miscanthus sinensis</i>	2-1; 2- 10	генера- тивні пагони	7		150,10		5,62- 15,81	2х
3	<i>Miscanthus x giganteus</i> «Austria»	7-1;7-19	листя	19		145,43- 160,0		4,98- 9,01	3х
4	<i>Miscanthus x giganteus</i> «Austria»	8-25	листя	51		133,63- 188,68	221 ,69	3.43- 7.27	3х 3х- n*** 3х+n* ***4х
5	<i>Miscanthus x giganteus</i> «Poland»	3-1; 3-3; 3-7	ризоми	30		151,07- 158,09		2,52- 5,96	3х
6	<i>Miscanthus x giganteus</i> «Poland»	3-9; 3- 14	ризоми	20		141,02- 178,99		5,83- 7,88	3х 3х-n 3х+n
7	<i>Miscanthus x giganteus</i> «Poland»	4-2; 4-6; 4-9; 4- 11; 4-12	ризоми	50		143,15- 180,13		3,09- 11,16	3х 3х+n 3х-n

Примітка: * - 20-тихромосомна лінія сорго зернового сорту «Дніпровський» 2х=20, як зовнішній стандарт визначена за кількісним вмістом ядерної ДНК;

** - середнє значення інтенсивності флуоресцентності основної фракції ДНК, що відповідає кількісним класам при даному коефіцієнті варіації;

*** - гіпоанеуплоїдний стан геному в популяції *Miscanthus x giganteus* при вегетативному розмноженні ризомами;

**** - гіперанеуплоїдний стан геному в популяції *Miscanthus x giganteus*.

4.2.2. Клональне мікророзмноження міскантусу

Метод клонального мікророзмноження з успіхом використовується для розмноження і отримання посадкового безвірусного матеріалу з різних видів рослин. За даними досліджень на багатьох культурах встановлено, що у репродукованої культури тканин не зустрічаються видимі морфологічні відхилення. Зберігається специфіка вуглеводного обміну, який характерний для вихідної материнської форми. Культивування майже не змінює якісний склад білків. Генетична стабільність ізолюваних клонів спостерігається навіть після багатьох пасажів, що відкриває великі можливості для відтворення і збереження генофонду рослин [186, 42].

Важливу роль для клонального мікророзмноження відіграють такі фактори, як видові особливості, походження експланта, склад живильного середовища і фізичні умови культивування. Відомо, що здатність рослини до розмноження, як і будь-яка інша ознака, генетично детермінована, чим пояснюється різноманітність поведінки рослин різних видів у культурі ізолюваних тканин і органів.

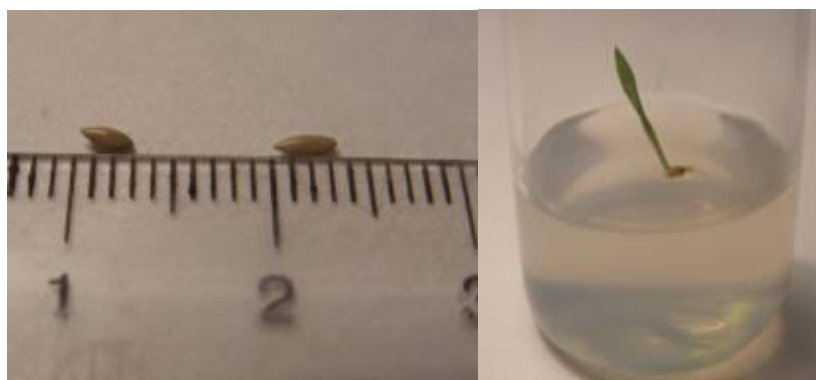
Живильне середовище – важливий фактор успішного культивування ізолюваних органів, тканин і клітин рослин. Основними компонентами живильних середовищ є мінеральні солі (макро- і мікроелементи), джерело вуглеводного живлення (сахароза або глюкоза), вітаміни і регулятори росту.

Вихідним матеріалом було використано насіння міскантусу диплоїдних форм міскантусу китайського ($2n=38$), цукроквіткового ($2n=38$), гібридів фірми «Jelitto»: китайський Late, китайський Early, китайський New, китайський Silberspinne, бруньки ризом гігантського ($2n=3x=57$) II-го року вегетації.

Лабораторна схожість насіння даних селекційних зразків була встановлена згідно ДСТУ 3225-96.

Для стерилізації насіння міскантусу, його обробляли розчином сулеми (дихлорид ртуті), масовою часткою 0,1% упродовж 30 хв., або розчином «Білізна», масовою часткою 30%, за експозиції 30-40 хв. Для підвищення ефекту стерилізації застосовували попередню обробку насіння слабким розчином KMnO_4 – 2-3 хв. та ультрафіолетовим опроміненням 30 хв. Після стерилізації насіння промивали 4 рази з інтервалом 15-20 хв. стерильною дистильованою водою. Простерилізоване насіння висаджували на поживне середовище МС без гормонів.

Бруньки, отримані з ризомів міскантусу гігантського, попередньо промивали у мильному розчині 30 хв., потім – розчином KMnO_4 0,005% – 10 хв. Стерилізацію проводили розчином сулеми, масовою часткою 0,2% з експозицією 60-70 хв. Зразки промивали стерильною дистильованою водою упродовж 60 хв. 4 рази. Стерильні бруньки ризомів висаджували на живильне середовище МС№1 [106] (рис. 38-39).



а)

б)

Рис. 38. Введення в культуру *in vitro* насіння міскантусу:
а) насіння, б) проростання насіння

Культивування селекційних зразків проводили в термальному приміщенні за температури $24 \pm 2^\circ\text{C}$, освітленні інтенсивністю 3000-4000 лк і 16-годинному фотоперіоді. Після появи проростків міскантусу в стерильних умовах ламінарної камери їх виймали з колб, скальпелем відсікали насінину з коренем, а пагін висаджували на модифіковане живильне середовище МС з додаванням мезоінозиту 100 мг/л, 6-бензиламінопурину (БАП) 0,5 мг/л, кінетину 1 мг/л та цукрози 30 г/л для проліферації додаткових пагонів.



а)

б)

Рис. 39. Ризоми міскантусу гігантського а) та відокремлені бруньки б)

Після проростання стерильних сплячих бруньок їх звільняли від поверхневих захисних лусок та переносили на модифіковане живильне середовище для росту (рис. 40).

Як показали дослідження, найбільш ефективним стерилізуючим засобом для насіння міскантусу є розчин сулеми в концентрації 0,1% і експозиції 30 хв., що забезпечує 98-100% стерильного насіння, але за даного способу стерилізації визначається дуже низька схожість простерилізованого насіння.

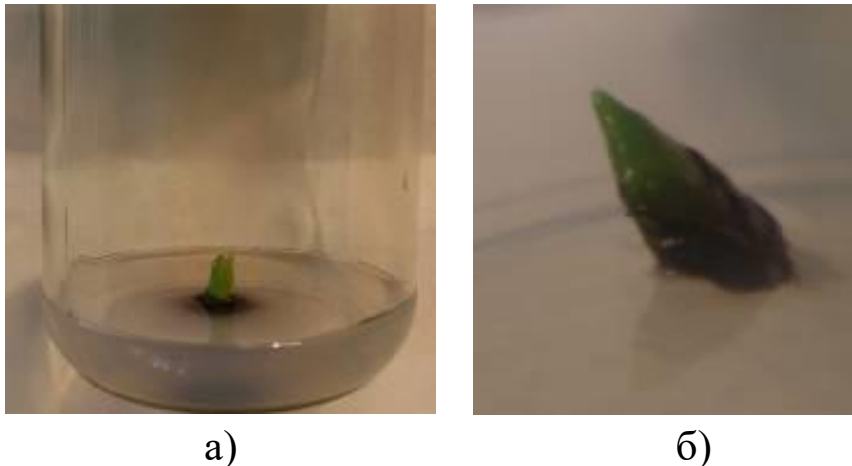


Рис. 40. Проростання бруньки із ризомів міскантусу гігантського: а) звичайний вигляд; б) збільшений вигляд

Як видно з даних (рис. 41), кількість пророслого насіння, за умов стерилізації розчином сулеми, становить від 15% до 64%. За використання розчину «Білизни» масовою часткою 30% за експозиції 50 хв. спостерігається незначне збільшення інфікованості насіння, але вихід схожого насіння, яке можливо використовувати для подальшого клонального мікророзмноження, зростає до 93%.

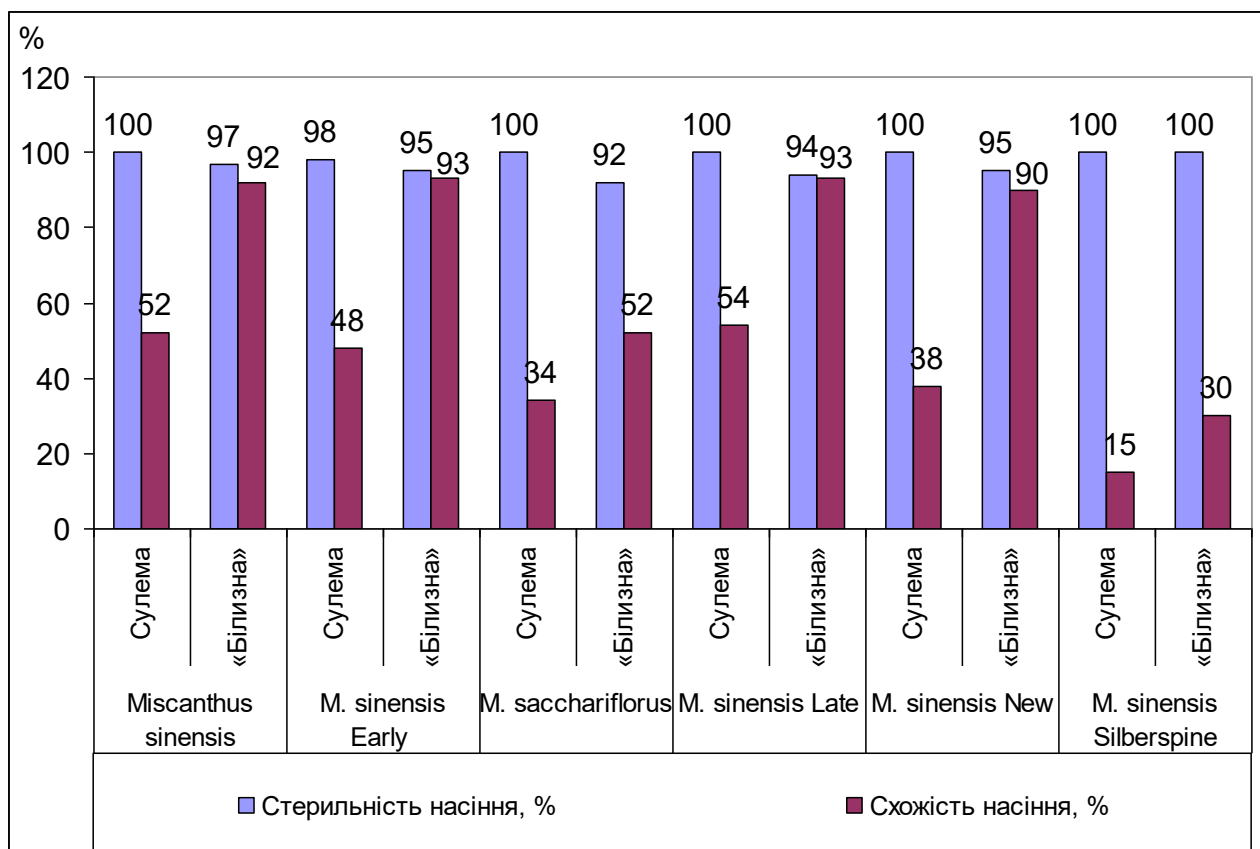


Рис. 41. Стерилізація насіння різних видів міскантусу

Через 3-4 тижні культивування спостерігали утворення додаткових пагонів міскантусу у кількості 2-5 шт. (рис. 42).



Рис. 42. Клональне мікророзмноження міскантусу: а) із ризом, б) з насіння

Під час клонування *in vitro* селекційних зразків міскантусу встановили вплив генотипу на здатність до пагоноутворення. Спостерігали варіювання показників коефіцієнту розмноження, висоти пагонів та здатності до ризогенезу (табл. 21).

Таблиця 21

Клональне мікророзмноження міскантусу *in vitro*

Селекційний номер	Середня кількість новоутворених пагонів, шт.	Середня висота пагонів, см	Укорінення пагонів, %	Середня кількість коренів, шт.	Середня довжина коренів, см
гігантський	8,0	9,5	71,6	4,9	1,3
китайський	9,8	10,5	82,6	6,2	1,1
китайський Early	11,9	5,6	94,2	14,7	1,4
цукроквітковий	9,9	7,5	98,2	12,5	2,2
китайський Late	7,3	6,8	92,9	14,3	1,4
китайський New	7,8	10,0	84,9	7,0	1,2
китайський Silberspine	5,2	12,5	83,4	5,5	1,5

Проведені дослідження показали, що диплоїдні генотипи міскантусу мають більший коефіцієнт розмноження, ніж триплоїдна форма гігантського. Найкращий результат пагоноутворення отримано у міскантусу китайського – 9,8 шт., цукроквіткового – 9,9 шт., китайського Early – 11,9 шт. Кількість новоутворених пагонів у міскантусу гігантського становить 8,0 шт. За однакових умов культивування висота пагонів різних генотипів коливалась в межах 5,6-22,5 см (рис. 43).

Рис. 43. Культура міскантусу китайського ($2n=38$)

Ефективність живильного середовища МС з додаванням нафтилоцтової та індолілоцтової кислот у концентрації 0,6-0,8 мг/л та цукрози – 30 г/л була досить високою, утворення коренів спостерігали на 10-14 добу у всіх дослідних генотипах. Більшу коренеутворюючу здатність мали міскантус китайський *Late*, китайський *Early*, цукроквітковий – 92,9-98,2%. Клони даних селекційних зразків утворювали від 12,5 до 14,7 коренів на один пагін

за довжини 1,4-2,2 см (рис. 44). Коренеутворююча здатність пагонів міскантусу гігантського була теж достатньою і становила 71,6% укорінених рослин, які мали до 4,9 коренів довжиною 1,3 см.

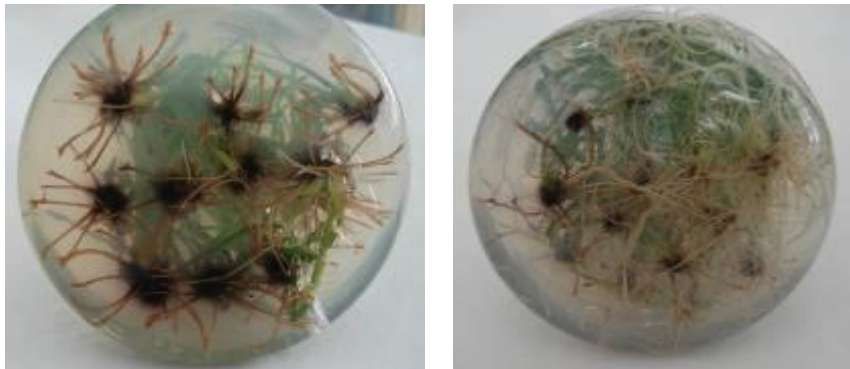


Рис. 44. Ризогенез в культурі *in vitro* міскантусу

Останній етап процесу клонального мікророзмноження — адаптація укорінених рослин до нестерильних умов ґрунту.

Укорінені рослини міскантусу гігантського, за висоти пагонів до 10 см та розвиненої кореневої системи не менше 4-5 коренів за середньої довжини 1,1-1,5 см, висаджували для адаптації в ґрунтово-перлітну суміш у кліматичні бокси (рис. 45). Коефіцієнт приживаності становив 99%.



Рис. 45. Адаптація міскантусу гігантського в ґрунтово-перлітній суміші

За посадки укорінених рослин з *in vitro* у ґрунт необхідною умовою є накривання їх ізоляційними ковпачками для створення мікроклімату на 7-10 діб (рис. 46).



а)



б)

Рис. 46. Посадка культуральних рослин міскантусу гігантського в ґрунт: а) захист культуральної розсади, б) рослини через 10 днів

За контрольний варіант було взято рослини міскантусу гігантського, отримані з ризомів. Перший варіант (I) – рослини міскантусу гігантського з *in vitro*, адаптовані у перлітно-ґрунтовій суміші. Другий варіант (II) – рослини міскантусу гігантського з *in vitro* без адаптації.

Як показали дослідження, приживлюваність рослин була досить високою на трьох варіантах і становила 79-95% (табл. 22).

Таблиця 22

Особливості розвитку рослин міскантусу гігантського різного способу розмноження

Варіант	Коефіцієнт приживлюваності, %	Місяць вегетації	Кількість пагонів, шт.	Висота рослин, см	Кількість листків, шт.	Довжина листків, см	Ширина листка, см
Контроль	95	I	2	64	5	32	1,3
		II	4	81	6	43	1,3
		III	5	102	9	54	1,4
I варіант	92	I	2	28	7	15	0,5
		II	6	60	9	29	0,7
		III	9	84	9	40	0,8
II варіант	79	I	4	38	7	20	0,6
		II	5	69	9	36	0,8
		III	11	90	10	42	0,9
НІР ₀₅		I	1,61	15,95	1,72	7,74	0,10
		II	2,40	17,90	1,33	8,67	0,10
		III	4,14	13,62	1,41	7,11	0,08

Розвиток рослин міскантусу гігантського, отриманих методом клонального мікророзмноження за перший місяць вегетації, поступається розвитку рослин, отриманих з ризомів по всіх показниках. У кінці третього місяця вегетації рослини міскантусу з *in*

vitro мають показники наростання, які співпадають з показниками контролю другого місяця вегетації.

Активне утворення пагонів у культуральних рослин спостерігали в другій половині вегетаційного періоду. Рослини І-ІІ варіанту перевищували показники контрольного варіанту за кількістю пагонів, утворених за вегетаційний період, у 2 рази. Це пояснюється дією цитокінінів живильного середовища, які були накопичені у тканинах міскантусу гігантського в процесі культивування *in vitro* (рис. 47).



а)



б)

Рис. 47. Рослини міскантусу гігантського на 3-й місяць вегетації: а) з ризом; б) з культури *in vitro*

Порівнюючи І та ІІ варіанти, можна зазначити, що акліматизовані рослини мають нижчі показники наростання біомаси упродовж всього вегетаційного періоду. Пошкодження кореневої системи рослин міскантусу за перенесення із боксів, де проводилась адаптація, у ґрунт викликає затримку ростових процесів рослин і зменшує показники наростання висоти рослин на 4 см, довжини листків на 2 см, ширини листків на 0,1 см та формує на 3 пагони менше.

Польові дослідження показали, що приживлюваність культуральних рослин без адаптації була досить високою у всіх генотипів і становила 88,0-98,3% (табл. 23). У кінці вегетаційного періоду висота рослин різних форм міскантусу варіювала в межах 65-127 см, при цьому кількість пагонів становила від 6 до 12 шт.

**Розвиток рослин міскантусу з *in vitro* в умовах *in vivo* без
акліматизації**

Селекцій- ний номер	*, %	Місяць вегетації	К-сть пагонів, шт.	Висота рослин, см	К-сть листіків, шт.	Довжина листіків, см	Ширина листка, см	**, %
китайський	98,3	I	4	35	5	21	0,4	99
		II	7	77	8	41	0,6	
		III	12	127	8	68	0,8	
китайський Early	88,0	I	3	17	5	11	0,5	79
		II	4	38	6	20	0,7	
		III	7	95	8	47	1,2	
цукроквіт- ковий	92,5	I	4	31	5	20	0,6	98
		II	5	48	6	33	0,8	
		III	9	65	6	44	0,9	
китайський Late	93,3	I	3	26	5	16	0,6	94
		II	3	46	7	26	0,8	
		III	6	75	8	39	1,1	
* - коефіцієнт приживлюваності, ** - коефіцієнт витривалості до холоду								

На зимовий період однорічні рослини міскантусу з *in vitro* залишили неукритими. Підрахунок рослин, які перезимували, проводили у квітні 2014 року. Кількість рослин, які вимерзли, була незначною. Коефіцієнт витривалості до холоду становив 79-99%.

4.2.3. Добір форм міскантусу, толерантних до сольового стресу в умовах *in vitro*

Солетолерантність генотипів міскантусу в умовах *in vitro* оцінювали на живильних середовищах з додаванням NaCl (концентрація 0,25-2,0%), термін культивування 4 тижні. Для оцінки ступеня солетолерантності використовували параметри кількості та довжини новоутворених пагонів, їх життєздатність, вміст фотосинтетичних пігментів (хлорофілу «a» (665 нм) та «b» (649 нм)) в листках (пагонах *in vitro*) спектрофотометричним методом, активність каталази та пероксидази за Х.М. Починком [92]. Досліди проводили у п'ятикратній повторності.

За незначної кількості солей в живильному середовищі (0,25%; 0,5%) спостерігали збільшення показників ростових процесів у всіх генотипах впродовж 4 тижнів культивування. За збільшення концентрації солі (1,0; 1,5%) відзначали пожовтіння листків та незначний некроз тканин пагонів міскантусу (рис. 48). Концентрацію солі NaCl 2,0% в живильному середовищі витримували тільки міскантус китайський та цукровітковий. Життєздатність пагонів

становила 40%, висота пагонів в середньому варіювала від 3,0 до 3,5 см.



Рис. 48. Культивування пагонів міскантусу на сольовому стресі різних концентрацій

Життєздатність пагонів на контрольному середовищі (без NaCl) відрізнялась на всіх зразках міскантусу і становила 85-100%. На середовищі з 1,0% NaCl життєздатність пагонів знижувалась на 6-47% у всіх генотипах. Найменшу чутливість до засолення (1,0% NaCl) в культурі *in vitro* показали міскантус китайський – 6%, гігантський – 9%, китайський Early – 10%, китайський Silberspinne – 12% відносно контролю. За засолення в 1,5% у живильному середовищі спостерігали зменшення кількості живих пагонів на 14-68% в порівнянні з контрольним варіантом (міскантус китайський Early – 14%, китайський Silberspinne – 20%, гігантський, китайський – 21%, китайський Late – 22%, цукроквітковий – 42%, китайський New – 68%).

Порівнюючи показники висоти пагонів всіх зразків міскантусу на селективних середовищах з контролем, варто зазначити, що спостерігали незначне зменшення наростання на 0,1-1,7 см.

Але при цьому суттєво знизилось пагоноутворення на живильному середовищі з 1,0% засоленням у всіх генотипах на 0,2-1,3 клонів/пагін та на селективному середовищі з 1,5% NaCl у генотипах міскантусу китайського, китайського Late, китайського Silberspinne на 0,8 клонів/пагін, у гігантського, китайського Early, цукроквіткового, китайського New – на 1-1,4 клонів/пагін.

За культивування пагонів міскантусу на селективних середовищах за сукупністю ознак можна виділити як солетолерантні такі види: китайський, китайський Late та китайський Silberspinne.

За визначення вмісту хлорофілів «a» і «b» в пагонах міскантусу *in vitro* встановлено, що за засолення 1,0% у середовищі спостерігається зростання показника хлорофілу «a» порівняно з контрольним варіантом у міскантусу гігантського та китайського Late на 0,07 та 0,04 мг/г сирої маси, а на засоленні 1,5% – на 0,06 та 0,02 мг/г сирої маси відповідно, що показує їх деяку толерантність до засолення субстрату. У генотипах міскантусу китайського, китайського Early, цукроквіткового, китайського New, китайського Silberspinne вміст хлорофілу «a» зменшується за збільшення кількості солі. Різниця в порівнянні з контрольним варіантом становить 0,04-0,14 мг/г сирої маси на середовищі з 1,0% NaCl та 0,04-0,15 мг/г сирої маси за 1,5% NaCl (табл. 24).

Таблиця 24

Визначення вмісту хлорофілів у рослинах міскантусу з культури *in vitro*

Селекційний номер	Варіант середовища	Вміст хлорофілу «a», мг/г сирої маси	Вміст хлорофілу «b», мг/г сирої маси	Сумарний вміст хлорофілів «a» і «b», мг/г сирої маси
гігантський	Контроль	0,222	0,346	0,568
	1,0% NaCl	0,295	0,128	0,423
	1,5% NaCl	0,289	0,106	0,395
китайський	Контроль	0,285	0,136	0,421
	1,0% NaCl	0,166	0,166	0,332
	1,5% NaCl	0,160	0,157	0,317
китайський Early	Контроль	0,259	0,244	0,503
	1,0% NaCl	0,107	0,053	0,160
	1,5% NaCl	0,095	0,053	0,148
цукроквітковий	Контроль	0,268	0,087	0,354
	1,0% NaCl	0,155	0,041	0,195
	1,5% NaCl	0,143	0,043	0,186
китайський Late	Контроль	0,127	0,076	0,202
	1,0% NaCl	0,160	0,066	0,225
	1,5% NaCl	0,146	0,063	0,209
китайський New	Контроль	0,270	0,190	0,461
	1,0% NaCl	0,186	0,077	0,262
	1,5% NaCl	0,145	0,043	0,188
китайський Silberspinne	Контроль	0,230	0,107	0,337
	1,0% NaCl	0,194	0,085	0,279
	1,5% NaCl	0,189	0,075	0,264

Вміст хлорофілу «*b*» дещо збільшується в порівнянні з контролем у міскантусу китайського Early на 0,03 мг/г сирої маси за засолення 1,0-1,5% NaCl. У всіх інших генотипах міскантусу знижується на 0,01-0,22 мг/г сирої маси за 1,0% NaCl та на 0,01-0,24 мг/г сирої маси за 1,5% NaCl. Тенденція до зниження величин сумарного вмісту хлорофілу «*a*» і «*b*» спостерігалась майже у всіх генотипів, окрім міскантусу китайського Late. Найбільш стабільні показники вмісту хлорофілів показали міскантус гігантський, китайський Late.

Одним з важливих факторів толерантності до стресів є активність оксидоредуктаз (пероксидаза та каталаза) (табл. 25). Із даних таблиці видно, що за засолення живильного середовища 1,0% NaCl активність каталази збільшується на 5,07-113,1 мкМ у всіх селекційних зразках, крім міскантусу китайського (спостерігали зменшення показника активності каталази на 60,4 мкМ порівняно до контролю).

За засолення живильного середовища 1,5% NaCl активність каталази також збільшувалась у всіх селекційних зразках на 1,8-91,2 мкМ, крім міскантусу китайського, у якого відмічали зменшення активності ферменту на 55,4 мкМ в порівнянні з контролем.

У результаті оцінки ступеня пригнічення активності даного ферменту за засолення 1,0% NaCl виявили, що найбільш стабільною функціональною активністю каталаз характеризувались пагони міскантусу гігантського, китайського Silberspinne, китайського Late, китайського Early (180,17, 193,74, 193,85, 236,95% від контролю відповідно). На середовищі з 1,5% NaCl найбільш стабільною функціональною активністю ферменту характеризувались пагони міскантусу цукровіткового, китайського Late, китайського New та китайського Silberspinne (279,15; 193,85; 158,69 та 176,60% відповідно від контролю).

Активність пероксидази за засолення 1,0% хлоридом натрію живильного середовища збільшувалась у міскантусу китайського, китайського Early, цукровіткового та китайського New на 18,9 мкМ, 12,6 мкМ, 4,4 мкМ та 8,8 мкМ відповідно до контролю. У інших селекційних номерах спостерігали зменшення на 3,1-10,1 мкМ.

На живильному середовищі з 1,5% NaCl активність пероксидази змінювалась дещо інакше. Зменшення активності цього ферменту в порівнянні з контролем спостерігали тільки у міскантусу китайського Late на 6,9 мкМ. У інших селекційних номерах визначали збільшення ферментної активності на 0,6-17,0 мкМ порівняно з контролем.

**Показники активності ферментів у пагонах міскантусу
за засолення в культурі *in vitro***

Селекційний номер	Варіант середовища	Активність каталази, мкМ перекису водню, яка розкладає 1 г наважки за 1 хв	% від контролю	Активність пероксидази, мкМ гваяколу, окисленого 1 г наважки за 1 хв	% від контролю
гігантський	Контроль	141,14		34,79	
	1,0% NaCl	254,29	180,17	31,63	90,92
	1,5% NaCl	142,98	101,30	49,97	143,63
китайський	Контроль	133,93		47,44	
	1,0% NaCl	73,50	54,88	66,41	139,99
	1,5% NaCl	78,51	58,62	59,46	125,34
китайський Early	Контроль	43,54		54,40	
	1,0% NaCl	103,18	236,95	67,05	123,25
	1,5% NaCl	58,96	135,40	56,29	103,47
цукровітковий	Контроль	50,25		49,97	
	1,0% NaCl	55,32	110,09	54,40	108,87
	1,5% NaCl	140,26	279,15	67,05	134,18
китайський Late	Контроль	54,48		63,25	
	1,0% NaCl	105,61	193,85	56,29	89,00
	1,5% NaCl	105,62	193,85	56,29	89,00
китайський New	Контроль	123,43		54,40	
	1,0% NaCl	158,99	128,81	63,25	116,27
	1,5% NaCl	195,88	158,69	67,05	123,25
китайський Silberspinne	Контроль	119,06		66,41	
	1,0% NaCl	230,66	193,74	56,29	84,76
	1,5% NaCl	210,26	176,60	67,05	100,96

У результаті оцінки ступеня пригнічення активності ферменту пероксидази за засолення 1,0% NaCl виявили, що найбільш збереженою функціональною активністю цього ферменту характеризувалися пагони міскантусу китайського, китайського Early, цукровіткового та китайського New (139,99, 123,25, 108,37, 116,27% до контролю відповідно). За варіанту засолення 1,5% NaCl живильного середовища найбільш збереженою функціональною активністю пероксидази мали пагони міскантусу гігантського, китайського, цукровіткового та китайського New (143,63; 125,34; 134,18 та 123,25% до контролю відповідно).

Для оцінки ступеня солетолерантності пагонів міскантусу етап укорінення проводили на живильному середовищі МС з додаванням ауксинів і селективного реагенту (1,0%; 1,5% NaCl). Для оцінки ризогенезу визначали такі параметри як: кількість, довжину, масу коренів, вміст сухої речовини в рослинах.

Пагони міскантусу почали утворювати корені на контрольному варіанті (середовище без NaCl) на 10-12 день, присутність NaCl у середовищі затримувало процеси ризогенезу на 4-8 діб у всіх досліджуваних селекційних зразках (рис. 49). Здатність до утворення коренів в культурі *in vitro* є генотиповою ознакою, тому укорінення різних видів міскантусу на контрольному середовищі коливалось від 56-100%, маса коренів становила 0,02-0,2 г, довжина коренів змінювалась від 1,1 до 5,8 см, кількість коренів – 2,4-5,2 шт./пагін (залежно від генотипових особливостей рослин). За додавання у живильне середовище 1,0% NaCl спостерігали пригнічення здатності до ризогенезу у всіх видів міскантусу. За 1,0% NaCl укорінення пагонів коливалось в межах 19-70%, маса коренів становила 0,01-0,04 г, довжина коренів змінювалась від 0,4 до 2,1 см, кількість коренів – 1,7-4,3 шт./пагін. За 1,5% NaCl у середовищі укорінення пагонів коливалось в межах 14-59%, маса коренів становила 0,001-0,01 г, довжина коренів змінювалась від 0,4 до 1,6 см, кількість коренів – 1,1-2,3 шт./пагін. У міскантусу китайського New за 1,5% NaCl ризогенез не спостерігався, що вказує на його вразливість до абіотичного стресу.



Рис. 49. Ризогенез міскантусу в культурі *in vitro* на сольовому стресі

Середня довжина коренів зменшувалась у всіх генотипах на обох варіантах живильного середовища в середньому на 0,5 см. Було визначено, що генотипи, які показали високий потенціал укорінення

рослин, мають високі показники кількості утворених на засоленні коренів. Найвищі показники по укоріненню рослин та по кількості коренів були отримані у генотипах міскантусу китайського, китайського Early, китайського Silberspinne.

Ще одним показником толерантності є вміст сухої речовини, яку накопичує рослина в стресових умовах (табл. 26). Найбільший вміст сухої речовини на контролі мали міскантус гігантський, китайський, китайський Silberspinne – 16-20%. Варто зазначити, що генотипи міскантусу китайського Early і китайського Late мали найменшу втрату сухої речовини (1-2%) за культивування пагонів на засоленні порівняно до контролю.

Таблиця 26

Укорінення міскантусу на сольовому стресі

Селекційний номер	Варіант середовища	Укорінення рослин, %	Маса коренів, г	Середня довжина коренів, см	Кількість коренів, шт./пагін	Вміст сухої речовини укорінених <i>in vitro</i> рослин, %
гігантський	Контроль	100	0,075	5,8	5,2	16,07
	1% NaCl	67	0,012	1,1	3,8	14,79
	1,5% NaCl	29	0,001	1,4	1,3	12,85
китайський	Контроль	100	0,043	2,0	2,4	16,48
	1% NaCl	70	0,040	1,3	4,3	13,30
	1,5% NaCl	59	0,010	1,2	2,3	12,47
китайський Early	Контроль	60	0,031	1,5	4,0	13,68
	1% NaCl	54	0,017	0,8	2,2	12,38
	1,5% NaCl	46	0,010	0,4	1,4	12,03
цукро-квітковий	Контроль	57	0,215	4,9	3,8	12,54
	1% NaCl	40	0,023	1,9	2,6	11,71
	1,5% NaCl	20	0,010	1,0	1,1	9,83
китайський Late	Контроль	63	0,019	1,5	2,5	14,08
	1% NaCl	50	0,016	1,1	1,9	13,98
	1,5% NaCl	14	0,010	1,6	2,0	13,75
китайський New	Контроль	56	0,044	1,1	3,6	15,17
	1% NaCl	19	0,013	0,4	1,7	12,02
	1,5% NaCl	-	-	-	-	-
китайський Silberspinne	Контроль	93	0,020	2,7	2,6	20,21
	1% NaCl	57	0,009	2,1	2,5	16,39
	1,5% NaCl	50	0,004	0,8	1,4	16,30
НІР ₀₅		-	-	0,28	1,14	-

Таким чином, було виділено 5 генотипів міскантусу з ознакою толерантності до сольового стресу у живильному середовищі (1,5% NaCl): міскантус гігантський, китайський, китайський Late, китайський Early, китайський Silberspinne.

4.2.4. Створення вихідного поліплоїдного матеріалу міскантусу методом поліплоїдизування *in vitro*

Колхіцин є токсичною речовиною, яка не тільки викликає поліплоїдизування клітин, а й значно пригнічує життєздатність пагонів міскантусу. За тривалого культивування пагонів міскантусу на живильному середовищі з низькими концентраціями колхіцину 0,01-0,02% спостерігається 100% загибель пагонів. Тому для отримання поліплоїдних форм міскантусу були застосовані експозиції 7 і 12 год. При культивуванні пагонів міскантусу на живильному середовищі МС з додаванням 0,02% колхіцину за експозиції 7 годин було отримано 10% життєздатних пагонів, за експозиції 12 годин – 5% (рис. 50).



Рис. 50. Культивування пагонів міскантусу на середовищі з колхіцином

На основі проведених цитологічних аналізів пагонів міскантусу, оброблених колхіцином у живильному середовищі, встановлено, що відсоток пагонів, які не змінили рівень плоїдності, становить на I варіанті від 37,5% до 66,7%, на II варіанті від 16,6% до 44,5%. Отримано поліплоїдних зразків 6,6-31,3% на I варіанті, 6,2-38,5% на II варіанті (табл. 27).

Незважаючи на велику токсичність концентрації колхіцину 0,02% (за експозиції 12 год.) у живильному середовищі і низький вихід життєздатних пагонів міскантусу, дана концентрація є результативною в отриманні тетраплоїдних форм у різних селекційних форм.

Таблиця 27

Вплив колхіцину на зміну плоідності пагонів *in vitro* міскантусу

Селекційний номер	Кількість поліплоїдизованих рослин, %					
	I варіант			II варіант		
	2х	2х4х	4х	2х	2х4х	4х
китайський	54,5	36,4	9,1	23,1	61,5	15,4
китайський Early	66,7	26,7	6,7	44,5	44,5	6,3
китайський Late	37,5	31,3	31,3	23,0	38,5	38,5

За літературними даними для поліплоїдизування біоенергетичних рослин використовується оризолін, який є менш токсичним мутагеном і забезпечує вищу життєздатність культуральних пагонів (табл. 28).

Таблиця 28

Вплив оризоліну в агаризованому середовищі на життєздатність пагонів міскантусу

Селекційний номер	Варіант	Живих пагонів				Коефіцієнт розмноження, шт./пагін		
		I пас.		II пас.		I пас.	II пас.	III пас.
		шт.	%	шт.	%			
китайський	Контроль	20	100	20	100	12	11	14
	I	18	90	18	90	3	2	13
	II	15	75	15	75	3	3	12
	III	17	85	15	75	3	3	11
	IV	10	50	10	50	2	1	4
китайський Early	Контроль	20	100	20	100	17	16	16
	I	15	75	10	50	5	7	14
	II	10	50	10	50	3	7	11
	III	10	50	8	40	2	8	12
	IV	10	50	5	25	1	4	11

Як видно з таблиці 28, найбільший вихід живих пагонів спостерігався за умов культивування на живильному середовищі з масовою часткою оризоліну 0,02% з експозицією 8 діб культивування, що залежить від генотипу, і варіював від 75% до 90%. За збільшення експозиції культивування до 17 діб життєздатність пагонів знижувалась до 50-85%. Збільшення концентрації оризоліну в середовищі до 0,05% зменшувала життєздатність пагонів до 50-85%. Внаслідок післядії оризоліну життєздатність пагонів міскантусу знижувалась і у другому пасажі, за різних експозицій, становила від

25% до 90%. Спостерігався частковий некроз листків і повне відмирання пагонів.

Фенологічні спостереження за ростом і розвитком оброблених оризоліном пагонів показали, що дана речовина, накопичена у тканинах пагонів, пригнічує їх ріст та призводить до утворення додаткових пагонів (рис. 51).

Коефіцієнт розмноження пагонів на I пасажі за різних умов поліплоїдизування падав до 2-3 шт./пагін у міскантусу китайського і до 1-5 шт./пагін у китайського Early, порівняно до контролю, де коефіцієнт розмноження в середньому був 11,8 та 17,4 шт./пагін відповідно. Тільки на III пасажі культивування спостерігалось часткове відновлення пагоноутворення до показників контрольного варіанту.



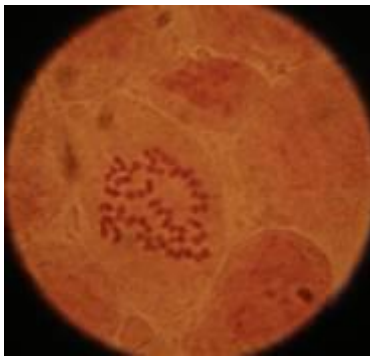
Рис. 51. Поліплоїдизування міскантусу *in vitro* з оризоліном:
а) китайського, б) китайського Early

За результатами досліджень були відібрані 28 пагонів, які за габітусом мали потовщене листя і збільшену зону кушіння, в подальшому вони були клонально розмножені і проаналізовані на рівень плідності (рис. 52).

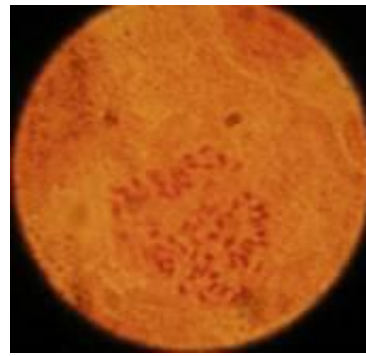
Визначення рівня геному експериментальних зразків міскантусу проводили цитологічним методом на тимчасових давлених препаратах меристем культуральних пагонів у IV пасажі після поліплоїдизування.

За вирощування поліплоїдних форм міскантусу, яке проводилося в умовах Ялтушківської ДСС, було визначено, що приживлюваність рослин вихідних диплоїдних форм і поліплоїдизованих з *in vitro* майже не відрізнялись. Але поліплоїдизовані рослини відрізнялись від контрольних за висотою і кількістю утворених пагонів, за забарвленням листків. Зміна рівня плідності викликала нові ознаки в розвитку габітусу рослин. Висота

у тетраплоїдних рослин міскантусу китайського була зменшена на 15 см. Контрольні рослини мали висоту рослин в середньому 127 см, а тетраплоїдні – 112 см.



а)



б)

Рис. 52. Метафазні пластинки міскантусу китайського ($2n=38$) а) та гігантського ($2n=4x=76$) б)

При цьому спостерігали збільшення кількості пагонів у міскантусу китайського з 12 шт. на контролі до 18 шт. у поліплоїдів. Дана тенденція була характерна і для інших генотипів, у яких кількість пагонів зростала на 4-6 шт. Збільшення утворення пагонів у поліплоїдних рослин може бути генетичною ознакою, яка виникла внаслідок нового стану геному.

Забарвлення листків рослин змінювалось зі світло-зеленого у вихідних форм на темно-зелені у поліплоїдизованих (рис. 53).



а)



б)

Рис. 53. Поліплоїдні форми міскантусу II рік вегетації:
а) китайського *Late*, б) китайського *Early*

Подальші спостереження за розвитком даних рослин показали, що вони відрізняються фазою цвітіння та утворенням міксоплоїдних пагонів. Це свідчить про змінений стан геному та нові ознаки репродукції.

РОЗДІЛ 5

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ

МІСКАНТУСУ

5.1. Контроль вологості ґрунту за використання абсорбенту

Шляхами поповнення запасів води в ґрунті є опади, зрошення або використання абсорбентів, які вносять перед садінням або в період садіння ризом у ґрунт. Оскільки на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, яке розміщене в зоні нестійкого зволоження, зрошення відсутнє, для вологозабезпечення ризом використано абсорбент MaxiMarin.

Забезпечення рослин міскантусу водою має дуже важливе значення для підвищення фотосинтетичної діяльності рослин, що відповідає за активацію процесів життєдіяльності і збільшення листової поверхні [2] і, відповідно, продуктивності культури.

Гранули та гель абсорбенту MaxiMarin поглинають і утримують у собі кількість рідини, яка в сотні разів перевищує їх власну масу, а під час засухи віддають цю воду рослинам, що створює сприятливі умови для максимальної приживлюваності садивного матеріалу, дозволяє підвищити продуктивність у перший рік вегетації, а також забезпечить доступною, і в необхідній кількості, водою на період посухи, зменшить контрасти коливання вологозабезпечення рослин в період вегетації.

Абсорбент MaxiMarin не розчиняється у воді, зшитий сополімер поліакриламідом і поліакрилату калію, який має живильний гуматовий компонент природного походження. Препарат оптимізує ріст рослин завдяки значному зниженню втрат води у разі випаровування, особливо в жорстких умовах ґрунту з різкими перепадами температури та вологості [73].

Встановлено, що внесення абсорбенту MaxiMarin у ґрунт перед садінням ризом сприяло кращій забезпеченості рослин водою. В усіх фазах росту і розвитку рослин вологість ґрунту у варіанті з використанням абсорбенту була вищою порівняно з контролем – без застосування абсорбенту за обох строків садіння.

Істотно вищою вологість ґрунту була у фазу повних сходів та куціння за обох строків садіння ризом. За першого (I-III декада квітня) строку садіння у фазу повних сходів якщо в контролі

вологість ґрунту становила 10,2%, то за замочування ризом у гелі вона підвищилася на 0,9% і становила 11,1% ($НІР_{0,05 \text{ абсорбент}} = 0,8\%$). За внесення гранул у ґрунт та спільного використання гранул у ґрунт і замочування ризом у гелі вологість ґрунту істотно підвищувалася порівняно з контролем. Аналогічні результати отримані за другого (ІІІ декада квітня - ІІ декада травня) строку садіння ризом.

Істотно вищою вологість ґрунту була у фазу куціння та виходу в трубку за обох строків садіння ризомів при застосуванні гранул в ґрунт та спільно гранул і гелю абсорбенту. За першого строку садіння у фазу куціння якщо в контролі вологість ґрунту становила 11,7%, то при внесенні гранул вона підвищилася на 2,5% і становила 14,2% ($НІР_{0,05 \text{ абсорбент}} = 1,8\%$). За спільного використання – гранул в ґрунт і замочування ризом в гелі вологість ґрунту істотно підвищувалася порівняно з контролем. У фазу виходу в трубку підвищення вологості ґрунту в цих варіантах становило відповідно – 1,3 та 1,6% порівняно з контролем ($НІР_{0,05 \text{ абсорбент}} = 1,0\%$). На період завершення вегетації вологість ґрунту істотно була вищою в усіх варіантах з використанням абсорбенту порівняно з контролем. Істотної різниці з вологістю ґрунту залежно від видів абсорбенту не виявлено.

За роки досліджень отримані аналогічні результати щодо підвищення вологості ґрунту при застосуванні абсорбенту. Особливістю 2016 р. було надмірне зволоження ґрунту в період садіння ризом та отримання сходів, що призвело до зниження ефективності застосування абсорбенту. Особливістю вегетаційного періоду 2017 р. у фазу виходу в трубку була відсутність опадів, що призвело до значного дефіциту вологи, тому вплив абсорбенту, який акумулював вологу ґрунту біля кореневої системи рослини, був значно більшим, ніж в попередні роки досліджень, які характеризувалися достатніми запасами вологи після випадання опадів.

5.2. Вихід маточного садивного матеріалу (кореневищ) за внесення абсорбенту в ґрунт

Якість та вихід садивного матеріалу (кількість ризом) залежить від багатьох факторів: кліматичних (температурний режим і вологозабезпечення) та агротехнологічних умов вирощування, якості ризом, що висаджують, обробки їх захисними препаратами, строків садіння, року вегетації маточників міскантусу (їх віку) та ін.

Фази розвитку. Дослідженнями з настанням фенологічних фаз росту і розвитку рослин доведено, що їх проходження залежало від кліматичних умов в період садіння ризом і отримання сходів, строків садіння та застосування абсорбенту. Строки з'явлення сходів є початком відліку настання всіх наступних фаз росту і розвитку рослин. Садіння ризом міскантусу проводили у два строки: перший – 23.04.2015 р., 13.04.2016 р. і 5.04.2017 р. та другий – 14.05.2015 р., 11.05.2016 р. і 26.04.2017 р. Інтервал між строками садіння відповідно становив 21 та 29 днів. Перші сходи за першого строку садіння почали з'являтися на 21-й день в 2015 р., на 28-й день в 2016 р. та на 35-й день в 2017 р. від початку садіння, а за другого строку садіння – відповідно вже на 14-й день 2015 р., 19-й день 2016 р., та 21-й день 2017 р. від початку садіння.

У 2017 р. садіння ризом за обох строків проводили раніше, ніж в 2015 та 2016 роках, але в 2015 р. перші сходи з'явилися раніше, особливо за першого строку садіння, що зумовлено температурним режимом і вологозабезпеченням в період садіння та отримання сходів (табл. 29).

Таблиця 29

Фенологічні фази росту й розвитку міскантусу залежно від строку садіння ризомів (на добу від дати садіння)

Фази розвитку	Перший строк садіння			Другий строк садіння		
	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.
Відростання	50	63	76	43	42	72
Куціння	82	80	98	75	56	77
Вихід у трубку	100	108	114	95	81	118
Закінчення вегетації	179	193	182	158	168	157

*Примітка * - спостереження проводили в контрольних варіантах.*

Середня добова температура повітря у квітні (перший строк) становила 9,3 °С (2015 р.) і 12,4 °С (2016 р.), у другий строк садіння (травень) середня добова температура повітря була вищою відповідно на 6,9 та 2,2 °С і становила 16,2 °С та 14,6 °С. Можна зробити висновок, що чим більша середня добова температура повітря, тим інтенсивніше з'являються сходи міскантусу. Період садіння та отримання сходів 2017 р. за температурним режимом був

наближеним до середнього багаторічного і характеризувався дефіцитом вологи, який становив 47,0 мм за середнього багаторічного показника 47,0 мм – опади відсутні. Такі умови призвели до значної затримки отримання сходів.

За другого строку садіння ризом середня добова температура повітря та температура ґрунту були вищими, ніж за першого строку, і за майже однакової вологості ґрунту всі фенологічні фази росту і розвитку проходили інтенсивніше порівняно з раннім строком садіння як в 2015 р., так і в 2016 та 2017 рр. Так, в 2015 р. повні сходи з'явилися на 7 діб раніше, фаза кущіння – на 7 діб, а фаза виходу у трубку – на 5 діб; в 2016 р. ці фази розвитку рослин проходили також раніше, відповідно – на 21, 24 та 27 діб. В умовах 2015-2017 рр. до закінчення вегетації рослини міскантусу знаходилися у фазі виходу у трубку. За обох строків садіння фази «викидання волоті» та «цвітіння» у рослин міскантусу не наступили, що зумовлено кліматичними умовами в період вегетації.

Приживлюваність ризом. Критерієм оцінки елементів технології вирощування садивного матеріалу є коефіцієнт його виходу, який залежить від якості висаджених ризом, їх здатності до проростання, приживлюваності та агротехнічних і ґрунтово-кліматичних умов вирощування садивного матеріалу. Висока приживлюваність ризомів разом з ґрунтово-кліматичними та агротехнічними умовами забезпечують оптимальні умови для росту і розвитку рослин та високий коефіцієнт їх виходу.

З'ясовано, що приживлюваність ризом міскантусу залежить від їх розміру, строку садіння та вологозабезпечення – застосування абсорбенту (рис. 54). У середньому за три роки приживлюваність крупніших ризом масою 60–90 г була істотно вищою порівняно з малими ризомами як за першого, так і за другого строку садіння. Навіть в контрольному варіанті (без абсорбенту) приживлюваність крупних ризом була вищою за першого строку садіння в 2,4, за другого строку – на 1,8 раза. Замочування крупних ризом в гелі абсорбенту забезпечило підвищення їх приживлюваності за першого та другого строків садіння в 1,8 раза порівняно з малими замоченими в гелі ризомами. Підвищення приживлюваності великих ризом порівняно з малими отримано за використання гранул абсорбенту та спільного використання гранул та гелю першого строку садіння, відповідно – в 1,7 і 2,1 та другого строку садіння в 1,6 і 1,7 раза. В усіх варіантах з використанням абсорбенту MaxMarin

приживлюваність ризом за обох строків їх садіння була вищою порівняно з контролем.

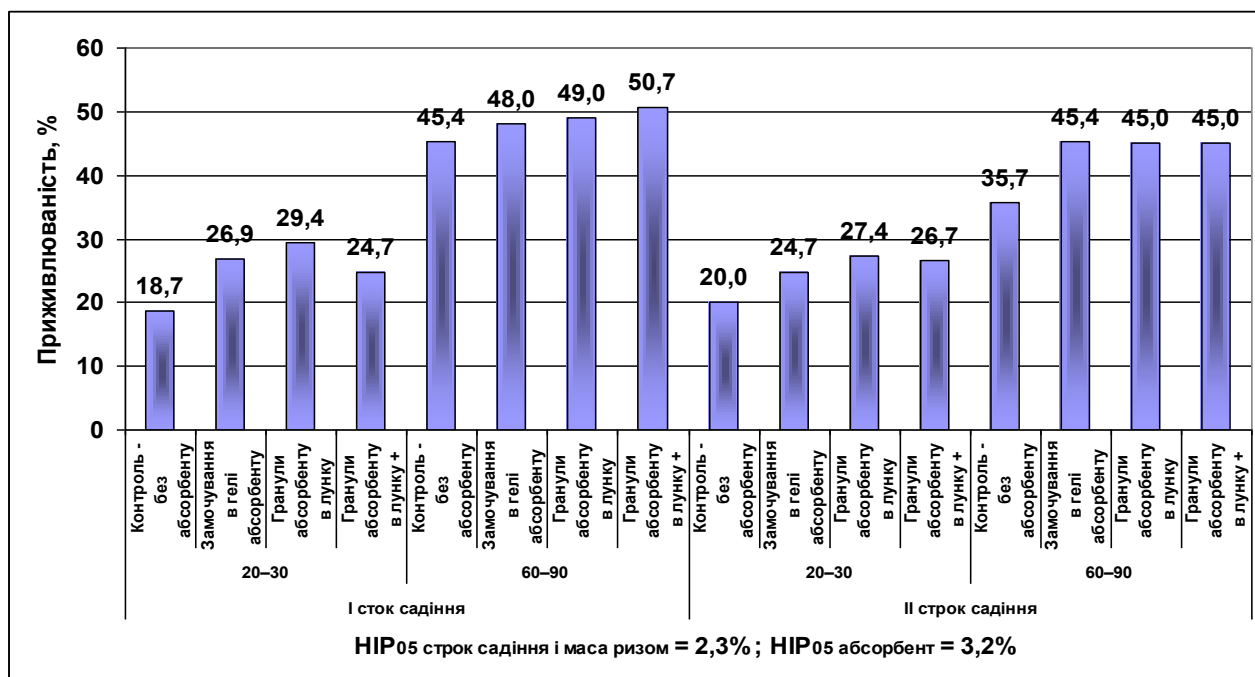


Рис. 54. Приживлюваність ризом міскантусу залежно від елементів технології вирощування міскантусу (середнє за 2015- 2017 рр.)

Погодні умови значно впливали на приживлюваність ризом. У 2015 та 2017 рр. період садіння та отримання сходів був засушливим, дефіцит опадів становив, відповідно – 27 та 47 мм, що вплинуло на приживлюваність ризом. Але навіть в таких умовах приживлюваність ризом за внесення абсорбенту була достовірно вищою порівняно з контролем.

За роками досліджень отримані аналогічні результати, але в 2016 році приживлюваність ризом була значно нижчою, ніж 2015 р., що зумовлено погодними умовами в період садіння ризом.

Період садіння і отримання сходів у вегетаційний період 2016 р. характеризувався надмірним зволоженням – за квітень випало опадів понад 139%, а за травень – 137 % від середнього багаторічного показника та значними запасами продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту – 115-153 мм. Такі умови призвели до утворення цілих водяних блюдець, до вимокання та загнивання висаджених ризом і, відповідно, до зниження приживлюваності ризом. Приживлюваність малих ризом масою 20-30 г була нижчою як за першого, так і за другого строку садіння, порівняно з великими. Так, в контролі приживлюваність малих ризом становила за першого строку садіння

6,0%, за другого строку – 5,0%, великих – відповідно 8 і 9%. Застосування абсорбенту в період садіння ризом сприяло підвищенню їх приживлюваності, але значного зростання цього показника не було. Підсумовуючи результати досліджень, можна зробити висновок, що приживлюваність ризом залежить від їх розміру, строків садіння, застосування абсорбенту, середніх добових температур повітря і кількості опадів.

Динаміка наростання наземної маси. Інтенсивність наростання наземної маси в онтогенезі рослин залежить не лише від метеорологічних умов періоду вегетації, а й від агротехнологічних способів їх вирощування. Встановлено, що приріст висоти рослин міскантусу залежав як від строків садіння ризом, їх величини, так і від використання абсорбенту. У середньому за три роки приріст висоти рослин проходив інтенсивніше при застосуванні абсорбенту, порівняно з контролем, упродовж всіх фаз розвитку, крім фази повні сходи рослин як за першого, так і за другого строку садіння. Так, за обох строків садіння у фазі повні сходи спостерігалася лише тенденція до підвищення висоти рослин залежно від застосування абсорбенту (табл. 30).

У пізніші фази розвитку – кущення, виходу в трубку та на період завершення вегетації застосування абсорбенту забезпечило істотне збільшення висоти рослин порівняно з контролем (без абсорбенту) незалежно від строків садіння. У фазу кушіння за першого строку садіння малих ризом (масою 20-30 г) висота рослин становила на контролі 85,3 см, за сумісного використання гелю та гранул – 93,8 см, або була більшою на 8,5 см, за другого строку ці показники становили відповідно – 89,3, 97,2 см та 7,9 см.

Аналогічні результати отримані за садіння великих ризом (масою 60-90 г) з використанням гранул абсорбенту та сумісного застосування гранул та гелю.

Достовірного впливу на приріст висоти рослин залежно від строків садіння не виявлено в усі фази розвитку рослин, за виключенням фази повні сходи у варіантах з внесенням абсорбенту в ґрунт та спільного застосування гранул і гелю абсорбенту, рослини були істотно вищими за садіння великих ризом (масою 960-90 г) в перший строк порівняно з другим. В інших варіантах досліду спостерігалася лише тенденція збільшення висоти рослин за першого строку порівняно з другим.

**Динаміка висоти рослин (см) залежно від агротехнічних заходів
вирощування міскантусу (середнє за 2015-2017 рр.)**

Маса ризому, г <i>фактор В</i>	Варіант – внесення абсорбенту MaxiMarin – <i>фактор С</i>	Фази розвитку			
		повні сходи	кущін- ня	вихід у трубку	закінчен- ня вегетації
Перший строк садіння (I-III декада квітня) – <i>фактор А</i>					
20–30	Контроль – без абсорбенту	41,0	85,3	109,3	137,8
	Замочування в гелі абсорбенту	44,1	90,6	115,3	143,0
	Гранули абсорбенту в лунку	42,7	92,0	114,1	144,4
	Гранули абсорбенту в лунку + замочування в гелі абсорбенту	45,4	93,8	116,7	146,5
60–90	Контроль – без абсорбенту	58,5	97,8	122,9	162,1
	Замочування в гелі абсорбенту	61,9	102,3	128,5	165,1
	Гранули абсорбенту в лунку	70,4	103,2	131,1	168,4
	Гранули абсорбенту в лунку + замочування в гелі абсорбенту	71,7	107,4	132,3	172,9
Другий строк садіння (III декада квітня - II декада травня) – <i>фактор А</i>					
20–30	Контроль – без абсорбенту	35,9	89,3	107,8	138,4
	Замочування в гелі абсорбенту	42,2	94,4	112,7	142,2
	Гранули абсорбенту в лунку	41,2	95,6	115,9	145,3
	Гранули абсорбенту в лунку + замочування в гелі абсорбенту	44,8	97,2	115,9	146,2
60–90	Контроль – без абсорбенту	55,8	98,5	121,7	154,8
	Замочування в гелі абсорбенту	59,3	101,6	124,5	158,5
	Гранули абсорбенту в лунку	59,9	102,5	126,4	163,3
	Гранули абсорбенту в лунку + замочування в гелі абсорбенту	60,5	108,2	130,1	171,6
НІР _{0,05} заг.		14,0	8,7	5,3	11,5
НІР _{0,05} строки садіння		5,0	3,1	1,9	4,1
НІР _{0,05} маса ризом		5,0	3,1	1,9	4,1
НІР _{0,05} абсорбент		7,0	4,3	2,7	5,8

За садіння великих ризом (масою 60-90 г) висота рослин в усіх фазах їх розвитку була вищою порівняно з малими ризомами (20-30 г) як в контролі, так і при застосуванні абсорбенту.

Аналогічні залежності з висоти рослин залежно від застосування агротехнологічних заходів отримані і за роками досліджень. За фазами розвитку найінтенсивніше збільшувалася висота рослин у міжфазний період «повні сходи – кущіння» як за першого, так і за другого строків садіння.

З'ясовано, що площа листкової поверхні рослин залежала від строків садіння ризом, їх маси та застосування абсорбенту. При застосуванні абсорбенту площа листкової поверхні була більшою, порівняно з контролем упродовж всіх фаз розвитку як за першого, так і за другого строку садіння.

На площу листкової поверхні істотно впливали розміри ризомів, які висаджували як за першого, так і за другого строків садіння. У середньому за роки досліджень за першого строку садіння на період закінчення вегетації площа листкової поверхні за використання великих ризомів масою 60–90 г була більшою в контролі на 313,4 см² порівняно з малими масою 20–30 г. Аналогічні результати отримані за другого строку садіння. Приріст площі листкової поверхні найінтенсивніше проходив у міжфазний період «вихід у трубку – закінчення вегетації» в усіх варіантах залежно як від строків садіння, так і від маси ризом та застосування абсорбенту.

Для отримання добре розвинутої надземної маси (врожаю культури), а також розгалуженої кореневої системи і, відповідно, – виходу садивного матеріалу дуже важливим є кількість утворених пагонів міскантусу (кущіння). У середньому за три роки за обох строків садіння в усі фази росту й розвитку рослин найбільше пагонів формувалося за використання абсорбенту, і особливо за спільного використання гранул і гелю. Так, у перший строк садіння ризом за використання спільно гранул і гелю абсорбенту на період закінчення вегетації було сформовано 33,9 пагонів, в контролі – 26,1 пагонів. Особливо інтенсивне кущіння було у 2016 р., який характеризувався надмірним зволоженням та вищими середніми добовими температурами повітря порівняно з багаторічними показниками.

Вихід садивного матеріалу. Наростання наземної маси – висоти рослин, кількості листків та площі листкової поверхні сприяє підвищенню продуктивності фотосинтезу і впливає не лише на урожайність культури, а й на збільшення кореневої системи – виходу

садивного матеріалу. З'ясовано, що між біометричними показниками наземної маси – висотою рослин, кількістю листків і площею листової поверхні та масою кореневища існують прямі сильні кореляційні зв'язки. За першого строку садіння коефіцієнти кореляції становили відповідно – 0,84-0,92, 0,76-0,82 та 0,97-0,99. Аналогічні результати отримані за садіння ризом в другий строк.

Сприятливі умови, які були створені для максимальної приживлюваності посадкового матеріалу та росту і розвитку рослин, сприяли інтенсивному наростанню як наземної маси рослин, так і кореневища, що дозволило підвищити коефіцієнт розмноження ризомів у перший рік вегетації. У всіх фазах розвитку рослин наростання наземної маси міскантусу проходило інтенсивніше, ніж в контролі, і відповідно інтенсивніше розвивалася коренева система за обох строків садіння ризом. На період закінчення вегетації маса кореневища за внесення абсорбенту в ґрунт була істотно більшою, ніж в контролі – без застосування абсорбенту (рис. 55).

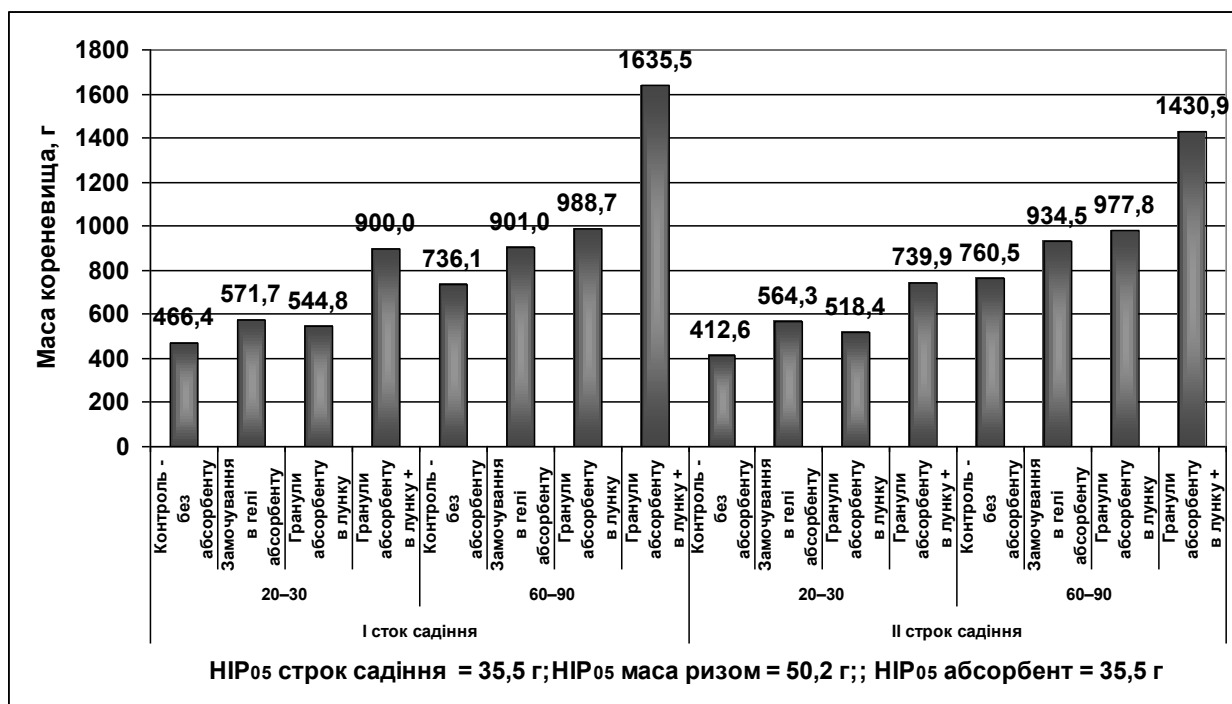


Рис. 55. Маса кореневища міскантусу на період закінчення вегетації залежно від елементів технології їх вирощування (середнє за 2015-2017 рр.)

Найбільша маса кореневища була за спільного застосування гранул та гелю, яка за першого строку садіння малих ризом збільшилася в 1,9 раза, великих – в 2,2 раза, за другого строку – відповідно в 1,8 та 1,9 раза (рис. 56-57).



а)

б)

Рис. 56. Маточні кореневища, які вирощені з великих ризом в кінці вегетації: а) контроль, б) замочування у гелі



а)

б)

Рис. 57 Маточні кореневища, які вирощені з великих ризом, в порівнянні: а) замочування в гелі, б) гранули в лунку

Внесення гранул в ґрунт або замочування ризом в гелі також забезпечило істотне збільшення маси кореневища порівняно з контролем – без застосування абсорбенту.

На період завершення вегетації в середньому за роки досліджень приріст маси кореневища істотно був більшим за другого строку

садіння малих (20-30 г) та великих (60-90 г) ризом, ніж за першого.

Значний вплив на формування маси кореневища мала маса ризом, які висаджували за обох строків садіння. У середньому за три роки за садіння в перший строк малих ризом (20-30 г) маса кореневища в контролі становила 466,4 г, водночас як за садіння великих ризом (60-90 г) у цей же період маса кореневища була 736,1 г, або була більшою в 1,6 разів. Аналогічне збільшення маси кореневища отримано за використання абсорбенту як за першого, так і за другого строку садіння міскантусу.

З метою комплексного оцінювання ефективності елементів технології – строків садіння, маси ризом та застосування абсорбенту проведено кластерний аналіз за сукупністю ознак (рис. 58).

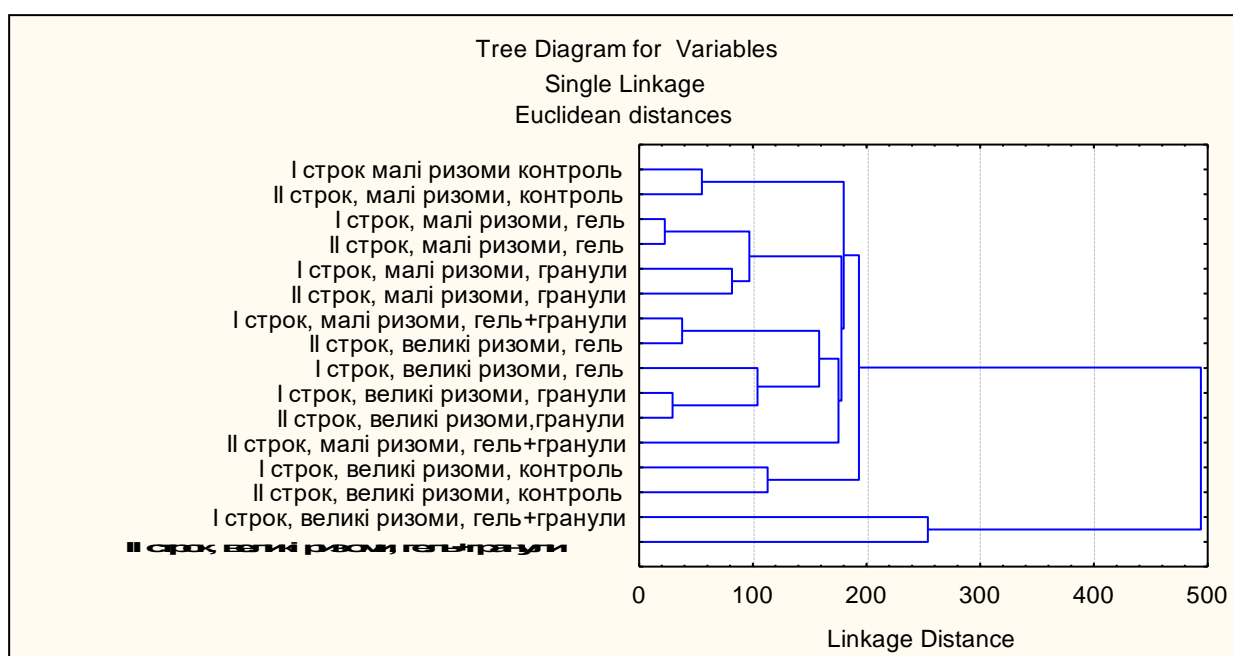


Рис. 58. Кластерний аналіз розподілу подібності елементів технології вирощування садивного матеріалу міскантусу

Найбільш близькими за структурою були з одного боку варіанти, де висаджували малі ризоми у два строки без застосування абсорбенту, які об'єднані в один кластер, а з іншого – варіанти, де висаджували малі ризоми та застосовували гель або гранули абсорбенту за обох строків, які об'єднані в інший кластер.

У інший кластер об'єднані варіанти, де висаджували великі ризоми в перший строк з використанням гелю абсорбенту, та варіанти з садінням великих ризом в два строки з застосуванням гранул абсорбенту. За комплексом ознак більш органічно зближаються до цього кластеру варіанти, де висаджували малі ризоми в перший строк із застосуванням спільно гелю і гранул абсорбенту та за садіння

великих ризом в другий строк з застосуванням гелю абсорбенту. Третій кластер об'єднав варіанти, де висаджували великі ризоми в обидва строки з внесенням гранул, та варіант, де висаджували великі ризоми в перший строк з використанням гелю абсорбенту. Подібні результати отримані за садіння великих ризом в два строки без застосування абсорбенту (контроль), які об'єднані в один кластер. В окремий кластер об'єднані результати за садіння великих ризом в два строки та спільного застосування гелю і гранул абсорбенту.

Таке групування варіантів у кластери підтверджує висновок про те, що застосування гелю або гранул абсорбенту забезпечує підвищення біометричних показників наземної маси, маси кореневища та виходу малих ризом як в перший, так і в другий строк садіння.

Об'єднання в один кластер обох строків садіння великих ризом за спільного використання гелю та гранул абсорбенту, що забезпечило отримання подібних біометричних показників, маси кореневищ та виходу малих ризом, свідчить про доцільність застосування цих елементів технології.

Строки садіння ризом та застосування абсорбенту вплинуло не лише на масу кореневища, а і на її мінливість. Якщо за першого строку садіння великих ризом в контролі кореневищ масою до 600 г було 33,3%, 601-700 г – 16,7%, 701-800 г – 12,5%, 801-1500 г – 37,5%, а більше 1501 г не було, то за спільного застосування гранул і гелю абсорбенту кореневищ масою до 900 г не було, а 59,1% кореневищ мали масу 901-1500 г і 40,9% більше 1500 г.

За другого строку садіння великих ризом отримані аналогічні результати, але кількість маточних кореневищ з меншою масою була значно меншою як на контролі, так і за використання абсорбенту. На контролі кореневищ масою до 600 г було лише 9,5 %, масою 600-800 – 33,3 %, масою 801-1500 г – 23,8 %, а більше 1500 г кореневищ не було. За спільного використання гранул та гелю абсорбенту кореневищ масою до 800 г не було, кореневищ масою 901-1500 г було 38,1 %, а більшість кореневищ – 52,4% мали масу понад 1501 г. Відхилення між максимальною і мінімальною масою за другого строку садіння значно менші, ніж за першого строку.

За обох строків садіння малих ризом (20-30 г) на контролі переважна кількість кореневищ мала масу до 450 г: 61,9% за першого та 80% за другого строку садіння. За спільного застосування гранул та гелю абсорбенту кореневищ масою до 450 г було лише 4,8 %, а основна кількість кореневищ – 61,9 % мала масу понад 700 г. Причому 19,0 %

кореневищ було масою більше 1120 г.

Якість ризом залежить не лише від їх маси, а й від кількості бруньок, які здатні проростати. З'ясовано, що зі збільшенням маси кореневища формувалася більша кількість бруньок, тобто можна отримати більше ризом для садіння. У всіх варіантах з використанням абсорбенту було сформовано більше бруньок порівняно з контролем (табл. 31).

Якщо за першого строку садіння на контролі в середньому за роки досліджень на одному кореневищі сформувалося 126,5 бруньок, то при замочуванні ризомів у гелі за їх садіння – 207,1 бруньок, а за спільного застосування гранул і гелю – 300,0 бруньок.

Аналогічні результати отримані за другого строку садіння ризом. Закономірного збільшення кількості бруньок на кореневищі залежно від строків садіння не було.

Збільшення бруньок на кореневищі забезпечило підвищення виходу садивного матеріалу – малих і великих ризом. Так, за першого строку садіння при використанні гранул і гелю абсорбенту отримано великих ризом в 2,1, малих в 1,7 раза більше порівняно з контролем. Застосування окремо гранул або гелю абсорбенту також забезпечило достовірне збільшення садивного матеріалу порівняно з контролем, але в меншій кількості, ніж за спільного використання цих препаратів. Істотної різниці з виходу садивного матеріалу залежно від застосування гелю або гранул абсорбенту не спостерігалось.

За вирощування садивного матеріалу міскантусу в умовах нестійкого зволоження необхідно в комплексі застосовувати такі елементи технології: висаджувати ризоми, отримані з рослин першого року вегетації, які мають 4 і більше бруньок, в ранні строки (орієнтовно 1-2 декади квітня) залежно від погодних умов та застосовувати абсорбент MaxiMarin (гранули або гранули сумісно з гелем).

Садивний матеріал – ризоми необхідно заготовлювати лише з маточників першого року урожаю. У другий рік вегетації міскантусу формувалися значно більші за масою кореневища – понад 2500 г, які дуже важко викопувати з ґрунту, а маса кореневища, придатного для заготівлі ризом, становила лише біля 30%, що забезпечило отримання 19 малих та 14 великих ризом з одного кореневища. Решта кореневища була уражена гнилями і не придатна для використання.

**Формування бруньок та вихід садивного матеріалу на кінець
вегетації залежно від агротехнічних умов вирощування
міскантусу (середнє за 2015–2017 рр.)**

Маса ризому, г - фактор В	Варіант – внесення абсорбенту MaxiMarin – фактор С	Кількість бруньок на кореневи- щі, шт.	Вихід ризом з кореневища, шт.	
			великих (4-8 бруньок)	малих (1-3 бруньки)
Перший строк садіння (І-ІІ декади квітня) – (фактор А)				
20–30	Контроль – без абсорбенту	101,9	21,4	33,3
	Замочування в гелі абсорбенту	116,5	29,4	38,9
	Гранули абсорбенту в лунку	127,7	28,5	40,1
	Гранули абсорбенту в лунку + замочування в гелі абсорбенту	144,5	37,1	45,6
60–90	Контроль – без абсорбенту	126,5	24,3	41,5
	Замочування в гелі абсорбенту	207,1	32,4	58,7
	Гранули абсорбенту в лунку	200,8	34,7	55,0
	Гранули абсорбенту в лунку + замочування в гелі абсорбенту	300,0	51,9	71,3
Другий строк садіння (ІІІ декада квітня -ІІ декада травня) – (фактор А)				
20–30	Контроль – без абсорбенту	108,4	18,0	29,5
	Замочування в гелі абсорбенту	116,8	21,3	34,9
	Гранули абсорбенту в лунку	121,9	20,7	35,7
	Гранули абсорбенту в лунку + замочування в гелі абсорбенту	150,9	24,8	42,1
60–90	Контроль – без абсорбенту	148,5	21,8	39,4
	Замочування в гелі абсорбенту	171,4	27,0	46,9
	Гранули абсорбенту в лунку	197,7	28,4	46,8
	Гранули абсорбенту в лунку + замочування в гелі абсорбенту	322,1	48,6	70,2
НІР _{0,05} строк садіння (фактор А)		5,4	2,3	1,8
НІР _{0,05} маса ризом (фактор В)		5,4	2,3	1,8
НІР _{0,05} абсорбент (фактор С)		7,6	4,2	4,5

Якість садивного матеріалу. Серед агротехнічних і організаційно-господарських заходів за вирощування садивного матеріалу (ризом) міскантусу важливе значення має якість садивного матеріалу. Викопані маточні кореневища розділяють на ризоми. До

висаджування їх необхідно створити умови, які запобігатимуть підсушуванню ризомів. Адже підсушені ризоми втрачають здатність проростання і, відповідно, знижується їх приживлюваність. Головною умовою садивного матеріалу є наявність потенційних бруньок, які можуть проростати. З метою вивчення ефективності вирощування садивного матеріалу залежно від якості посадкового матеріалу нами проведено дослід, в якому передбачено висаджування ризом, які мали 1-3 бруньки (контроль), 4-8 та 9 і більше бруньок. Висаджували ризоми вручну з міжряддям 70 см і кроком садіння в рядку 70 см. Глибина загортання ризом у ґрунт становила 8–10 см.

З'ясовано, що чим більше бруньок на ризомі, тим вищий відсоток їх приживлюваності, інтенсивніше проходить наростання наземної маси – висоти рослин, кількості листків та площі листової поверхні, що сприяє підвищенню продуктивності фотосинтезу і впливає не лише на урожайність культури, а й на збільшення кореневої системи – виходу садивного матеріалу.

Важливим критерієм оцінки стану сходів є показник, що визначає кількість одержаних сходів від заданої кількості висаджених ризом, тобто їх приживлюваність.

З'ясовано, що приживлюваність ризом міскантусу залежала як від їх якості – кількості бруньок, так і від умов року в період садіння і отримання сходів (рис. 59).

У середньому за три роки найвища приживлюваність – 57% була у ризом, які мали 9 і більше бруньок. Ризоми з 4-8 бруньками мали нижчу приживлюваність порівняно з попередніми ризомами. Істотної різниці за показником приживлюваності за садіння ризом з 4-8 та 9 і більше бруньками не виявлено. При висаджуванні ризом з 1–3 бруньками приживлюваність їх була значно нижчою і становила 36 %.

За роками досліджень отримано аналогічну залежність, але відсоток приживлюваності був значно нижчим в 2016 р., ніж в 2015, 2017 рр., що зумовлено погодними умовами. У 2015 та 2017 рр. період садіння та отримання сходів був засушливим, за температурним режимом він був наближеним до середнього багаторічного, а дефіцит опадів становив відповідно – 27 та 47 мм, що вплинуло на приживлюваність ризом.

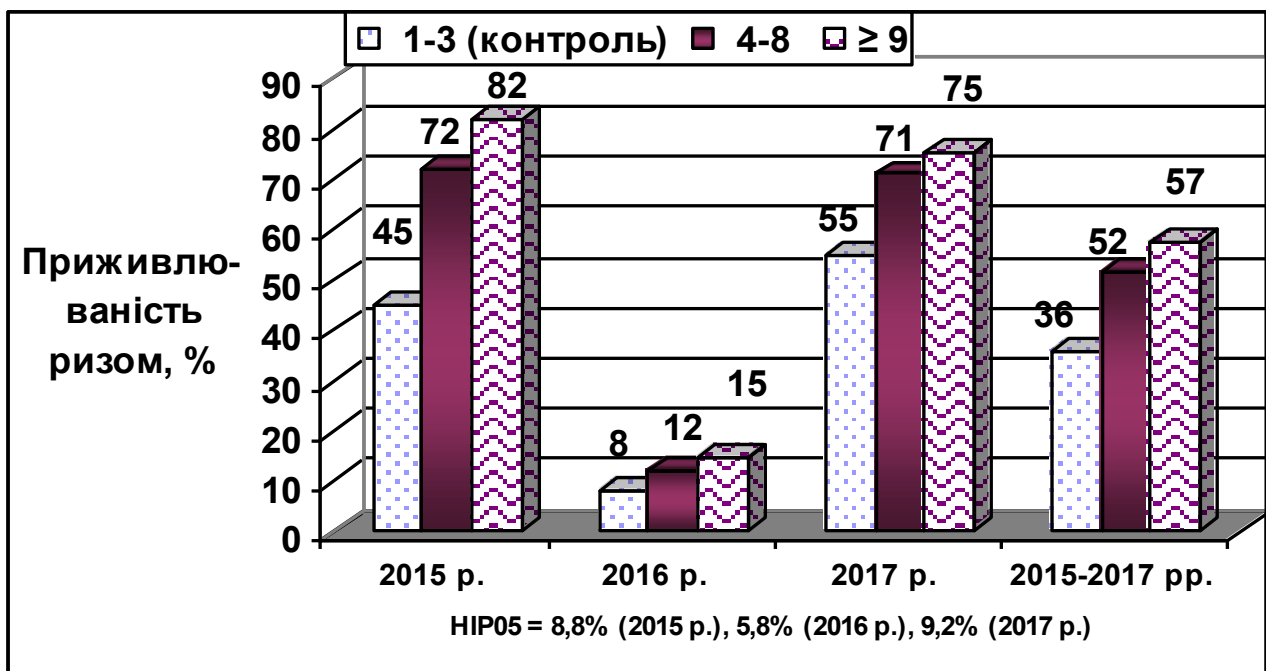


Рис. 59. Приживлюваність ризом міскантусу залежно від кількості на них бруньок

Але навіть в таких умовах приживлюваність за садіння ризом з 9 і більше бруньками була найвищою і становила в 2015 р. 82%, а в 2017 р. – 75%. За садіння ризом з меншою кількістю бруньок приживлюваність за роками була значно нижчою. Період садіння і отримання сходів у вегетаційний період 2016 р. характеризувався надмірним зволоженням та значними запасами продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, що призвело до утворення цілих водяних блюдець, до вимокання та загнивання висаджених ризом і, відповідно, до зниження приживлюваності ризом.

Виявлено, що якість садивного матеріалу – кількість бруньок на одному ризомі впливала на наростання наземної маси – висоти рослин, кількості листків, площі листової поверхні та інтенсивність куціння. Між цими показниками та масою кореневища виявлені сильні прямі кореляційні зв'язки.

Тобто, збільшення наземної маси сприяло підвищенню наростання маси кореневища, а відповідно – виходу садивного матеріалу – ризом. За садіння ризом з 9 і більше бруньками найінтенсивніше наростала наземна маса міскантусу і, відповідно – найбільшою була маса кореневища, яка становила 1409,1 г або в 2,86 раза була більшою, ніж на контролі (табл. 32).

Маса кореневища, кількість бруньок та вихід садивного матеріалу на період закінчення вегетації залежно від якості ризом, які висаджували (середнє за 2015-2017 рр.)

Варіант – кількість бруньок на ризомі	Маса кореневища, г	Кількість бруньок, шт.	Вихід ризом, шт.	
			малих до 4 бруньок	великих більше 4 бруньок
1–3 (контроль)	493,1	105,2	35,5	19,9
4–8	1066,3	191,7	49,6	27,1
> 9	1409,1	239,7	64,7	38,7
НІР ₀₅ кількість бруньок	116,7	20,6	4,1	2,9
НІР ₀₅ умови року	116,7	20,6	4,1	2,9

За садіння ризом з 4-8 бруньками маса кореневища була також достовірно більшою, ніж на контролі, але істотно меншою за масу маточних кореневищ, які отримано за садіння ризом з 9 і більше бруньками.

Від якості висаджених ризом (кількості бруньок на них) залежить не лише наростання наземної маси міскантусу, а й мінливість маси кореневища, з якого отримують садивний матеріал. За садіння ризом з 1-3 бруньками (контроль) у середньому 87,5 % маточних кореневищ мали масу до 500 г, а 12,5% кореневищ – 501-700 г, водночас як за висаджування ризом з 9 і більше бруньками 87,5% маточних кореневищ мали масу більше 1300 г, і лише 12,5% – 1101-1300 г.

Збільшення маси кореневища і його ступеня розгалуження забезпечило формування більшої кількості бруньок та підвищення виходу як малих, так і великих ризом. За використання для садіння ризом з 9 і більше бруньками вихід садивного матеріалу на період закінчення вегетації був істотно вищим порівняно як з контролем, так і з варіантом, де висаджували ризоми з 4-8 бруньками.

Ризоми з 9 і більше бруньками були найефективнішими. Водночас вони занадто великі, що ускладнює механізоване їх висаджування. Тому за механізованого висаджування ризом у виробничих дослідах доцільно застосовувати менші за розміром ризоми з 4-8 бруньками. За садіння міскантусу вручну можна висаджувати ризоми з 9 і більше бруньками.

5.3. Викопування та підготовка садивного матеріалу міскантусу до садіння

Міскантус висаджується 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 ризом, щоб досягти високих сталих урожаїв біомаси впродовж використання плантації, необхідно проводити якісно і своєчасно.

Ризом отримують із одно- або дворічних рослин міскантусу. Викопування маточних кореневищ міскантусу проводять, як правило, навесні, безпосередньо перед садінням (ІІІ декада березня – ІІ декада квітня) залежно від погодних умов попередньо зібравши наземну біомасу (рис. 60). Викопування маточних кореневищ може здійснюватися за допомогою картоплекопачів типу КТН-2В (табл. 33) або за невеликих площ – вручну.



Рис. 60. Викопування ризом міскантусу гігантського сорту «Осінній зорецвіт» на дослідному полі ІБКіЦБ (с. Ксаверівка друга) удосконаленим картоплекопачем – (розробка ННЦ ІМЕСГ)

Таблиця 33

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. 61).



Рис. 61. Розділення кореневищ міскантусу гігантського на ризоми в Прикарпатській ДСГДС (с. П'ядики Коломийського району)

Після розділення кореневищ міскантусу готові до садіння ризоми складають на поліетиленову плівку і змочують, щоб вони не пересихали. Зверху їх вкривають іншою плівкою, забезпечивши таким чином вологе середовище, де ризоми будуть зберігатись до садіння, так як сухі ризоми втрачають здатність до проростання, особливо за посушливої весни. В разі зберігання ризом 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 ризом. Збільшення температури під час зберігання впродовж 10 діб, призводить до проростання ризом, 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 за 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.

5.4. Показники якості садивного матеріалу

Зрідженість насаджень часто є основною причиною низьких урожаїв біомаси в перші роки вегетації міскантусу. Визначаючи густоту садіння, необхідно враховувати ґрунтово-кліматичні умови,

особливості сортів, розмір та якість ризом. Як правило, густоту насаджень оцінюють за кількістю рослин на одиниці площі. Вважають, що достатньо посадити 1–4 ризоми на квадратний метр. Але це не надійний показник. Кущ, вирощений з дрібних ризом масою 5...10 г, формує 5–6 пагонів, а з ризом масою 20...50 г може вирости вдвічі продуктивніший кущ з 10–15 пагонами і більше. Тому густоту насаджень слід оцінювати більш комплексно, враховуючи необхідну площу живлення рослин, масу ризом, швидкість розростання рослин міскантусу до покриття площі поля та економічну доцільність [45].

Материнські ризоми різної величини обумовлюють не тільки різницю в нормі витрат садивного матеріалу, але і врожайність сухої біомаси. Тому необхідно формувати однорідний садивний матеріал за масою та кількістю бруньок.

Під час розділення маточних кореневищ міскантусу гігантського (рис. 62) отримують ризоми двох форм: лінійної та розгалуженої (рис. 63). Головною вимогою до садивного матеріалу є кількість потенційних бруньок, які можуть прорости. Їх кількість має бути не менше 4–8 шт. на одній ризомі.

Довжина ризом повинна бути в межах 5...15 см, за маси відповідно від 20 до 30 г. Ризоми лінійної форми є більш продуктивними порівняно з ризомами розгалуженої форми. Це пояснюється тим, що на одиницю маси у ризом 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 ризом розгалуженої форми), їх маса може перевищувати 30 г.

При розрізанні кореневищ на ризоми слід пам'ятати, що обмежувальним фактором є розмір садильного апарату, тобто максимальний розмір ризоми не повинен перевищувати розміру поперечного перерізу садильної труби, щоб запобігти застряганню в ній ризом.

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



Рис. 62. Маточне кореневище міскантусу гігантського



Рис. 63. Ризоми міскантусу гігантського, підготовлені до садіння: а) – лінійної форми; б) – розгалуженої форми

Упродовж зберігання в стаціонарних сховищах кореневища міскантусу гігантського можуть уражатися хворобами (гнилями) або пересихати. Масова частка таких ризом не повинна перевищувати 0,5% від загальної маси. Окрім того, ризоми можуть бути пошкоджені механічно, шкідниками або гризунами (рис. 64). Частка таких ризом має бути не більше 5% від загальної маси. Пошкоджені ризоми вибраковуюють.

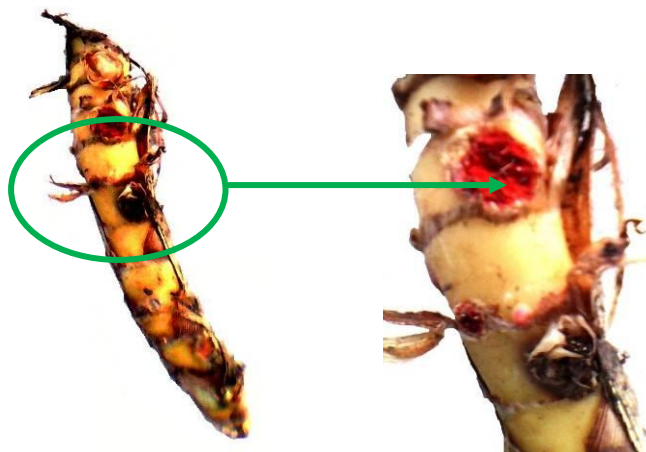


Рис. 64. Ризоми міскантусу гігантського, пошкоджені личинками пластинчастовусих

5.5. Методи визначання показників якості садивного матеріалу

Якості садивного матеріалу визначаються шляхом відбирання проб із кагату чи партії ризом та аналізуються. Відбирання проб проводять у місцях зберігання, перед відвантаженням або під час контрольної перевірки.

Щоб визначити масу ризом міскантусу, зважують за допомогою ваг (клас точності 0,2 г) не менше 100 ризом. Похибка вимірювання не повинна перевищувати 0,2 г. За результат приймають середнє арифметичне усіх вимірів, виражене у грамах.

Середню пробу зважують у тарі і визначають її масу, віднімаючи масу тари від результатів зважування. Ризоми перекладають із мішків або ящиків на чисту поверхню або брезент і підраховують. Вільну землю, що залишилася в мішку або ящику, і сторонні домішки збирають та зважують. Масу наявної вільної землі і сторонніх домішок (разом) обчислюють у відсотках від маси об'єднаної проби.

В об'єднаній пробі після видалення землі і домішок за зовнішнім виглядом виділяють ризоми з дефектами в такій послідовності: підмерзлі, уражені хворобами (гнилями), пересохлі, пошкоджені шкідниками, гризунами і механічно. Результати обліку виражають у відсотках від загальної кількості ризом у об'єднаній пробі. Результати аналізу переносять на всю партію чи кагат і відображають в акті перевірки.

РОЗДІЛ 6

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО

6.1. Вибір місця під плантацію міскантусу гігантського

Оскільки міскантус гігантський належить до багаторічних культур, його можна вирощувати на одному полі до 20 років. Міскантус гігантський невимогливий до ґрунтових умов, тому його можна вирощувати і на деградованих, малопродуктивних землях. Завдяки розгалуженій кореневій системі рослини можна вирощувати на піщаних та супіщаних ґрунтах з низьким рівнем ґрунтових вод. Міскантус гігантський добре адаптований до несприятливих умов вирощування, зокрема до ґрунтів з підвищеним вмістом солей. Рослини можна вирощувати на ґрунтах, які не придатні для вирощування інших сільськогосподарських культур. На ґрунтах з відрегульованим водним режимом і підвищеним вмістом гумусу врожайність міскантусу гігантського підвищується на 20...30% [37].

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 [22]. 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.

6.2. Основний обробіток ґрунту

Для вирощування міскантусу обробіток ґрунту потрібно спрямовувати на створення таких умов, які б забезпечили повне дружнє проростання (приживлюваність), добрий ріст і розвиток рослин впродовж усього вегетаційного періоду.

Одним із основних завдань ефективного обробітку ґрунту є створення найбільш сприятливого водно-повітряного, теплового і поживного режимів ґрунту впродовж усього періоду росту рослин.

Крім покращення фізичних, хімічних і біологічних властивостей, якісний обробіток ґрунту сприяє контролю за чисельністю бур'янів, шкідників і збудників хвороб міскантусу гігантського. Під час заорювання добрив і рослинних решток у ґрунт створюються сприятливі умови для якісного садіння, одержання повних та дружних сходів і, таким чином, для підвищення ефективності всіх інших агротехнічних, хімічних, біологічних заходів, які проводяться з метою підвищення урожайності біомаси.

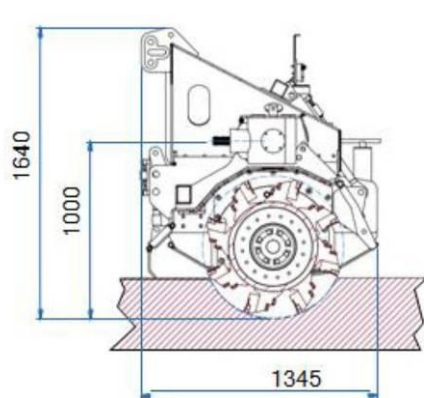
Технологічні операції основного обробітку ґрунту з вирощування міскантусу необхідно розглядати в комплексі як важливі засоби контролювання чисельності бур'янів, шкідників та збудників хвороб. Всі системи обробітку ґрунту під міскантус успішно виконуються в рамках загальної системи обробітку ґрунту в тісному зв'язку з усіма іншими підсистемами (удобрення, засоби захисту рослин) системи землеробства конкретної зони, району, підприємства.

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

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

Виходячи із вимог сталого вирощування біоенергетичних культур (Директива 28/2009/ЄС), поля необхідно вибирати на маргінальних землях, які понад 10 років не оброблялись і тому заросли густою трав'яною рослинністю, кущами, молодими деревами тощо. Тому в першу чергу необхідно провести очищення площі від багаторічних заростів, для цього застосовується мульчувач рослинних рештків DE–DEMONIO HP 180/340–kW 132/250, який виготовляється на ООО «АЛЛЮР-АГРО» (м. Олександрія, Кропивницької обл.) (рис. 65).

Мульчування ґрунту проводять на глибину 30 см. Після мульчування через 14 днів проводять внесення гербіциду суцільної дії. За появи бур'янів, після випадання опадів впродовж усього осіннього періоду (вересень-жовтень) вносять добрива і проводять культивування, дискування або боронування.



а)



б)

Рис. 65. Мульчувач DE–DEMONIO HP 180/340–kW 132/250,
а) схема мульчувача; б) зовнішній вигляд

На ґрунтах, які були в сівозміні, але через малу продуктивність стали нерентабельними або збитковими при вирощуванні традиційних сільськогосподарських культур, проводять такі операції:

- 2-3 разове лушення поверхні поля дисковими боронами;
- внесення гербіциду суцільної дії;
- глибоку оранку на 30-32 см проводять після внесення мінеральних добрив у кінці липня – на початку серпня;
- культивування, дискування або боронування за появи бур'янів, після випадання опадів впродовж усього осіннього періоду (вересень-жовтень).

У табл. 34 подано два варіанти проведення основного обробітку ґрунту залежно від стану ділянки, на якій планується вирощування міскантусу гігантського.

Таблиця 34

Перелік технологічних операцій основного обробітку ґрунту
залежно від стану ділянки

Стан ділянки	
Невгіддя	Сівозміна
Мульчування рослинних решток на поверхні поля та кореневмісного шару ґрунту (до 40 см)	Лушення
Внесення гербіциду суцільної дії	
Внесення мінеральних добрив	
Культивування	Оранка
	Культивування

6.2.1. Лущення плантацій, відведених для садіння міскантусу гігантського

Технологія вирощування міскантусу включає комплекс технологічних операцій, у тому числі і лущення. У структурі технологічного комплексу напівпарового способу основного обробітку ґрунту лущення здійснюється переважно дисковими боронами.

Основною метою лущення площ під міскантус є розпушування верхнього шару ґрунту, підрізання та подрібнення бур'янів для кращого їх загортання ґрунтом під час оранки, запобігання втратам вологи від випаровування та створення сприятливих умов для її накопичення в період між лущенням та оранкою, створення агрофізичних передумов для оптимізації кришіння пласта ґрунту та зменшення тягового зусилля під час проведення оранки.

Дискування виділених під насадження міскантусу гігантського площ проводять дисковими боронами (табл. 35). 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. Швидкість руху агрегату 8...12 км/год.

Таблиця 35

Агрегати для основного обробітку ґрунту під міскантус гігантський

Назва	Марка	Агрегуються з тракторами тягового зусилля 14-20 кН	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год.
Луцильник дисковий	ЛДГ-10		10	10,0
Борона дискова важка	БДТ-7,0, БДВ-6, 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

Основні агротехнічні вимоги до проведення операцій наведено в таблиці 36.

На полях, де переважають багаторічні коренепаросткові бур'яни (осот, гірчак, берізка польова та інші), проводять дво- або триразове

лущення площ, перше – дисковими знаряддями на глибину 8-10 см, друге – після масової появи бур'янів на глибину 12-14 см, а за потреби – третє також дисковими боронами після відростання бур'янів. Така система обробітку дозволяє зменшити кількість бур'янів на 80-90%.

За вирощування міскантусу гігантського (маточного розсадника) на окультурених площах після збирання попередника слід провести лущення стерні дисковими боронами типу БДТ-7 на глибину 8...10 см у два сліди перехресним способом з кутом атаки дисків 30...35°. Кут атаки дисків регулюють за допомогою розсувних тяг, глибину обробітку – зміною положення рамок секцій або натягу пружин на штангах. Основна вимога до лущення полягає у досягненні рівномірної глибини обробітку ґрунту по всій ширині захвату агрегату.

Таблиця 36

Основні агротехнічні вимоги до лущення в системі основного обробітку ґрунту під міскантус

Показники	Вимоги	Допуски
Агротехнічні вимоги до проведення лущення: трактор ХТЗ-17221-21, Джон Дір; с/г машини: БДВ-6, БДТ-7,0, БДВП-7,2		
Період проведення технологічної операції	серпень	-
Тривалість роботи на одному полі, днів	2	+ 1
Продуктивність, га/год.	5,6	+ 1
Глибина обробітку, см	10 – 12	± 2
Глибина впадин після поперечного проходу агрегату, см	до 4	+ 1
Кількість непідрізаних бур'янів на 1 м ²	не допускається	-
Огріхи між суміжними проходами	не допускається	-
Перекриття між суміжними проходами, см	10 – 15	+ 2
Кількість обробітків	2	+ 1
Спосіб руху агрегату	човниковий	-
Ширина захвату агрегату, м	7,0	-
Напрямок руху агрегату за повторного обробітку	перпендикулярно (під кутом 90°) до напрямку першого обробітку	під кутом 45° до напрямку першого обробітку
Розряд роботи	V	

Своєчасне і якісне лушення забезпечує знищення значної кількості наявних збудників хвороб та личинок шкідників, які зимують у верхніх шарах ґрунту. Ці фактори сприяють підвищенню продуктивності міскантусу.

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

Для контролю за бур'янами після лушення і відростання бур'янів застосовують гербіциди суцільної дії на основі гліфосату. Оптимальний строк для обробки бур'янів раундапом-макс, коли пір'ї відростає до висоти 10-12 см. Норма внесення гербіциду – 6 л/га (витрата робочої рідини 200-250 л/га).

6.2.2. Система удобрення міскантусу гігантського

Однією з найістотніших ознак деградації ґрунту є зменшення в ньому органічної речовини і її основної складової – гумусу (основного показника родючості). Першочергова залежність продуктивного потенціалу ґрунту від вмісту гумусу визначає необхідність застосування агротехнічних заходів, спрямованих на його відтворення:

- збільшення надходження у ґрунт органічної речовини;
- поліпшення умов гуміфікації рослинних решток і гною;
- зменшення втрат гумусу внаслідок його мінералізації та процесів ерозії ґрунту.

Міскантус є не надто вимогливою культурою до умов мінерального живлення. За середнього рівня удобрення міскантус з урожаєм 20 т сухої маси з 1 га виносить близько $N_{60}P_{20}K_{60}$. Внесення азотних добрив в дозі 90 кг/га забезпечує високу продуктивність біомаси цієї культури [37].

За сучасних умов господарювання широкого розповсюдження набувають ресурсозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур, які базуються на мінімізації обробітку ґрунту та застосуванні оптимальних і економічно окупних доз мінеральних добрив [6]. В.Зінченко рекомендує застосовувати мінеральні добрива під глибоку оранку в рік садіння міскантусу або навесні наступного року після появи сходів локально у міжряддя в

дозі: N – 60...90 кг/га, P₂O₅ – 30...40 кг/га, K₂O – 120...150 кг/га, MgO – 20...25 кг/га [37].

Щодо системи удобрення міскантусу в науковій літературі існують різні підходи і бачення. На думку Райнерда Шперра із Австрії [101], потреба міскантусу в мінеральних добривах досить незначна. Рослина не потребує значних доз добрив у перший рік після садіння. Інколи практикують удобрення міскантусу золою з отриманої біомаси, але водночас не рекомендується підживлювати рослини рідким гноєм. З наукових джерел відомо, що потреба міскантусу в азоті та інших елементах живлення є низькою із-за значних резервів поживних речовин у кореневищах [158].

Полеві дослідження, проведені Шварцом і Левандовським у 1994 році, показали, що рослини міскантусу використовують елементи живлення із добрив частково, від 20% для фосфору до 50-60% для азоту [211, 232, 202]. За рекомендаціями Левандовського азотні добрива необхідно вносити тільки на ґрунтах з низьким рівнем природної родючості, при цьому доза азоту не повинна перевищувати 50...70 кг/га/рік [211, 204]. Дослідження Віденського аграрного університету [215] показали, що оптимальною дозою азоту під міскантус є 30...50 кг/га д.р. За даними П. Лібхарда [215], внесення 50 кг/га д.р. азотних добрив підвищило врожайність міскантусу на 16%. За подальшого збільшення дози азотних добрив підвищувався переважно вміст азоту і вологи у біомасі рослин на період збирання врожаю і не супроводжувався ростом урожайності.

У дослідженнях з використанням стабільних ізотопів азоту ¹⁵N встановлено, що на третій рік вегетації рослини міскантусу, включаючи стебла і коріння, містили понад 55% азоту внесених добрив. При цьому на четвертий рік вегетації рослини використали від 6 до 9% азоту [211].

Низька потреба міскантусу в мінеральних добривах пояснюється здатністю рослин в осінньо-зимовий період під час старіння пагонів транспортувати частину поживних речовин у кореневища, які навесні під час відростання пагонів наступного року повторно використовуються рослинами для формування нового врожаю [211, 172].

Нормативна потреба рослин міскантусу в елементах живлення для формування одиниці врожаю сухої біомаси значно залежить від рівня забезпеченості ґрунту поживними речовинами та зони зволоження. Загальна потреба рослин міскантусу на синтез 1 тони

сухої речовини становить: азоту – 3 кг д.р., фосфору – 1 і калію – 4 кг д.р. (табл. 37).

Таблиця 37

Нормативна потреба рослин міскантусу в елементах живлення

Зона зволоження	Забезпеченість ґрунту елементами живлення	Потреба кг/га д.р.		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Достатнього	низька	4,5	1,8	4,5
	середня	4,0	1,0	4,2
	підвищена	3,2	0,8	4,0
Нестійкого	низька	4,4	1,2	4,2
	середня	3,9	0,9	4,0
	підвищена	3,1	0,7	3,8
Недостатнього	низька	4,3	1,2	4,2
	середня	3,9	0,9	4,0
	підвищена	3,1	0,7	3,8

Нормативи витрат елементів живлення на формування одиниці врожаю дозволяють визначити оптимальні дози мінеральних добрив під заплановану врожайність біомаси міскантусу за вирощування у різних ґрунтово-кліматичних умовах. Даний метод ґрунтується на результатах агрохімічного аналізу ґрунту і дозволяє оптимізувати дози внесення мінеральних добрив в межах окремого поля з урахуванням забезпеченості ґрунту елементами живлення.

Важливу роль в оптимізації мінерального живлення міскантусу відіграє вибір форм та строків внесення мінеральних добрив. Фосфорні і калійні добрива рекомендується вносити з осені під основний обробіток ґрунту, азотні – весною по мерзлоталому ґрунту або під ранньовесняну культивуацію у перші роки його вирощування.

В основне удобрення міскантусу вноситься подвійна доза рекомендованої чи розрахованої річної дози мінеральних добрив. Оптимальною дозою мінеральних добрив під основний обробіток ґрунту (глибоку оранку) є: фосфору – 30-40 кг/га д.р., калію – 120-160 кг/га д.р., ефективним є внесення магнію в дозі 20-25 кг/га д.р. Навесні під ранньовесняну культивуацію вносяться азотні добрива в дозі N – 60-90 кг/га д.р. Для цього використовуються сільськогосподарські машини МВУ-8, МТО-6, МВД-900, РУП-8 (табл. 38).

За рекомендаціями Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків та мережі його дослідно-селекційних станцій вирощування міскантусу на ґрунтах легкої текстури (піщані,

супіщані, легкосуглинкові) з вмістом гумусу до 2% потребує внесення органічних добрив під основний обробіток (момент закладання плантацій) та щорічне проведення ранньовесняного підживлення азотними добривами в наступні роки.

Таблиця 38

Агротехнічні вимоги до внесення мінеральних добрив

Показники	Нормативи	Допуски
Агрегат для внесення міндобрив: трактори ХТЗ-17221-21, МТЗ-1221; с.-г. машини МВУ-8, РУП-8, МВУ-900, МТО-6		
Строки проведення роботи, днів до оранки	1	+ 1
Доза внесення	згідно з рекомендаціями	
Нерівномірність розподілу добрив, %	не допускається	± 5
Глибина заорювання добрив, см	30-32 см	± 2
Спосіб руху агрегатів:		
для невеликих агрегатів типу МВУ-900	човниковий	
для широкозахватних агрегатів	загінковий	
Розряд роботи	V	

На ґрунтах добре оструктурених з вмістом гумусу понад 2% (чорноземи середнього ступеня еродованості, лучно-чорноземні, лучні, ін.) можна обмежитись внесенням лише мінеральних добрив за схемою, зазначеною вище. Така система удобрення дає можливість отримати врожайність сухої біомаси міскантусу на рівні 20 т/га.

Одним із факторів, який дозволяє підвищити врожайність міскантусу, є застосування компостів та заходів біологізації.

6.2.3. Глибока оранка

Глибоку зяблеву оранку проводять через 10...15 днів після лущення оборотними плугами з метою якісного, глибокого розпушування ґрунту, заорювання 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. Проведення глибокої оранки поліпшує водопроникність ґрунту і накопичення в ньому води.

Висока якість оранки досягається проведенням її оборотними плугами з передплужниками. При цьому пожнивні рештки

попередника краще заорюються 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 заорюванню у ґрунт пожнивних решток, бур'янів та органічних добрив поліпшується якість роботи агрегатів для садіння ризом та рихлення міжрядь під час догляду за насадженнями.

За ранньої оранки (серпень) насіння бур'янів вивертається з глибоких шарів ґрунту і за сприятливих умов інтенсивно проростає. Це дає можливість ефективно застосовувати гербіциди суцільної дії, а сходи їх знищити наступними культиваціями та загибеллю від морозів. А за пізньої оранки здебільшого насіння бур'янів не встигає прорости і дає сходи тільки наступної весни, засмічуючи майбутні поля під міскантус.

Глибина оранки визначається видом культури, товщиною гумусового шару ґрунту, засміченістю поля та іншими умовами. Багаторічними дослідженнями та виробничою практикою доведено, що глибока оранка чорноземів (30-32 см) під міскантус ефективніша, ніж звичайна (20-22 см). За глибокої оранки створюються кращі умови для життєдіяльності культурних рослин, а саме: зменшується рівень забур'яненості, а також створюються сприятливіші умови для висаджування і приживання ризом.

Кращою є оранка, після якої на полі не утворюються звальні гребені та розвальні 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. Фірма Лемкен випускає начіпні та напівначіпні оборотні плуги. Швидкість агрегату на оранці – 5...6 км/год.

Ефективним є застосування оборотних плугів з удосконаленою формою лемеша та корпусу (наприклад, виробництва компаній «Лемкен» та «Фогель унд Ноот» з Німеччини та Австрії відповідно). Останні суттєво зменшують тягові зусилля, що дозволяє економити енергоресурси під час здійснення цієї технологічної операції.

Основними агротехнічними вимогами до оранки є: виконання її в оптимальні строки, достатнє обертання скиби, відсутність огріхів, висота гребенів не більше 5 см, висота звальних гребенів і глибина

борозен не більше 7 см, відхилення глибини – до 2 см, добре розпушення ґрунту, повне загортання верхнього шару, пожнивних решток, бур'янів та добрив (табл. 39).

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 безполицевого розпушування ґрунту основний його обробіток проводиться комбінованими знаряддями, які поєднують робочі органи плоскорізного та чизельного типу.

Основний обробіток ґрунту поєднується із внесенням органічних та мінеральних добрив.

Підготовка агрегатів до роботи на оранці починається з підготовки самого поля, налаштування та регулювання плугів. Їх робота під час основного обробітку ґрунту під міскантус не має яких-небудь специфічних особливостей та здійснюється відповідно до загальноприйнятих схем та інструкцій для зяблевої оранки як такої.

Таблиця 39

Агротехнічні вимоги до глибокої оранки

Показники	Нормативи	Допуски
Агрегат для глибокої оранки: трактори ХТЗ-17221-21, Джон Дір; оборотний плуг – ПОНП-6, ПЛН-5-35 Лемкен EuroDiamant 8		
Початок виконання робіт	3 декада липня – 1-2 декада серпня (вслід за внесенням добрив)	1-2 дні після внесення добрив
Тривалість роботи в одному полі, днів	6	± 2
Прямолінійність, м	без відхилень від прямої лінії	+1м на 500 м гону
Оборот пласта	повний	-
Загортання післяжнивних решток, бур'янів, добрив, %	не менше 95%	+2
Гребені, см	не більше 5	-2
Огріхи, не оброблені поворотні смуги	не допускаються	-
Глибина оранки, см	30 - 32	-2
Розряд роботи	V	

Система основного обробітку ґрунту під міскантус за напівпарового способу з самого початку була зорієнтована на переваги тривалого та ретельного літньо-осіннього догляду за зораним у кінці липня – на початку серпня полем. У багатьох сучасних зональних технологіях вирощування міскантуса застосовують напівпаровий обробіток ґрунту. Традиційно літньо-осінній догляд за ріллею включає одне-два боронування важкими чи середніми зубовими боролами (ВНЦ-Р, ЗБЗТС-1,0, ЗБЗСС-1,0) 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.

6.2.4. Вирівнювання ґрунту

Через 10-15 днів після глибокої оранки, у міру випадання дощів і появи сходів бур'янів, поле обробляють широкозахватними агрегатами на глибину 5...6 см. 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 слід дотримуватися деяких агротехнічних вимог, поданих в табл. 40.

Таблиця 40

Агротехнічні вимоги до вирівнювання ґрунту

Показники	Нормативи	Допуски
Агрегат для вирівнювання ґрунту: трактор ХТЗ-17221-21, МТЗ-82; с.-г. машини: Ліра-24, ЗПГ-24		
Час проведення роботи	за появи бур'янів	
Тривалість роботи, дні	2	± 1
Глибина обробітку ґрунту, см	5-6	± 1
Швидкість руху агрегату, км/год.	7-8	+1
Напрямок руху агрегату до оранки, градусів	10-15	+20
Розряд роботи	IV	

За вирівнювання поля восени необхідно, щоб його поверхня до зими не набула надто дрібної структури, оскільки в такому випадку виникає небезпека глинизації поверхні ґрунту та ущільнення і створення умов для виникнення водної ерозії, тому восени не

потрібно вирівнювати ґрунти бідні на гумус і багаті на мул, тому що вони легко запливають.

Осінній обробіток ґрунту (вирівнювання) забезпечує швидке проростання бур'янів та знищення їх сходів, а також створення сприятливих умов для накопичення вологи у ньому в осінньо-зимовий період і активізацію біологічних процесів. Навесні необхідний лише мілкий обробіток ґрунту (закриття вологи).

6.2.5. 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 його 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. 41). Доцільно використовувати широкозахватні агрегати.

Таблиця 41

Агрегати для ранньовесняного обробітку ґрунту під міскантус гігантський

Назва	Марка	Агрегату- ються 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
	Ліра-24			
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

6.3. Підготовка ґрунту та садіння ризом міскантусу гігантського

Технологічний процес з підготовки ґрунту та садіння міскантусу включає такі технологічні операції:

- передсадильна підготовка ґрунту;
- розрахунок потреби в садильному матеріалі;
- садіння міскантусу.

6.3.1. Передсадильний обробіток ґрунту

Передсадильний обробіток ґрунту є складовою частиною єдиного процесу вирощування маточного садивного матеріалу та промислового вирощування міскантусу і повинен здійснюватися не раніше ніж за добу перед садінням. Передсадильний обробіток ґрунту спрямований на максимальне збереження вологи, прогрівання ґрунту, знищення бур'янів, створення оптимальних умов для проростання висаджених ризом.

Оскільки ризомі міскантусу гігантського висаджуються на глибину 8...10 см, передсадильну культивуацію слід проводити у два сліди в різних напрямках до оранки комбінованими агрегатами типу КПН-8 «Поділля» на глибину, що на 2-3 см перевищує глибину садіння (табл. 42, рис. 66). Робоча швидкість – 7-10 км/год. Агрегатується з трактором класу 20 кН.



Рис. 66. Передсадильна культивуація агрегатом Casei Tiger Mate II на полях АФ «Світанок» (с. Велика Офірна Фастівського району)

Культивуацію проводять за вологості ґрунту 25-35% у шарі 0-15 см. Вологість ґрунту в шарі глибше 15 см має становити не більше ніж 40%.

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%. Твердість ґрунту в розпушеному шарі має бути в межах 0,3...0,5 МПа.

Таблиця 42

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
	АРВ-8,1-0,1		8,1	10,0
	АГ-6		6,0	6,6
	АП-6		6,0	6,6
	К-11 «Краснянка»	30-50 кН	11,0	11,0
	Alligator 9KM		9,0	9,0
	КПН-8 «Поділля»		8,0	8,0

Перший прохід агрегату проводять по лінії, визначеній віхами, що забезпечує прямолінійність руху. При цьому перевіряють якість його роботи: глибину обробітку ґрунту, гребнистість поверхні розпушеного шару, якість підрізання бур'янів. Якість роботи агрегату на передсадильному обробітку ґрунту необхідно постійно перевіряти згідно з агротехнічними вимогами (табл. 43).

Таблиця 43

Агротехнічні вимоги до передсадильного обробітку ґрунту

Показники	Нормативи	Допуски
Агрегат для виконання передсадильного обробітку ґрунту: трактори ХТЗ-17221-21, с/г машина КПН-8 «Поділля»		
Строки виконання роботи	одночасно з садінням живців	
Тривалість роботи в одному полі	1-2	-
Глибина розпушеного шару ґрунту, см	10 – 12	+ 2
Знищення бур'янів, %	не менше 98%	-
Висота гребенів або глибина бороздок, см	1,5	± 0,2
Швидкість руху агрегату, км/год.	7 – 10	± 1
Напрямок руху агрегату	під кутом 3-4 ⁰ С до напрямку садіння	-
Забезпеченість підготовки ґрунту	на 3-4 проходи до напрямку садіння	-
Розряд роботи	V	

Отже, основна мета передсадильного обробітку – створити для міскантусу сприятливі умови для приживлювання та проростання ризом, покращити аерацію ґрунту, зменшити кількість бур'янів.

6.3.2. Методи визначання показників якості обробітку ґрунту

Для визначання фракційного складу розпушеного верхнього шару ґрунту відбирають проби ґрунту на чотирьох облікових ділянках, що рівномірно розміщені по діагоналі поля. Проби (весь розпушений ґрунт) відбирають у межах накладеної рамки розміром 0,1 м² (рамка 0,40 м х 0,25 м). Відібрані проби розділяють на такі фракції за найбільшим діаметром: до 10 мм, 10...20 мм, більше 20 мм, просіваючи на спеціальному наборі решіт з діаметрами отворів, що відповідають вищенаведеній градації. Решета в наборі розміщують у порядку зменшення отворів, під решетами встановлюють піддон. Обережними коливаннями решіт забезпечується розподіл (просіювання) ґрунту на відповідні фракції. Ґрунт фракцій менше 10 мм просівається в піддон набору решіт. Кожну фракцію зважують з точністю ± 5 г. За результатами зважувань визначають середнє арифметичне значення маси кожної фракції ґрунту. Відношення маси ґрунту кожної фракції до загальної маси ґрунтової проби, виражене у відсотках, є показником фракційного складу ґрунту.

Глибину обробітку ґрунту визначають шляхом заглиблення в нього лінійки (ДСТУ ГОСТ 427:2009) до необробленого шару [26]. Глибину визначають на чотирьох облікових ділянках, що рівномірно розміщені по діагоналі поля. На кожній ділянці з рівномірним інтервалом за шириною та довжиною проходу ґрунтообробного агрегату проводять не менше 25 вимірів. Похибка вимірювання не повинна перевищувати 0,5 см. За результат приймають середнє арифметичне усіх вимірів, виражене у сантиметрах.

Твердість ґрунту визначають за допомогою твердоміра Рев'якіна згідно з ГОСТ 20915 [17].

Вологість ґрунту визначають гравіметричним методом згідно з ДСТУ ISO 11465 [29].

6.3.4 Садіння ризом міскантусу гігантського

За даними вчених календарні строки садіння за роками можуть значно змінюватись залежно від стану ґрунту [1]. Тому основним

критерієм вибору оптимальних строків садіння ризом міскантусу є температурний режим ґрунту на глибині їх загортання. Останнім часом спостерігається тенденція до зміни погодних умов, зокрема, інтенсивного прогрівання ґрунту у весняний період. Вегетаційний період теплолюбних культур обмежується переходами середньої добової температури повітря через $+10^{\circ}\text{C}$ (як правило, у цю пору заморозків не буває), а період найбільшої активної вегетації – з переходами температури через $+15^{\circ}\text{C}$. У другій половині ХХ ст. початок, кінець і тривалість теплового і холодного періодів року в лісостеповій зоні змінився на 5 днів [84].

Більшість дослідників вважають, що оптимальні строки садіння ризом міскантусу настають за фізичної стиглості ґрунту, коли температура ґрунту на глибині 5 см досягне $+10...12^{\circ}\text{C}$ та повітря – $+15^{\circ}\text{C}$. Тобто, починаючи з середини квітня і до середини травня. Більш пізнє садіння є ризикованим у зв'язку з можливістю весняної посухи [39, 215, 101, 158].

Проте, як показує практика, оптимальний час садіння – з березня до квітня, і це пов'язано з використанням весняної вологи в ґрунті, що забезпечує кращий ріст і розвиток рослин. Це важливо, оскільки швидкий ріст і розвиток сприяє більшому накопиченню поживних речовин у кореневищах, а також дозволяє культурі краще переносити засуху і мороз [223].

Тому наявність достатньої кількості вологи у ґрунті на час садіння відіграє важливу роль, оскільки міскантус є вологолюбною рослиною [224]. У зв'язку з цим садіння необхідно здійснювати у першій декаді квітня, коли верхні шари ґрунту найбільш насичені вологою.

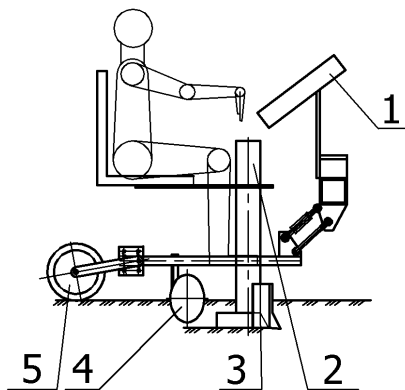
Ризоми міскантусу, як і бульби картоплі, слід висаджувати у ґрунт на таку глибину, щоб під час догляду за насадженнями вони не витягувались на поверхню ґрунту. Водночас слід пам'ятати, що за надто глибокого загортання, особливо на зв'язаних важких ґрунтах, ризоми можуть відчувати нестачу повітря. Внаслідок цього можливе зрідження сходів або вони можуть з'являтися із запізненням [45].

Глибина загортання обґрунтовується біологією рослин і залежить від багатьох чинників. Найважливішими з них є: вологість ґрунту, його гранулометричний (механічний) склад, кліматичні умови, біологічні особливості сорту, якість садивного матеріалу [54]. На суглинистих і супіщаних ґрунтах доцільно садити ризоми на глибину 8...10 см, на піщаних – 10...12 см [47, 104]. Із літератури

відомо, що невеликі кореневища (менше 4 см), посаджені дуже глибоко, не завжди можуть прорости, і вважають, що нормальною є глибина 4...6 см [37, 133, 163], хоча ряд інших вчених пропонує більшу глибину загортання 12...15 см [211], тому що глибиною загортання регулюється морозо-зимостійкість.

Для зони Лісостепу України рекомендується садіння ризом міскантусу здійснювати на глибину 8...10 см з густотою 14...20 тис. ризом/га, з міжряддям 70 см та кроком садіння в 70...100 см. Проведеними дослідженнями встановлено, що ущільнення ґрунту навколо висаджених ризом зменшує польову схожість та подовжує період появи сходів. Оптимальною для проростання ризом є твердість ґрунту в межах 0,3...0,5 МПа [48].

Для механізованого садіння ризом міскантусу може використовуватись спеціальна садильна машина (рис. 67).



а)



б)

Рис. 67. Механізоване садіння ризом міскантусу гігантського на Прикарпатській ДСГДС (с. П'ядики Коломийського району):

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

1 – ящик для ризом, 2 – садильна труба, 3 – борозноутворювач, 4 – загортачі, 5 – причовувальні колеса

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 [53].

ІБКіЦБ запропоновано дещо удосконалений варіант садильної машини (рис. 68).

Садильна машина ризом 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.

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.

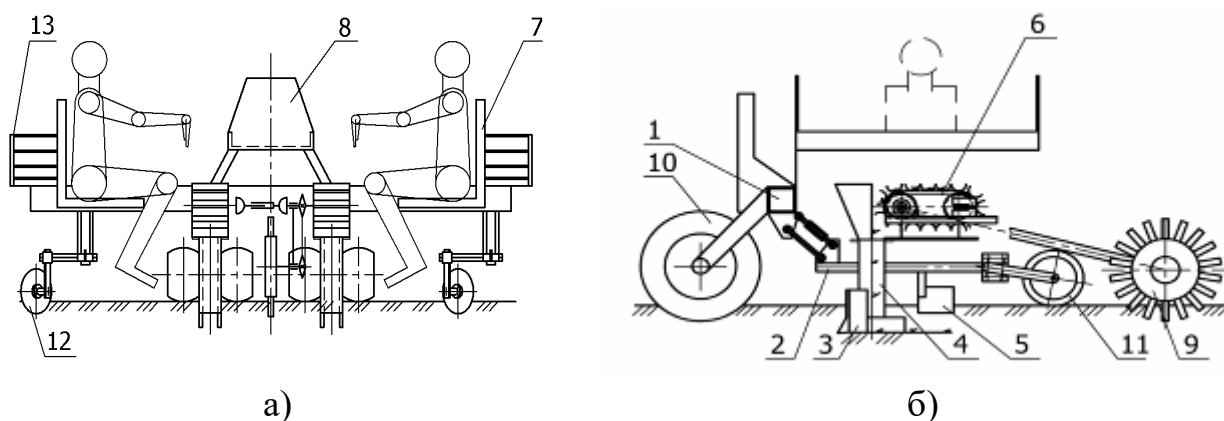


Рис. 68. Схема дворядної садильної машини СМ-2 (розробка ІБКіЦБ [80]):

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.

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 однією перевагою машини СМ-2 є те, що борозна загортається рихлою землею без прикочування – копіюючі колеса 11 розташовані по обидві сторони рядка, що додатково збільшує приживлюваність ризом.

Садіння ризом проводиться на робочій швидкості 1,2...3,5 км/год, що відповідає першій передачі трактора зусилля 14-20 кН, обладнаного ходозменшувачем (рис. 69). Додатково на машині СМ-2 може встановлюватись шлейф для вирівнювання поверхні поля та спеціальний маркер для орієнтування агрегату під час досходового боронування.

Ризоми на поле вивозять розфасованими у тару (мішки або ящики) і лишають на обох кінцях гонів поля. З них ризоми засипають у бункер, що встановлений на садильній машині. За схеми садіння 70х90 см одного ящика ризом вистачає приблизно на 500 м рядка. Спорожнілий бункер досипається новою порцією садивного матеріалу. Якщо довжина гону (поля) більше 500 м, то посередині його доцільно розмістити місця дозавантаження. В кінці гону агрегат оглядають, за необхідності очищають від ґрунту та рослинних решток борозноутворювачі.



Рис. 69. Садіння міскантусу гігантського на дослідному полі ІБКіЦБ (с. Ксаверівка друга) дворядною машиною СМ-2 (розробка ІБКіЦБ)

Якість садіння значною мірою залежить від кваліфікації робітників, які обслуговують садильні апарати. Виконання ними одноманітної роботи, пов'язаної із вибиранням ризом з ящика та розкладанням їх по планчастому транспортеру призводить до швидкої втоми і, як наслідок, втрати пильності. За недостатньої їхньої уваги буде збільшуватись кількість пропусків, тому необхідно мати дві зміни робітників.

Показники якості садіння ризом міскантусу наведені у таблиці 44.

Показники якості садіння ризом міскантусу гігантського

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

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

В Англії для садіння ризомів використовують саджалку з автоматичним робочим органом (рис. 70-71).



а)



б)

Рис. 70. Англійська садильна машина ризомів NEF RP200:

а) зовнішній вигляд; б) бункер з ризомами



Рис. 71. Машина для садіння ризом у роботі (продуктивність садіння – 20 га в день)

Для садіння міскантусу ці машини мають спеціальні сошники, розподільчі й подаючі пристрої садивного матеріалу до сошників, а також обладнання для прикочування ґрунту після садіння.

6.3.5. Методи визначання показників якості садіння

Показники якості садіння ризом міскантусу визначають на п'яти облікових ділянках, що рівномірно розміщені по діагоналі поля. Крайні ділянки повинні знаходитись на відстані не ближче ніж 20 м від краю поля. Довжина облікової ділянки має бути 15 м, ширина – вісім основних міжрядь (ширина захвату машини). На обліковій ділянці у кожному рядку розкривають підряд не менше 10 ризом.

Втрати ризом під час їх садіння визначають за кількістю ризом, залишених після садіння на поверхні облікової ділянки. За результат приймають виражене у відсотках відношення числа втрачених ризом до загального числа ризом, висаджених на обліковій ділянці.

Для визначення глибини загортання ризом за допомогою лінійки (ДСТУ ГОСТ 427:2009) заміряють відстань від найвищої точки ризому до поверхні поля. Похибка вимірювань не може перевищувати 0,5 см. За результат приймають середнє арифметичне усіх вимірів, виражене у сантиметрах.

Ширину міжрядь визначають шляхом вимірювання відстані між осьовими лініями двох суміжних рядків за допомогою рулетки (ДСТУ 4179) [27]. Похибка вимірювання не повинна перевищувати 1 см. За результат приймають середнє арифметичне усіх вимірів, виражене у сантиметрах.

Щоб визначити кількість пропусків, підраховують на обліковій ділянці число пустих (не зайнятих ризомами) садильних місць. За результат приймають виражене у відсотках відношення числа виявлених пустих садильних місць до загального числа садильних місць, передбачених схемою садіння.

Крок садіння визначають шляхом вимірювання відстані у рядку між центрами ризом за допомогою рулетки (ДСТУ 4179). Похибка вимірювання не повинна перевищувати 1 см. За результат приймають виражене у сантиметрах середнє арифметичне усіх вимірів. За наявності пропусків відстань між центрами сусідніх ризом не враховується під час визначання кроку садіння.

Для визначання ущільнення ґрунту навколо ризом за допомогою динамометра (ГОСТ 13837) [16] поступово витягують ризоми із ґрунту і фіксують зусилля за шкалою динамометра. Для вимірювання

використовують не менше ніж 10 ризом у кожному рядку на обліковій ділянці. Похибка вимірювання не повинна перевищувати 0,5 Н. За результат приймають середнє арифметичне усіх вимірів, виражене у Ньютонах. Усі розрахунки проводять з точністю до десятих з наступним заокругленням результатів до цілого числа Ньютонів.

Витягнуті під час визначання ущільнення ґрунту ризоми оглядають, щоб визначити пошкодження, які були нанесені під час садіння. За результат приймають виражене у відсотках відношення числа ризом з ушкодженням до загального числа оглянутих ризом. Під час проведення розрахунку звертають увагу на частку пошкоджених ризом у вихідному садивному матеріалі.

Приживання ризом міскантусу визначають через 40 діб (рис. 72) після завершення садіння. Для цього виділяють шість облікових ділянок, довжиною 50 інтервалів між рослинами та шириною – вісім основних міжрядь. На кожній обліковій ділянці підраховують кількість пророслих ризом. За результат приймають виражене у відсотках відношення числа виявлених ризом, які дали сходи, до загального числа обстежених.



Рис. 72. Сходи міскантусу через 40 днів після садіння

6.4. Догляд за плантаціями міскантусу гігантського

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

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

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

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

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

Догляд за плантаціями міскантусу включає такі технологічні операції:

- контроль за бур'янами під час вирощування міскантусу шляхом застосування хімічних засобів;
- розпушування ґрунту в міжряддях;
- захист міскантусу від шкідників і хвороб за потреби.

6.4.1. Досходове боронування ґрунту

Післясадильний обробіток – система заходів обробітку ґрунту (від садіння ризом до збирання біомаси), яка передбачає створення оптимальної структури верхнього шару ґрунту для інтенсивного проростання ризом та дружної появи 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.

Досходове боронування насаджень міскантусу проводять з метою знищення бур'янів, які перебувають у фазі «біла ниточка» та фазі сім'ядоль, і руйнування ґрунтової кірки [34, 105].

Тип борін підбирають з таким розрахунком, щоб під час обробітку розпушений шар не був глибоким. За застосування зубових борін для зменшення кількості проходів агрегатів на плантаціях і підвищення їх продуктивності комплектують широкозахватні агрегати.

Боронування проводять до появи перших сходів міскантусу пружинними боронами БП-12 «Метелик», ЗБР-24 «Зебра», ЗПГ-12, ЗПГ-24 вздовж рядків [72]. Зубові борони використовують залежно від щільності ґрунту: на ущільнених – посівні ЗБП-06, на не ущільнених – райборінки ЗОР-07. Боронувальний агрегат рухається під кутом 25-30° до напрямку рядків. З першого проходу агрегату перевіряють глибину обробітку ґрунту. Якщо вона не відповідає заданій, змінюють борони на легші чи важчі. Швидкість руху агрегату – 7 км/год.

Агротехнічні вимоги до суцільного досходового обробітку ґрунту наведено в таблиці 45.

Таблиця 45

Агротехнічні вимоги до суцільного досходового обробітку ґрунту

Показники	Нормативи
Початок проведення роботи	На 3-6 день від початку садіння
Глибина обробітку ґрунту	3,0-5,0 см
Швидкість руху агрегату, км/год	до 7
Пропуски за агрегатом і міжсуміжними проходами, витягування ризом із ґрунту	не допускається

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

Комбінована система захисту від бур'янів використовується на площах з високим рівнем присутності насіння бур'янів 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 наступних обприскувань сходів. Застосування ґрунтових гербіцидів знижує напруження в проведенні захисних заходів контролю за бур'янами в період сходів (рис. 73-74).

Повільний початковий ріст і розвиток міскантусу суттєво знижує його здатність до конкуренції з бур'янами. В процесі посадки ризом міскантусу проходить обробіток ґрунту, тим самим сприяючи проростанню насіння бур'янів. Також, низька щільність садіння рослин залишає велику площу для активного росту бур'янів. Важливим є очищення площ під майбутнє садіння ризом міскантусу від багаторічних та проблемних видів бур'янів. Для цього із осені або за рік до садіння ризом вносять гербіцид суцільної дії Раундап нормою 4,0-6,0 л/га, а потім проводять глибоку оранку [56, 59, 66, 58, 61, 67, 65, 62, 83].



Рис. 73. Міскантус в бур'яні



Рис. 74. Міскантус після обробки робочим розчином гербіцидів

Отже, на полях, де планується закладення міскантусу, до початку садіння проводять комплекс агротехнічних заходів, спрямованих на знищення бур'янів: напівпаровий обробіток ґрунту, застосування гербіцидів суцільної дії, суцільні рихлення на глибину загортання посадкового матеріалу.

Слід враховувати, що несвоєчасний контроль за бур'янами у процесі вегетації міскантусу в перший рік вегетації не тільки затримує ріст рослин, але і може спричинити відсутність кущіння.

Тому післясходові обприскування слід проводити у фазі сім'ядоль – 2-х листочків у бур'янів, і в залежності від їх видового складу насадження міскантусу обробляють одним із перелічених гербіцидів: Пріма с.е. (0,6 л/га) або МайсТер Пауер OD, МД (1,5 л/га) або МайсТер® 62% В.Г. (150 г/га) за настання фази інтенсивного пагоноутворення у культури та появи масових сходів бур'янів. Слід відзначити, що після обробітку гербіцидами можливе незначне пригнічення рослин міскантусу [64, 44, 63, 60, 57, 82, 81].

Мілагро 240 SC, к.с. (240 г/л нікосульфурону) є ефективним для захисту посівів міскантусу від сходів однорічних дводольних та злакових видів бур'янів за внесення у нормі 1,2 л/га.

Головні переваги препарату:

- найбільш селективний до культури серед усіх відомих сульфонілсечовин (фаза внесення – від 3 до 6 листків у культури включно);
- контролює всі злакові бур'яни, включаючи багаторічні, у тому числі пирій повзучий і гумай разом з кореневою системою;
- високоефективний навіть в умовах посухи;
- не має післядії на наступні культури.

Рекомендована норма витрати робочого розчину 150-200 л/га. Не ефективно використовувати Мілагро 240 SC, к.с. за температур нижче +15°C і вище +25°C. Фосфорорганічні інсектициди використовувати за 7 днів до або через 4 дні після внесення Мілагро.

Механізм дії: препарат є безпечним для культури у всі фази рекомендованого застосування. Мілагро поглинається листками та стеблами бур'янів і швидко переміщується до кореневої системи рослин. Мілагро 240 SC, к.с. інгібує поділ клітин шляхом блокування синтезу основних амінокислот. Бур'яни швидко припиняють ріст і конкуренцію з культурою, через тиждень стають червонуватими і поступово гинуть (приблизно через три тижні).

МайсТер Пауер (Форамсульфурон, 31,5 г/л + йодосульфурон-метил натрію, 1,0 г/л + тієнкарбазон-метил, 10 г/л + ципросульфамід (антидот), 15 г/л), норма внесення – 1,5 л/га. Норма використання води – 200-250 л/га.

Післясходовий гербіцид широкого спектру дії для боротьби з однорічними і багаторічними дводольними і злаковими бур'янами, в т.ч. з такими найбільш шкочинними бур'янами, як берізка польова та гірчак (види), контроль яких раніше потребував використання бакових сумішей.

МайсТер Пауер унікальний гербіцид, в якому за використання передових технологій поєдналися три високоефективні діючі речовини й антидот в одній інновативній формуляції. Препарат, окрім відмінних «спалювальних» властивостей щодо вегетативної маси бур'янів, також має ґрунтову дію (тіенкарбазон-метил), що запобігає проростанню останніх впродовж усієї вегетації культури.

Завдяки наявності антидоту в складі МайсТер Пауер гербіцид безпечний для міскантусу (за нормальних умов вегетації) від початку вегетації до 10-го листка культури. Оптимальний гербіцидний ефект досягається при застосуванні препарату МайсТер Пауер у фазі 5-6 листків міскантусу. За пізніх фаз використання (10-й листок у культури) слід уникати обробки МайсТер Пауером за наявності роси.

Тітус 25 в.г. (римсульфурон 250 г/л, + ПАР Тренд 90) нормою 50 г/га + 0,2 л/га. Норма використання води – 200-250 л/га.

Тітус є післясходовий гербіцид, який використовують з метою захисту міскантусу від злакових, а також від дводольних бур'янів, включаючи найбільш проблемні їх види.

Проникнення діючих речовин Тітуса відбувається здебільшого через листя, тому на його ефективність не впливає наявність вологи в ґрунті. Після проведення обробки діюча речовина досить швидко переміщається до точок росту рослини бур'янів. Римсульфурон блокує такий фермент, як ацетолактатсинтаза, у всіх злакових і більшій частині дводольних бур'янів. Через пару годин призупиняється ріст сприйнятливих бур'янів, і вони більше не можуть конкурувати з культурою в споживанні мінеральних речовин і вологи. Серед видимих симптомів дії гербіциду можна відзначити хлороз, почервоніння, некроз, скручування стебел бур'янів і деформацію їх листя. Вони стають помітні іноді вже на наступний день, максимум через тиждень. Неоднакові механізми дії компонентів розширюють спектр активності і підвищують ефективність Тітуса. Оскільки гербіцид швидко розкладається в ґрунті, будь-які інші культури можна висівати восени і навесні.

Порядок приготування робочого розчину: заповнити бак обприскувача на 1/3 водою, готувати маточний розчин не потрібно, залити препарат, включити змішувач на 10-15 хв, долити до відповідної норми водою, ще раз перемішати впродовж 10-15 хв перед внесенням. Робочий розчин слід використати впродовж 24 годин після приготування. В заправленому обприскувачі змішувач повинен працювати постійно до закінчення процесу обприскування.

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

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

Проводити розпушування міжрядь і внесення гербіциду краще неодноразово, оскільки форсунки обприскувача легко забруднюються пилом від механічного обробітку ґрунту. Крім того, дія гербіцидів на забруднені ґрунтом листки знижується. Доцільно спочатку провести смугове обприскування, а потім культивацію (обробіток) ґрунту в міжряддях. Механічний обробіток необхідно проводити кілька разів до дозволяючої висоти рослин міскантусу.

Технологія внесення гербіцидів. Для внесення препаратів необхідно від 100-150 до 200-250 л/га води з робочим тиском 2,0-3,0 атм. Правильний вибір розпилювача визначає величину крапель, внесення оптимальної кількості гербіциду на цільовий об'єкт і втрати препарату через випаровування і знесення повітряними потоками. Для діапазону витрати рідини 200 л/га особливо придатні розпилювачі з плоским конусом розпилу типу LU і XR із соплами типу 11003 і 407-03. Уже за низького тиску від 1,5 до 2,0 атм. вони забезпечують необхідний розподіл краплин.

Для якісного внесення робочого розчину швидкість руху агрегату не повинна перевищувати 6-7 км/год. Оскільки на обсяг води, що витрачається, впливають тип розпилювача, робочий тиск рідини і швидкість руху, режим обприскування необхідно встановлювати відповідно до ширини захвату обприскувача, довжини поля і числа повних обробітків, для того щоб обприскувачі можна булоправляти на краю поля.

Вносять препарати штанговими обприскувачами з шириною захвату (15-30 м). Наразі найбільш зручними оприскувачами є ОП-2000-2-01, Харді-2200 та ОВП-1500 (Садовий), ОПК-3000, що обладнані щільними розпилювачами, відсікаючими індивідуальними клапанами та фільтрами. Агрегати для виконання цього технологічного процесу наведено в таблиці 46.

Наземне обприскування проводять у суху погоду за швидкості вітру до 5 м/сек. 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 $\pm 5\%$.

Таблиця 46

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

Під час роботи штанга обприскувача не повинна коливатись у вертикальному напрямку. Рух агрегату повинен бути плавним, на постійній швидкості. Це забезпечує рівномірність внесення робочої рідини. Не допускається проведення повторних проходів і перекриття та наявності огріхів (табл. 47).

Таблиця 47

Агротехнічні вимоги до внесення ґрунтових гербіцидів

Показники	Нормативи
Агрегат для внесення розчинів ґрунтових гербіцидів: трактор МТЗ-82, с.-г. машина ОП-2000-2-01, ОПК-3000	
Строк проведення роботи	перед основним обробітком ґрунту згідно з рекомендаціями
Норма внесення препаратів, %	згідно з рекомендаціями залежно від швидкості руху та ширини захвату агрегату. Норма на 1 га встановлюється за діючою речовиною
Нерівномірність розподілу гербіцидів, %	не допускається
Глибина загортання гербіцидів, см	згідно з рекомендаціями, адаптовано до зони
Спосіб руху агрегатів	прямолінійний
Швидкість руху агрегатів, км/год.	5-8
Ширина смуги, що обробляється розпилювачем, см	регулюється висотою розпилювачів відносно поверхні ґрунту
Повторна обробка (перекриття захвату)	не допускається пропусків, агрегат обладнаний маркерами, відмічати вмикання
Оптимальна норма внесення рідини, л/га	100-150 до 200-250
Швидкість вітру, м/сек.	до 5
Температура, °С	10-30
Розряд роботи	VI

Компромісним рішенням є застосування малих норм внесення сучасних гербіцидів досходовим способом у комбінації з післясходовим. Розроблено агротехнічні вимоги до захисту міскантусу від бур'янів (табл. 48).

Таблиця 48

Агротехнічні вимоги до внесення гербіцидів по сходах міскантусу

Показники	Нормативи
Агрегати для виконання роботи: трактор МТЗ-82, с.-г. машина ОП-2000-2-01, ОПК-3000, ОСШ-2500	
Строки проведення обприскування по сходах	перше – у фазі від 3 до 6 листків у бур'янів; друге – від початку вегетації до 10 листка міскантусу
Висота рослин міскантусу, см	30
Норми внесення і перелік препаратів	зазначені у розділі
Швидкість руху агрегату, км/год.	4-8
Температура повітря за обприскування, °С	15...24 вранці або увечері
Швидкість вітру, м/с	до 5
Спосіб руху агрегату	по міжряддях, човниковий
Ширина поворотних смуг	всі однакових розмірів
Пропуски за агрегатом і між суміжними проходами	не допускається
Розпилювачі	щільні розпилювачі, розраховані на норму виливу +відсікаючі клапани+фільтри
Норма витрати робочої рідини, л/га	90-260
Нерівномірність розподілу робочої рідини по ширині захвату	
-окремими розпилювачами від середньої витрати	до 25%
-усіма розпилювачами на шлангу	до 10%
Розряд роботи	VI

6.4.3. Шкідники міскантусу гігантського

Попередньо вважалося, що міскантус є гібридом і має стійкість до шкідників. Але в подальшому з'ясувалося, що це не зовсім вірно [142]. Проведені дослідження в США та Європі свідчать, що вирощування міскантусу як енергетичної рослини сприяє збільшенню чисельності спільних шкідників з продовольчими культурами. Тому

не можна виключати те, що по мірі розповсюдження міскантусу деякі шкідники можуть завдавати певну шкоду рослинам цієї культури [134, 236].

За результатами обстеження посадок міскантусу встановлено, що найбільшої шкоди рослинам цієї культури завдають такі ґрунтові шкідники як дротяники – личинки коваликів (*Elateridae*), несправжні дротяники – личинки чорнишів (*Tenebrionidae*), личинки пластинчастовусих жуків (*Scarabaeidae*) – хрущів і хлібних жуків та капустянка [110, 111, 109].

Родина ковалики *Elateridae* належить до ряду твердокрилих, або жуків (*Coleoptera*). В Україні найчисельнішими видами цієї родини є посівний, широкий, степовий, смугастий, темний та чорний ковалики. **Ковалик посівний** (*Agriotes sputator* L.) (рис. 75) поширений в усіх зонах України, личинки цього виду становлять основну масу дротяників, **широкий** (*Selatosomus latus* F.) та **смугастий** (*Agriotes lineatus* L.) ковалики більш поширені на Поліссі, Прикарпатті і в Лісостепу, **степовий** (*Agriotes gurgistanus* Fald.) – у Лісостепу і Степу [23]



а



б

Рис. 75. Ковалик посівний (*Agriotes sputator* L.)

а) – імаго ковалика посівного, б) - дротяники – личинки коваликів

Дротяники зустрічаються повсюдно, але чисельність їх у різних регіонах України неоднакова. Як свідчать дані прогнозів, щільність цих шкідників перебуває у межах від 2-3 до 5-8 екз./м². На окремих площах чисельність їх дуже висока і становить 20-40 і навіть близько 100 екз./м².

Тіло жуків коваликів видовжене (від 7-8 до 12-14 мм), чорне, буре або темно-коричневе. Якщо жука покласти на спину, він,

лускаючи, підстрибує. За формою тіла дротяники тонкі, видовжені, циліндричні або дещо сплюснуті, коричневі або жовті, мають відносно тверді покриви. Дорослі личинки довжиною від 14-18 мм (посівний) до 28-35 мм (степовий). Личинки розвиваються в ґрунті до 2-3 років, живлячись кореневою системою рослин, часто завдаючи шкоди сільськогосподарським культурам, особливо із родини злакових. Завдяки формі тіла личинки дуже легко пересуваються під землею і мігрують від рослини до рослини, тому здатні пошкоджувати велику їх кількість за невеликий проміжок часу. Личинки мають вузьке червоподібне тіло, що складається з 13 члеників.

Навесні дротяники просуваються з нижніх шарів ґрунту ближче до поверхні, в цей період вони завдають найбільшої шкоди рослинам. Влітку, коли вологість ґрунту у верхньому шарі зменшується, дротяники мігрують у нижчі шари на глибину 20-30 см.

Дротяники проточують ходи або виїдають вміст ризомів, пошкоджують підземні частини стебла та кореневої системи. У зв'язку з цим посилюється ураження проростків хворобами, пошкоджені рослини в'януть, жовтіють і засихають, рослини відстають у рості, що в свою чергу веде до зрідження посадок, а інколи до їх загибелі.

Шкідливість личинок коваликів залежить від погодних умов року, їх чисельності, видового складу та вікового стану популяції, кількості ентомофагів – їх ворогів, температури, вологості та структури ґрунту, а також від рівня агротехніки. Шкідливість дротяників зростає з півдня на північ, що пояснюється не тільки зростанням чисельності шкідників, а й тривалішим періодом проростання, коли пошкодження особливо небезпечні для рослин.

Крім дротяників (личинок коваликів) міскантусу можуть завдавати шкоди кілька видів **жуків-чорнишів** (під. *TENEBRIONIDAE*). Найбільш розповсюджений з них піщаний мідляк (*Opairum sabulosum* L.). Зустрічається також кукурудзяний (*Pedinus femoralis* L.), степовий (*Blaps halophila* F.-W.) і широкогрудий (*Blaps lethifera* Marsh.) чорниші та степовий мідляк (*Blaps halophila* Fisch.) [23].

Личинки (дротяники несправжні) зовні схожі на дротяників, зверху вони випуклі, землисті-сірі, знизу плоскі й світлі, з майже чорними передніми і задніми кінцями тіла. Ніг три пари, передня майже вдвоє більша за середню і задню.

Личинки живуть у ґрунті і так само як дротяники пошкоджують підземну частину рослин.

Капустянка звичайна (*Gryllotalpa gryllotalpa* L.) (рис. 76).

Капустянка відноситься до членистоногих комах і має досить великі (як для комах) розміри. Довжина тіла капустянки становить від 3,5 до 5 см. Зверху її тулуб має коричнево-бурий колір, знизу бурувато-жовтий. Її буре тіло покрите густими тонкими золотистими волосками. Капустянки більше всього люблять вологі місця: луки, заплави річок. Живуть вони зазвичай в підземних ходах.

Живе ця комаха в ґрунті, копаючи довгі і досить глибокі нори. Влітку ходи капустянки пролягають на глибині 10-20 см, а до зими вона заривається на глибину 1 м і глибше [23]. Харчується дрібним корінням, призводячи до ослаблення і загибелі рослин, а також комахами, які трапляються їй під землею.



Рис. 76 Капустянка звичайна (*Gryllotalpa gryllotalpa* L.)

Вдень капустянки сидять в своїх підземних ходах, а вночі виходять харчуватися і літати: вони досить добре літають в пошуках нових придатних для поселення місць.

Найвідчутнішої шкоди рослинам міскантусу завдають личинки другого і третього віку **хрущів травневого (*Melolontha melolontha* L.)** (рис. 77) і **червневого (*Amphimallon solstitialis* L.)**, які найбільше можуть пошкоджувати кореневу систему міскантусу у роки посадки, а також у період вегетації культури, що може призводити до зрідження посадок культури [110, 111, 109, 23].



а)



б)

Рис. 77. Хрущ травневий:

а) - травневий хрущ (*Melolontha melolontha* L.); б) – пошкодження кореневої системи міскантусу личинками травневого хруща.

Личинки **хлібних жуків** (*Anisoplia austriaca* Hrb.) (рис. 78) так само, як і личинки хрущів, пошкоджують підземну частину рослин, що також може призвести до зрідження посадок цієї культури.



1. Личинка.
2. Лялечка.
3. Лялечка у ґрунтовій колисочці.
4. Пошкодження кореневої системи личинками

Личинка хлібного жука у колисочці

Рис. 78. Хлібний жук (*Anisoplia austriaca* Hrbst.)

Крім личинок жуків з ряду твердокрилих рослини міскантусу можуть пошкоджувати гусениці підгризаючих і листогризучих совок (рис. 79, 80). Зокрема, гусениці підгризаючих совок пошкоджують рослини біля самої землі, нерідко зовсім відокремлюючи листову розетку, перегризають черешки окремих листків або пагони, чи виїдають ямки у ризомах міскантусу. Гусениці цих совок ведуть нічний спосіб життя і на поверхню ґрунту виходять у сутінках, а на день (крім перших віків), ховаються у ґрунті. Лише в окремих випадках, за похмурої і дощової погоди, можна побачити гусениць, які повзають по землі або живляться на верхівках (на молодих нерозвинених листках) коренів.



а



б

Рис. 79. Озима совка:

а) озима совка (*Scotia segetum* Schiff.)

б) личинки озимої совки

Гусениці листогризучих совок об'їдають листки, залишаючи цілими тільки великі жилки крайніх із них, а центральні, що не розкрилися, іноді зовсім знищують.

На противагу підгризаючим, гусениці совок листогризучих більшу частину дня проводять на рослинах, ховаючись лише в дуже спекотну пору в затіненій їх частині, або як, наприклад, капустяна совка і карадрина – у поверхневому шарі ґрунту.

Звичайна злакова попелиця (*Schizaphis graminum* Rond. Цей шкідник пошкоджує пшеницю, ячмінь, овес, міскантус, сорго, рис, жито, суданську траву, живиться на багатьох дикорослих злаках (рис. 81).

Безкрилі партеногенез-тичні самки-засновниці розміром 2,7-2,9 мм, світло-зелені, з поздовжньою зеленою смугою посередині спини.



а



б

Рис. 80. Совка-гамма:

а) совка-гамма (*Autographa gamma* L.)

б) гусениця совки-гамми

Яйце – 0,6 мм, видовжено-овальної форми; свіжовідкладене – зеленувате, з часом темніє і стає чорним.

Життєвий цикл однодомний. Живе великими колоніями на нижній і верхній поверхнях листя злаків. Зимують яйця на листі сходів озимих культур і дикорослих злаків. Засновниці виходять з яєць, що перезимували, на початку - в середині квітня.

За теплої сухої погоди попелиця розмножується в масовій кількості, особливо в південних районах, де завдає більше шкоди при відсутності вологи.

Упродовж вегетаційного періоду може розвиватися в 10-12 генераціях. У місцях пошкоджень рослини знебарвлюються, іноді червоніють.



Рис. 81. Звичайна злакова попелиця (*Schizaphis graminu* Rond.)

Крім безпосередньої шкоди попелиці переносять вірусні захворювання злаків.

Значну кількість попелиць знищують кокцинеліди - імаго й личинки, хижі клопи з родин Miridae, Nabidae і Anthocoridae, туруни та стафілініди, личинки мух дзюрчалок і хризопи. Однак не завжди природні вороги в змозі знизити чисельність попелиць до господарсько-невідчутного рівня.

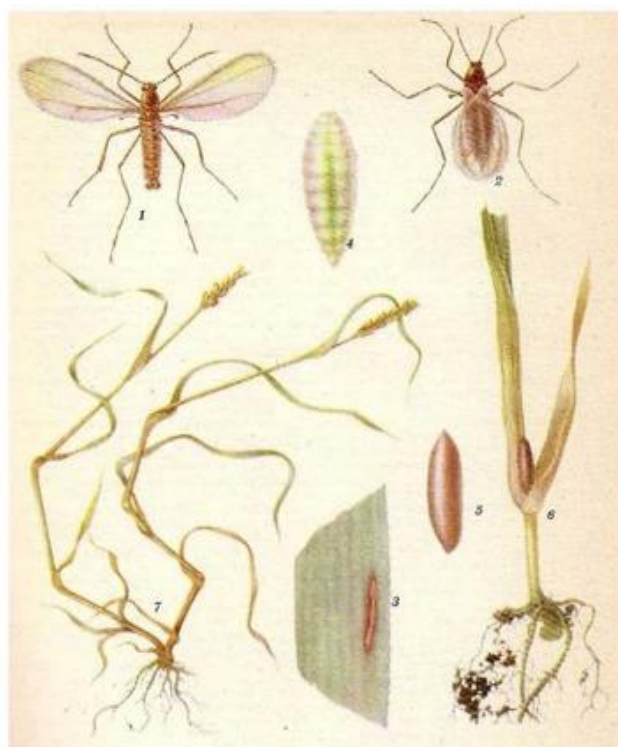
Крім того, рослини міскантусу можуть пошкоджувати личинки **гессенської мухи** (*Mayetiola destructor* Say) (рис. 82).

Найбільш небезпечні пошкодження гессенською мухою рослин міскантусу за ураження головного стебла, що може призвести до загибелі рослини.



Рис. 82. Гессенська муха:

- 1 – самець,
- 2 – самка,
- 3 – яйця на листку,
- 4 – личинка,
- 5 – псевдококон,
- 6 – псевдококон на півхві листа,
- 7 – пошкоджена рослина.



6.4.4. Заходи захисту плантацій міскантусу гігантського від шкідників

Особливо небезпечними для кореневої системи міскантусу є ґрунтові шкідники – личинки травневого та червневого хрущів, дротяники, личинки хлібних жуків, капустянка звичайна та інші, які значно пошкоджують посадковий матеріал. Після садіння ризомів міскантусу та їх укорінення вони грубо об'їдають кореневу систему, що в свою чергу призводить до ослаблення молодих рослин,

відставання їх в рості та розвитку порівняно з неушкодженими або до повної загибелі рослин. Внаслідок цього густота рослин зменшується. Контролювання чисельності цих фітофагів ускладнено, оскільки вони знаходяться в ґрунті, зимують там, і виходять з діапаузи після садіння ризомів міскантусу в ґрунт. Вони інтенсивно живляться молодими корінцями, що призводить до зрідження посадок міскантусу.

Одним із ефективних способів контролювання чисельності цих шкідників є замочування ризомів міскантусу перед садінням у 1-3% розчині інсектицидів системної та контактної-системної дії (Форс Зеа 280 FS, т.к.с.; Гаучо плюс 466 FS, т.к.с.; Пончо Бета 453,3 FS, ТН; Мундус 380 FS, ТН та ін.) [76, 77, 78, 79].

Це дозволяє зберегти потрібну густоту стояння рослин цієї культури за значної чисельності дротяників, личинок травневого та червеневого хрущів, личинок хлібних жуків та інших фітофагів.

За замочування ризомів міскантусу в розчинах інсектицидів системної та контактної-системної дії забезпечується захист кореневої системи цих рослин від личинок ґрунтових шкідників за рахунок створення захисної зони біля ризомів після їх садіння в ґрунт, а також проникнення інсектицидів у кореневу систему і збереження певної їх концентрації у молодій рослині впродовж 30 і більше днів.

У період вегетації рослин необхідно проводити регулярні обстеження посівів. За виявлення значної щільності популяції фітофагів та при загрозі посадкам міскантусу листогризухами та сисними шкідниками проводять обприскування посадок міскантусу інсектицидами Фастак, КЕ (0,25 л/га); Нурелл Д, к.е. (0,8 л/га); Актара 240 SC, к.с. (0,09 л/га); Аппіво 25% КЕ (0,4 л/га) та ін., які включені до «Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні». Доцільність проведення хімічних обробок визначає рівень ефективності комплексу афідофагів у системі «хижаки : злакові попелиці», який перебуває в межах 1 : 30-40. Цей критерій показує істотну роль природного регулювального чинника в стримуванні розвитку злакових попелиць, за якого чисельність даних шкідників не досягає економічного порогу шкодочинності - 5-25 особин на одне стебло за 50%-ного заселення стебел. У період кущіння критичною кількістю попелиць є 100-150 особин на 1 м кв. посадки.

Отже, дотримання вище наведених заходів дозволить зберегти зелену масу міскантусу від пошкодження шкідниками впродовж вегетації, що позначиться на підвищенні врожайності даної культури.

6.4.5. Хвороби міскантусу гігантського

Рослини міскантусу можуть уражуватися комплексом хвороб, основними з яких є бурий бактеріоз, смугастий бактеріоз, бура плямистість, або гелмінтоспоріоз, та іржа [23, 35].

Бурій бактеріоз, або ореольний опік, (збудник: *Pseudomonas syringae* pv. *coronafaciens* Young et al.) проявляється на листках спочатку у вигляді світло-водянистих плям (рис. 83). Пізніше вони стають сірими або червонувато-бурими, овальними, з облямівкою, яка спочатку світла, а пізніше темніє. Іноді плями концентричні, великі, зливаються. Листки зморщуються, засихають по краях.

Хворобу викликають бактерії *Pseudomonas syringae* pv. *coronafaciens* Young et al. Вони паличкоподібні, поодинокі або зібрані у короткі ланцюжки, грамнегативні, мають один або декілька полярних джгутиків. Розвиваються при температурі від 0 до 3°C (оптимум 24-25°C), а гинуть при 47-48°C.



Рис. 83. Прояв бурого бактеріозу

У рослину бактерії проникають через продихи і механічні пошкодження. Під час вегетації рослин бактерії розповсюджуються вітром і крапельками роси.

Шкідливість хвороби - зменшення асиміляційної поверхні рослин, що викликає недобір урожаю.

Смугастий бактеріоз, або смугастий опік, (збудник: *Pseudomonas syringae* pv. *striafaciens* Young et al.) проявляється на листках, їх піхвах, стеблах у вигляді яскравих, жовтих, що просвічуються, смуг без облямівки (рис. 84). Уражені листки усихають, стають крихкими, ламаються і їх шматочки разносяться по полю.



Рис. 84. Прояв смугастого бактеріозу

Хворобу викликають бактерії *Pseudomonas suringae* pv. *striafaciens* Young et al. Це паличкоподібні, з одним або декількома джгутиками, грамнегативні бактерії. Вони утворюють капсули і не утворюють спор. Аероби. Розвиваються при температурі від 1 до 35°C (оптимум 22°C), гинуть при 48°C. Розповсюджуються крапельками дощу і вітром. Джерелом інфекції можуть бути залишки уражених рослин.

Шкідливість хвороби - зменшення асиміляційної поверхні рослин, що викликає недобір урожаю.

Гельмінтоспоріоз, або бура плямистість, проявляється на листках, стеблах, міжвузлях та на суцвіттях. Ця хвороба викликає передчасне опадання листків, нерідко призводить і до поломки стебла, що різко знижує врожай зеленої маси [23, 35].

Розвивається хвороба в умовах достатнього та надлишкового зволоження, що супроводжується підвищеними температурами.

На листках міскантусу з'являються невеликі білуваті плями, які з часом буріють з темно-коричневою або червоно-коричневою облямівкою й буро-оливковим нальотом (рис. 85). У подальшому плями збільшуються, зливаються, охоплюючи всю листову поверхню, внаслідок чого листки засихають та відмирають. Нерідко розмір плям становить 25 см і більше. Розвиток хвороби починається з нижніх листків, поступово охоплюючи листки верхнього ярусу.

Збудник хвороби – гриб *Helminthosporium turcicum* Pass. Гриб є факультативним паразитом з широкою філогенетичною спеціалізацією. Крім міскантусу він уражує сорго, кукурудзу і інші злакові.

За час вегетації рослин патоген формує 2-3 покоління конідій, які є досить стійкими як до високих, так і до низьких температур, що сприяє поширенню хвороби під час вегетації.

Ураження рослин хворобою відбувається за допомогою росткової трубки крізь продихи, а інколи безпосередньо крізь епідерміс.

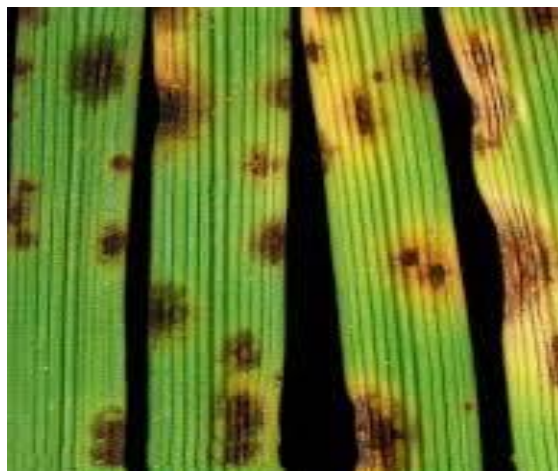


Рис. 85. Прояв бруї плямистості на листках

Міцелій гриба розвивається спочатку міжклітинно у паренхімній тканині, а потім проникає у судинну систему листків, унаслідок цього ураженість носить характер листового трахеомікозу.

Для розвитку грибниці у тканинах листків потрібні ті ж самі температури, що і для проростання конідій.

На поверхні листків у місцях появи плям гриб утворює конідіальне спороношення. Конідієносці прямі або злегка загнуті, з 2-3 перегородками, оливкові, зверху світліші, до 150 мкм довжини, 5,5-8,5 мкм завтовшки. Конідії веретеновидні або продовгувато-еліптичні, на кінчиках заокруглені, 50-110×11-24 мкм, мають 5-8 перегородок і товсту оболонку. За наявності крапельної вологи та температури від 7 до 38⁰С (оптимум 23-30⁰С) конідії проростають впродовж 6-18 годин.

Зимує гриб на рештках рослин у ґрунті на глибині до 10 см та на насінні у вигляді грибниці та конідій. Впродовж літа патоген утворює декілька поколінь конідій, за допомогою яких він поширюється, викликаючи повторне зараження рослин. Особливо інтенсивний розвиток хвороби відмічається у другій половині літа за сильних опадів.

Гриб *Helminthosporium turcicum* Pass. зберігається на поверхні ґрунту та на глибині до 10 см, на рослинних рештках у вигляді грибниці, яка на весні є джерелом інфекції.

Іржа. Збудник гриб *Puccinia sorghi* Schw.

На листках рослин з'являються жовтувато-бліді дрібні плями, згодом коричневі пустули, покриті епідермісом [23] (рис. 86).



Рис. 86. Прояв іржі на листках міскантусу

Після розриву епідермісу урединіоспори розпорошуються і уражують нові рослини.

Збудник має повний цикл розвитку на кукурудзі (уредино- та теліостадія гриба). Ецидіальна стадія гриба розвивається на видах кислиці *Oxalis stricta* L., *O. corniculata* L. та ін., що поширені повсюди (в садах, на городах, полях, луках). Роль ецидіальної стадії незначна, оскільки урединіоспори збудника зимують на рослинних рештках в районах з теплими зимами.

Проявляється на листі, рідше на стеблах міскантусу у другій половині вегетації рослин. На початку захворювання на листках з'являються малопомітні, світло-жовті плями, на яких потім утворюються коричнюваті, довгасті (до 1 мм) пустули-урединії, досить довго прикриті епідермісом. Вони розміщуються безладно на листках рослин. З часом епідерміс розривається, пустули оголюються, з них розлітається спорова маса — урединіоспори. До кінця вегетації культури замість коричнюватих пустул з'являються чорні, більші за розміром пустули-теліопустули, які розміщуються на листках у вигляді лінійних довгастих плям.

Збудником іржі міскантусу є базидіальний дводомний гриб *Russinia sorghi* Schw. (*P. maydis* Bereng.) порядку Uredinales. На цій культурі він утворює урединії з урединіоспорами і телії з теліоспорами. Урединіоспори кулясті або еліптичні, одноклітинні, 24-33 x 20-26 мкм, блідо-коричневі, із світло-коричневою тонкою, колючкуватою оболонкою. Теліоспори довгасті, булавоподібні, темно-коричневі, двоклітинні, 27-50 x 18-30 мкм, з товстою і подовженою коричневою ніжкою.

6.4.6. Заходи захисту міскантусу гігантського від хвороб

Для обмеження розвитку хвороб міскантусу необхідно проводити як профілактичні, так і захисні заходи.

Перш за все потрібно приділяти увагу вирощуванню толерантних до хвороби сортів.

Враховуючи, що рослинні рештки є резерватором інфекції бурої плямистості важливо проводити якісний обробіток ґрунту, що сприяє зниженню шкідливих мікроорганізмів. Зокрема, осіння зяблева оранка забезпечує швидке перегнивання рослинних решток і гибель патогенів.

Важливе значення має внесення збалансованих добрив, що підвищує стійкість культури до хвороб.

У період вегетації рослин необхідно проводити регулярні обстеження посівів. За перших симптомів прояву хвороби на нижніх

листках необхідно провести обприскування посівів фунгіцидами Фундазол, ЗП (0,8 л/га); Амістар Екстра 280 SC, КС (0,5-0,75 л/га); Тілт 250 ЕС, КЕ (0,5 л/га); Дерозал 500, SC, КС (0,5 л/га), які включені до «Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні».

Таким чином, дотримання вище наведених заходів дозволить зменшити ураження міскантусу збудниками хвороб у період вегетації, що позитивно позначиться на підвищенні врожайності культури.

6.4.7. Розпушування ґрунту в міжряддях

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

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

Потребу в розпушуваннях, їх частоту, глибину визначають з урахуванням таких факторів: стану розвитку рослин міскантусу, кількості опадів, щільності ґрунту та наявності бур'янів.

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. Міжрядний обробіток ґрунту здійснюють на глибину 3...5 см культиваторами типу КРНВ-5,6-02, обладнаних однобічними лапами-бритвами з шириною захвату 150-165 мм, які встановлюються по дві на кожне міжряддя, а по центру стрілчаста лапа захватом 330 мм або спарені лапи-бритви (рис. 87), або лапи-бритви та ротаційні голчасті батареї (рис. 88а). Позаду секції культиватора, для більш ефективного знищення бур'янів, доцільно встановити пружинну борону.

Другий міжрядний обробіток ґрунту зазвичай здійснюють через 14 днів після першого у фазі 5-7 листків у рослин міскантусу. Для більш ефективного знищення бур'янів у міжряддях використовують

агрегат, укомплектований лапами-бритвами, встановленими на глибину 3...5 см та стрілочасті лапи – на глибину 7...9 см (рис. 88 б).



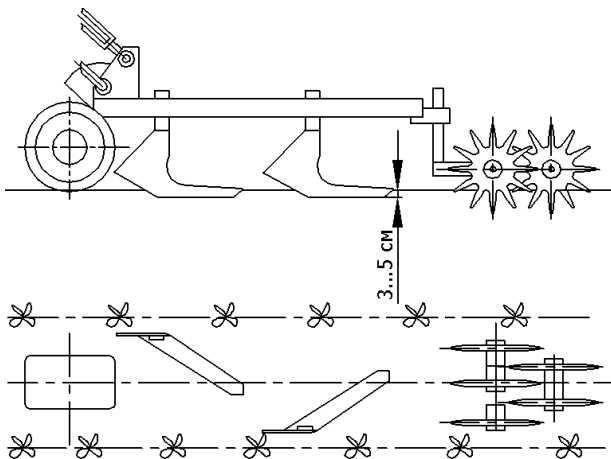
а)



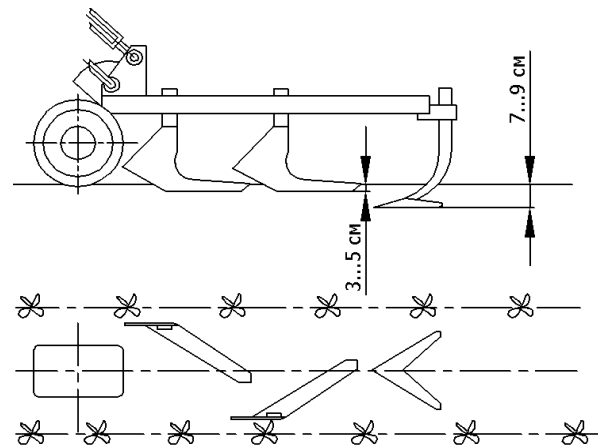
б)

Рис. 87. Перший міжрядний обробіток ґрунту:

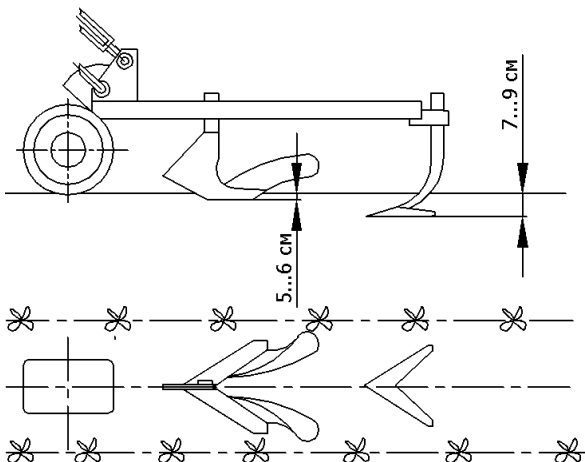
а) випробовуваний агрегат, б) КРНВ-5,6-02



а)



б)



в)

Рис. 88. Технологічна схема міжрядних обробітків ґрунту:

а) перший; б) другий;
в) з підгортанням

Через 14 днів після другого доцільно проводити третій міжрядний обробіток ґрунту з присипанням бур'янів у рядках. Третій обробіток здійснюють за висоти рослин міскантусу 35...40 см (5-8 листків). Для цього культиватор укомплектовують спеціальними підгортачами (рис. 88 в).

Рихлення міжрядь в насадженнях міскантусу має не менше значення, ніж знищення бур'янів, оскільки рослини погано переносять переущільнення ґрунту. Слід мати на увазі, що робоча ширина захвату культиватора має співпадати із шириною садильної машини.

Культиватори КРНВ-4,2, КРНВ-5,6-02 агрегатуються з тракторами класу 14-20 кВт. Колію колісних тракторів за міжрядь 70 см виставляють на ширину 1400 мм.

Агрегати для виконання цього технологічного процесу наведено в таблиці 49.

На дуже ущільнених і забур'янених полях застосовують культиватори з активними робочими органами фрезерного типу (удосконалені агрегати на базі КФ-5,4), в зоні дії яких досягається 100% знищення бур'янів. Швидкість руху агрегатів під час проведення першого мілкового розпушування не повинна перевищувати 4 км/год. [105].

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. Якщо щільність ґрунту становить 1,20-1,25 г/см³ і більше та з'являються бур'яни, то необхідно провести розпушування ґрунту культиватором на більшу глибину 8-10 см з підгортанням рослин міскантусу спеціальними підгортачами (окучниками), при цьому відбувається присипання бур'янів у зоні рядка.

Таблиця 49

Агрегати для міжрядного обробітку ґрунту під міскантус гігантський

Назва	Марка	Агрегатуються з тракторами тягового зусилля, кВт	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год.
Культиватори	КРНВ-4,2	14-20	4,2	2,5
	КРНВ-5,6-02		5,6	3,4

Агрегат виводять у 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. [115]. Під час проведення розпушування ґрунту в міжряддях необхідно дотримуватись агротехнічних вимог (табл. 50).

Таблиця 50

Агротехнічні вимоги до розпушування ґрунту в міжряддях

Показники	Нормативи
Початок проведення роботи	Позначення рядків сходами ризом міскантусу гігантського
Тривалість роботи, днів	1-4 в одному полі
Глибина обробітку ґрунту в міжряддях, см: перший другий	2-6 до 10
Швидкість руху агрегату, км/год.	3-7
Ширина захисної зони рядка, см	20-25
Пошкодження рослин міскантусу гігантського, %	до 6
Повнота підрізання бур'янів (не менше), %	95
Грудочок розміром не більше 20 мм, %	0-10
Спосіб руху агрегату	Човниковий
Розряд роботи	V

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.

6.4.8. Присипання бур'янів ґрунтом у зоні рядків міскантусу гігантського

Найефективніше присипання бур'янів у зоні рядка у ранні періоди їх розвитку. Вирішальним моментом для цієї операції є правильний вибір строків проведення. Досвід показує, що 2-3-разове присипання бур'янів рівноцінне застосуванню ґрунтових гербіцидів.

Ретельно проведене присипання бур'янів сприяє збереженню вологи у нижніх шарах ґрунту, вирівнюванню ґрунту в зоні рядка, що позитивно впливає на якість збирання врожаю.

Присипання бур'янів у зоні рядків починають, коли сходи їх досягнуть до 5 см. Для виконання цієї операції агрегати комплектують з тракторами МТЗ-82 (100), культиваторами КРНВ-5,6-02, укомплектованими переобладнаними захисними дисками, плоскорізальними лапами-бритвами або спареними лапами-бритвами з полічками.

Після утворення у рослин міскантусу пагонів висотою 20-30 см для присипання бур'янів у зоні рядка використовують ті ж робочі органи. Кількість присипань обумовлюється інтенсивністю появи бур'янів у зоні рядка.

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

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

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

Для присипання бур'янів на початку літнього періоду вегетації (не пізніше червня) на кожному гряділі культиватора в передній частині ставлять лапи-бритви або долото, а в задньому або пересувному центральному тримачах – переобладнані захисні диски.

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

Під час присипання бур'янів ґрунтом у зоні рядків міскантусу слід дотримуватися агротехнічних вимог (табл. 51).

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

Таблиця 51

Агротехнічні вимоги щодо присипання бур'янів ґрунтом у зоні рядків міскантусу

Показник	Норма
Початок виконання роботи	Висота рослин міскантусу до 30 см
Тривалість роботи, днів	4-6
Висота ґрунтового валика, см	
за першого присипання	3-5
за другого присипання	6-8
Кількість знищених бур'янів у зоні рядка, не менше, %	90
Швидкість руху агрегату, км/год.	5-7
Спосіб руху агрегату	Човниковий вздовж рядків
Розряд роботи	IV

Контролювання чисельності бур'янів є одним із факторів, що значно впливає на досягнення високих урожаїв. При цьому не виключається застосування гербіцидів. У межах інтегрованого або адаптованого землеробства, контролювання чисельності бур'янів включає технологічні фактори, за допомогою яких можна зменшити забур'яненість полів. До таких інтегрованих заходів і факторів можна віднести:

- диференційований, високоякісний обробіток ґрунту;
- створення здорових, конкурентоздатних сортів і гібридів;
- застосування добрив;
- механічне, агротехнічне контролювання чисельності бур'янів;
- застосування гербіцидів;
- застосування засобів захисту від шкідників та хвороб.

Усі ці елементи мають бути взаємопов'язані та екологічно і економічно обґрунтовані. Їх оптимальне поєднання є не тільки розумним з точки зору захисту зовнішнього середовища, але й залежно від економічності самого застосування гербіцидів. Такий комплексний підхід вимагає умілого застосування всіх елементів інтегрованого контролю чисельності бур'янів. Виходячи з цього,

зрозуміло, що досягти високих результатів у знищенні бур'янів за вирощування міскантусу можливо тільки за інтегрованої системи контролювання чисельності бур'янів.

6.5 Збирання біомаси міскантусу гігантського

Збирання біомаси міскантусу гігантського проводять з листопада до березня 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 врожайність біомаси знижується на 20–40%, але якість збільшується, адже листя має високу зольність – 9%, а стебло вдвічі менше – 4,8%.

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 обламів 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 використовувати як паливо, що суттєво скорочує витрати на зберігання. Якщо біомаса міскантусу використовується для виробництва біогазу її слід збирати в період максимальної врожайності (до викидання волоті). Міскантус швидко відростає після скошування, що дозволяє робити два укоси за рік.

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 врожай культури становить близько 20 т/га сухої речовини. З одного поля міскантусу гігантського врожай можна збирати впродовж 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).

6.5.1. Збирання міскантусу гігантського з одночасним подрібненням (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 до місця зберігання або перероблення. Цей спосіб використовується як для збирання біомаси на тверде біопаливо, так і на біогаз.

Від правильної і чіткої організації даного процесу, раціонального використання технічних засобів для збирання 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.

Для збирання і одночасного подрібнення листово-стеблової маси міскантусу гігантського використовують самохідні кормозбиральні комбайни (рис. 89, табл. 52). При цьому, враховуючи товщину і твердість стебел, рекомендується застосовувати спеціальні машини, пристосовані до важких умов експлуатації. Залежно від технологічних налаштувань та кількості ножів на барабані довжина січки буде коливатись від 15 до 70 мм. Під час перевезень її щільність буде становити 70...90 кг/м³.



a)



b)

Рис. 89. Збирання міскантусу гігантського прямим комбайнуванням:
a) John Deere 7080 c (Фотоматеріал: J.E.Doll, Michigan State University)
b) Claas Jaguar 870 (<http://consulting-service-pflanzen.de/en/provision-plant-based/>)

Таблиця 52

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
Claas «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 53.

Таблиця 53

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 15
4. Загальні втрати біомаси, %	не більше 1

Усі роботи зі збирання слід проводити потоковим методом, за якого подрібнену біомасу без зайвих перевантажень доставляють до місць її подальшого зберігання або перероблення.

6.5.2. Роздільне комбайнування

Роздільне комбайнування складається із двох технологічних операцій (рис. 90), 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. Роздільне комбайнування використовується лише для збирання сухої біомаси на тверде біопаливо. Скошування у валки проводять роторними косарками

(табл. 54). 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.



a)



b)

Рис. 90. Збирання міскантусу гігантського роздільним комбайнуванням:

a) Claas Jaguar 870 harvester (Copyright Richard Crowhurst)

b) Тюкування міскантусу (Photo by Steve Long)

Таблиця 54

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

Через два-три дні валки підбирають прес-підбирачем і тюкують та транспортують на завод для переробки або зберігання, а також 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.

Для транспортування до місця зберігання тюків використовують причіпні самонавантажувальні тюковози (рис. 91а), а у випадку транспортування на великі відстані застосовують автотранспорт (рис 91б).



а)



б)

Рис. 91. Транспортування тюків біоенергетичних рослин:

а) причіпним тюковозом *Humus 12BC* (<http://www.humus.ee>)

б) автотранспортом [131]

Показники, що характеризують якість збирання біомаси міскантусу гігантського, повинні відповідати значенням, наведеним у таблиці 55.

Таблиця 55

Показники якості збирання біомаси міскантусу гігантського

Назва показників	Значення показників
1. Вологість біомаси, %	до 25
2. Висота зрізу, см	не більше 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
8. Наявність цілості листків або стебел	не допускається

6.5.3. Зберігання біомаси

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

Біомасу зберігають у кагатах під навісом або під поліетиленовою плівкою. За вологості січки більше 20% збільшується ризик утворення плісняви та гнилей, що призводить до зниження якості сировини. 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. 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. Протипожежні розриви між двома парами повинні бути проорані смугою не менше 4 м завширшки на відстані 5 м від основи скирти.

6.5.4. Рекультивація 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, а згодом глибоку оранку. В подальшому поле слід підтримувати у чистому від бур'янів вигляді до сівби наступної культури. У деяких випадках доцільно використовувати важкі болотяні фрези типу ФБН-1,5.

РОЗДІЛ 7

ПЕРЕРОБЛЯННЯ БІОМАСИ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО

7.1. Виробництво твердого біопалива

Отримана біомаса або січка після збирання може використовуватись безпосередньо для отримання тепла або перероблятися в паливні брикети та гранули (рис. 92).



Рис. 92. Енергетичний еквівалент міскантусу гігантського

Січка міскантусу може використовуватись в якості біопалива для більшості твердопаливних котлів, обладнаних системою автоматичної подачі палива у камеру згорання. Однак, у випадку транспортування на значні відстані, використання січки міскантусу стає малоефективним, оскільки її насипна маса становить $0,117 \text{ т/м}^3$. Для паливних гранул, виготовлених з міскантусу гігантського, цей показник становить $0,650 \text{ т/м}^3$, тобто 1 тонна січки займає у 5,5 рази більший об'єм, порівняно із паливними гранулами.

Технологія виробництва паливних гранул. В основі технології виробництва паливних гранул і брикетів лежить процес пресування подрібненої біомаси. Процес виробництва гранул складається з чотирьох етапів:

- 1) Подрібнення біомаси
- 2) Сушіння (зволоження) біомаси
- 3) Гранулювання
- 4) Охолодження та пакування

Подрібнення біомаси. Для надійної роботи преса-гранулятора сировина (січка) міскантусу гігантського попередньо подрібнюється до стану борошна. Фракція біомаси на вході в гранулятор повинна бути не більше 4 мм. Таку фракцію можуть забезпечити молотковий млин або стружковий верстат. Проблемним моментом може бути

високе забруднення повітря пилом. Результати наукових досліджень свідчать, що на енергоємність процесу пресування значний вплив має ступінь подрібнення біомаси. Чим менший розмір часток після подрібнення, тим менші витрати енергії під час пресування. За подрібнення біомаси до мікрорівня за допомогою дезінтегратора відбувається руйнування клітин, в результаті чого процес пресування буде проходити з мінімальними енерговитратами. При цьому кінцевий продукт (гранули або брикети) матиме вищі показники щільності, твердості та теплотворної здатності.

Сушіння (зволоження) біомаси. Біомаса міскантусу гігантського перед пресуванням за традиційною технологією повинна мати вологість $10 \pm 2\%$. Сировина з більшою або меншою вологістю вимагає додаткового сушіння або зволоження. Сушіння біомаси міскантусу гігантського може здійснюватися на сушарках двох типів: стрічкових і барабанних (рис. 93). За якістю, надійністю та безпечністю сушіння біомаси перевагу мають сушарки стрічкового типу, хоча їх вартість вища. В якості сушильного агента в сушарках може застосовуватись пічний газ, нагріте повітря або водяна пара. Паливом для сушарок здебільшого служить природний газ або відходи сільського господарства (солома, лушпиння) та деревообробної промисловості (тирса, щепи).

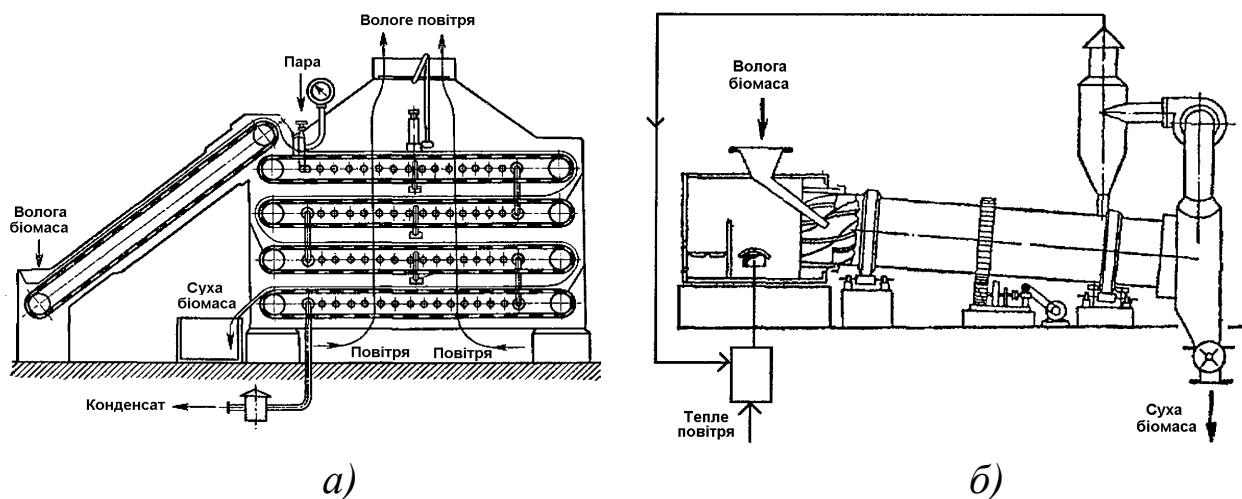


Рис. 93. Сушарки біомаси міскантусу гігантського:
а) – стрічкова; б) – барабанна

Сировина з вологістю менше 8% погано піддається гранулюванню, тому потрібне додаткове її зволоження у шнекових змішувачах за допомогою води або водяної пари. Пару застосовують для зниження міцності й збільшення пластичності сировини.

Гранулятори деяких виробників не потребують обробки парою. Останню доцільно застосовувати для старої злежаної біомаси, але з такої сировини складно отримати гранули високої якості.

Гранулювання. Після доведення до необхідної вологості та розмелювання сировина потрапляє у гранулятор, в якому її пресують у паливні гранули. Під дією сил тертя та адіабатичних процесів, що відбуваються під час різкого стиснення біомаси, температура в робочій зоні преса сягає 100 °С, при цьому лігнін, який міститься у структурі біомаси, розм'якшується і склеює частинки в щільні циліндри.

Позитивною особливістю гранул з листя та стебел міскантусу гігантського є те, що вони відзначаються високою щільністю та низькою гігроскопічністю.

Гранулювання виконується на спеціальних пресах з циліндричною матрицею, на робочій поверхні якої розміщено декілька рядів отворів (рис. 94). У процесі роботи роторні вальці 2 перекочуються по поверхні матриці створюючи контактне напруження зминання біомаси. Таким чином, під дією вальців біомаса протискується через отвори в матриці; зрізання сформованих гранул здійснюється спеціальними ножами. Питоме споживання електроенергії під час гранулювання складає від 30 до 50 кВт-год на 1 тону [10].

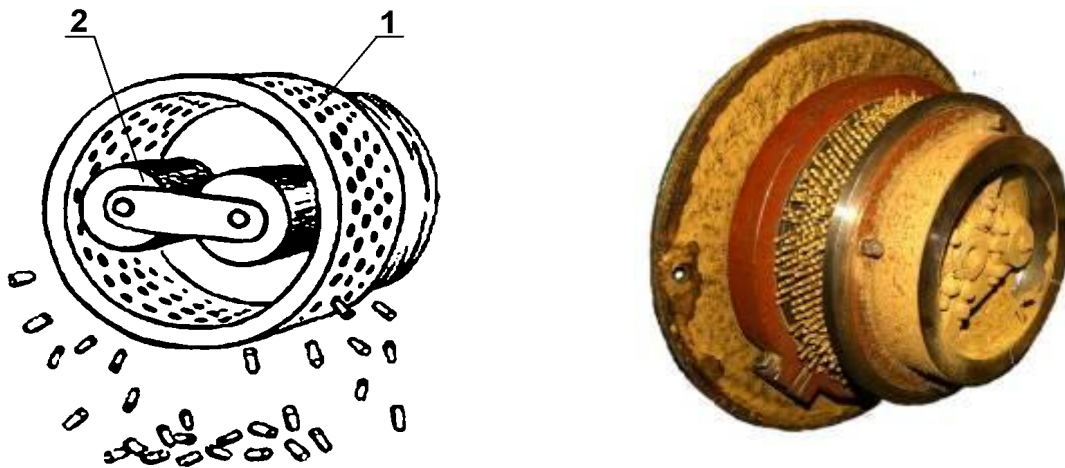


Рис. 94. Прес з циліндричною матрицею

Конструкція преса з циліндричною матрицею розроблялась для комбікормової, харчової та хімічної промисловості, а прес з плоскою матрицею – для утилізації промислових і побутових твердих відходів. На сьогоднішній день преси обох модифікацій можуть бути використані для виробництва паливних гранул з біомаси міскантусу гігантського.

Сьогодні існує кілька десятків виробників пресів у різних країнах світу (CPM, Andritz, Salmatec, Amandus Kahl, Buhler, Munch та багато інших).

Охолодження і пакування. Як зазначалось раніше, у процесі гранулювання відбувається сильне нагрівання гранул, що істотно знижує їх міцність. Для охолодження і позбавлення зайвої вологи паливні гранули з преса потрапляють на транспортер (норію), яким подаються у колону охолодження через шлюзовий затвор. Потік повітря, створений вентилятором циклона, проходить через шар гранул і охолоджує їх. Колони охолодження спроектовані таким чином, що потік повітря рухається у зустрічному напрямку відносно гранул, при цьому вже охолоджені паливні гранули першими зустрічаються з холодним повітрям. Така технологія дозволяє уникнути ефекту «теплого шоку», коли під впливом холодного повітря поверхня гранул швидко охолоджується і покривається сухою кіркою, в той час як серцевина залишається вологою. Крім того, потоком повітря відділяється пил і дрібна фракція, які виводяться через циклон.

У процесі охолодження вологість гранул знижується, пелети набувають необхідної міцності, вологості та температури. З колони охолодження гранули потрапляють на стіл розсіювання, на якому некондиційні гранули та уламки відділяються від готового продукту. Весь бракований матеріал надходить на вторинну переробку.

Після охолодження та додаткового очищення готові паливні гранули стрічково-скребковим транспортером подаються у фасувальну тару. Пакування гранул для промислових споживачів здійснюється у великі мішки (біг-беги) масою 620-1000 кг або насипом у контейнери масою від 10 до 20 т. Для приватних і невеликих промислових споживачів паливні гранули фасуються у маленькі поліетиленові пакети масою 15-25 кг.

Паливні брикети. З біомаси міскантусу гігантського можна виготовляти також паливні брикети, технологія виробництва яких схожа з технологією гранулювання, але є більш простою.

Основним чинником, що визначає механічну міцність, водостійкість і калорійність брикету, є його щільність. Чим щільніший брикет, тим вищі показники його якості. Якість брикетів також значною мірою залежить від вологості біомаси, оптимальне значення якої для міскантусу становить 8-10%. За більш високої вологості внутрішній тиск води, що виникає під час стиснення подрібненої біомаси, не дозволяє сформувати якісні брикети.

Для виробництва паливних брикетів із міскантусу застосовують поршневі або шнекові преси. Перед пресуванням матеріал додатково подрібнюють і підсушують (вологість не повинна перевищувати 12-14%).

Поршневий прес працює циклічно – під час кожного ходу поршень протискує певну кількість біомаси через конічне сопло. У конструкції приводу поршневого преса завжди передбачено маховик, який дозволяє вирівняти навантаження на електродвигун. Поршневі преси відносно дешеві і тому мають масове поширення (рис. 95).

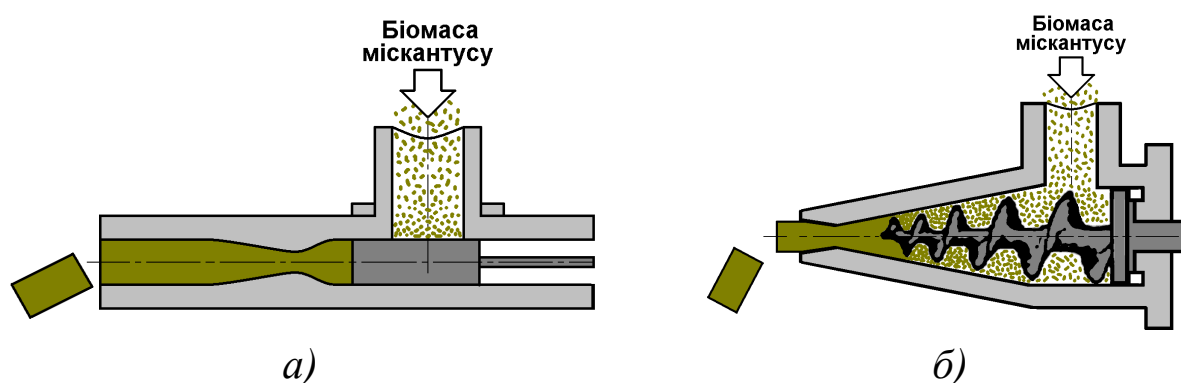


Рис. 95. Брикетувальні преси:

а) – поршневого типу; б) – шнекового типу

Особливістю шнекових пресів (екструдерів) є їх менша маса, порівняно з поршневими, через відсутність масивних поршня і маховика. Продукція з таких пресів виходить безперервно, тому її можна розрізати на брикети необхідної довжини. Щільність брикетів, виготовлених на екструдерах є вищою, ніж на поршневих пресах. Шнекові преси спричиняють менше шуму, завдяки відсутності ударних навантажень. До їх недоліків можна віднести більші витрати енергії і швидке зношування шнека.

Залежно від способу виробництва брикети бувають різних форм: цеглиноподібні, циліндричні, або у вигляді шестикутної призми з отвором посередині (рис. 96). Стандартів на розміри брикетів на даний час немає.

Циліндричні брикети. Цей вид паливних брикетів отримують шляхом пресування біомаси міскантусу на обладнанні ударно-механічного типу. Циліндричні брикети мають високу щільність і можуть бути будь-якої довжини (від шайби до поліна), через що вони користуються широкою популярністю в Європі та на внутрішньому ринку.

Екструдерні брикети. Ці брикети обов'язково мають отвір посередині і темну (обпалену) зовнішню поверхню. В основі екструдерної технології виробництва брикетів лежить процес пресування біомаси шнеком під високим тиском за температури від 250 до 350 °С. Висока температура сприяє оплавленню поверхні брикетів, які завдяки цьому стають міцнішими. Такі брикети закладаються вручну в топку котла чи в грубку. Вони користуються попитом у країнах Прибалтики і в Росії.



Рис. 96. Різні види твердого біопалива

Брикети у вигляді цеглини. Такий брикет має вигляд прямокутного паралелепіпеда зі скошеними кутами і виготовляється шляхом гідравлічного пресування. Брикети у вигляді цеглини користуються попитом на внутрішньому ринку та добре реалізується в усіх європейських країнах.

7.2. Технологічні показники якості біомаси та твердого біопалива

Аналіз сировинної бази з біомаси України для виготовлення твердих видів палива у вигляді гранул або брикетів указує на те, що потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії, становить близько 27,7 млн. т у.п. на рік. Дані аналізу свідчать, що відходи сільськогосподарського виробництва (солома ріпаку та зернових культур, відходи кукурудзи та соняшнику) та вирощені для біопалива культури (міскантус, свічграс) за своїми енергетичними характеристиками є подібними до деревини. За проведеним аналізом

встановлено, що використання біомаси агропромислового комплексу України для виробництва твердих видів палива у вигляді гранул або брикетів дозволить значно скоротити витрати газу [10].

Проте використання енергії біомаси на часткове забезпечення енергетичних потреб суспільства вже сьогодні призвело до цілої низки екологічних і соціально-економічних проблем глобального масштабу. Використання значних площ ріллі для вирощування олійних культур, зокрема ріпаку, призвело до зменшення площ під традиційні харчові культури, що, в свою чергу, викликало зменшення обсягів виробництва продуктів харчування та призвело до зниження родючості ґрунту. Все це обумовлює необхідність створення відповідного нормативного забезпечення виробництва біомаси та біопалива в країні. Зокрема, нормування вимог до технологічних процесів вирощування та застосування біомаси на енергетичні потреби, до обсягів виробництва твердого, рідкого та газоподібного біопалива, а також нормативного забезпечення сертифікації біомаси сталого розвитку, тобто повного усунення або мінімізації негативного впливу на довкілля [119, 118, 52].

З метою вирішення цих проблем було розроблено ряд нормативно-правових актів, які ставлять відповідні вимоги до якості біомаси та умов її вирощування, до виготовлення біопалива та його реалізації.

Виходячи з того, що на ринку продається готова продукція, а не сировина, з якої вона виготовлена, більшість нормативних документів ставлять вимоги до якості самого біопалива та вмісту шкідливих елементів і золи.

За використання біомаси для виробництва енергії необхідно довести заощадження обсягу викидів парникових газів порівняно з викопними енергоносіями. Це означає, що у процесі від вирощування рослин для біомаси та до постачання готового продукту кінцевому споживачеві слід підраховувати загальний обсяг викидів парникових газів, а біопаливо чи рідка біомаса повинні досягти певного зменшення викидів парникових газів порівняно з викопними видами палива [91].

Технологічні якості біомаси складають комплекс їх біологічних, хімічних і фізичних особливостей, які є визначальними в технологічному процесі перероблення та спалювання.

Для одержання якісних гранул необхідно використовувати якісне обладнання, чітко дотримуватись технології виробництва та

використовувати якісну сировину, яка має відповідати таким основним вимогам:

- сировина не повинна бути старою (злежаною), тому що вона гірше гранулюється і гранули виходять з меншою енергетичною цінністю;

- не містити залишків ґрунту, каміння та інших неорганічних включень, так як окрім погіршення якості продукту це може призвести до виходу з ладу обладнання;

- вологість сировини перед пресуванням має бути в межах 12...14%, тому що за більшої вологості гранули виходять менш міцними, і залишкова вологість після охолодження може бути вище норми, у таких гранул менша енергетична цінність та відповідно ціна;

- вміст шкідливих елементів та золи не повинен перевищувати норми, зазначеної у стандартах.

Паливні гранули є стандартизованим видом біопалива, тому уже розроблено ряд стандартів, таких як ДСТУ «Брикети та гранули паливні». Технічні умови. Частина 1. «Брикети та гранули паливні з деревинної сировини», розробленого в Національному університеті біоресурсів і природокористування України у 2011 р. [28, 31], та інші. Проте більшість виробників ще орієнтуються на західноєвропейські стандарти. Крім того, існуючі західноєвропейські стандарти часом включають у себе не тільки стандарт на самі гранули, а також стандарти на їх виробництво, зберігання і транспортування.

З метою створення конкурентоздатної енергетичної продукції вітчизняного виробництва та виходу на Європейський ринок необхідно запровадити виробництво твердого біопалива у відповідності до вимог тих країн, де дана продукція буде реалізовуватися. Однак, враховуючи діапазон зміни значень показників якості твердопаливної продукції, необхідно дотримуватись «найжорсткіших» вимог щодо зазначеної продукції, розроблених на основі сертифікатів країн Європи.

Як уже зазначалось раніше, згідно з вимогами, паливні гранули – це пресовані циліндри з рослинної біомаси, діаметром до 25 мм. Найбільшого поширення набули паливні гранули діаметром в межах від 6 до 10 мм. Паливні гранули, як і кожний кінцевий продукт виробничого процесу, має задані фізико-геометричні характеристики: діаметр, довжина, щільність, вологість, насипну масу, які визначаються параметрами устаткування з їх виробництва.

Набута циліндрична форма паливних гранул забезпечує їм сипкість і дозволяє використовувати всі відомі способи автоматизації в подаючих пристроях котелень. Саме завдяки цим геометричним характеристикам паливні гранули стали основним видом пресованого палива в Європі.

Якщо фізико-геометричні характеристики паливних гранул визначаються параметрами устаткування з їх виробництва, то хімічні – залежать від властивостей вихідної сировини. У процесі пресування не допускається використання сторонніх матеріалів, таких як клей і пластмаси.

Зазвичай паливні гранули біло-жовтого кольору виготовляються з відходів меблевого виробництва, паливні гранули з додаванням коричневих вкраплень виготовляють із сировини з додаванням кори, чорну – лушпиння соняшника, коричневі – лушпиння з гречки, жовті – соломи злакових культур та ін.

Однак колір паливних гранул не є критерієм якості. За їх кольором можна визначити, яка сировина використовувалася, як відбувався процес гранулювання і як паливні гранули зберігалися, але про якість самих паливних гранул колір скаже мало.

Ще однією характеристикою паливних гранул є кількість виділеної теплової енергії. Часто такий показник є основним при формуванні вартості на даний вид палива.

Паливні гранули завжди тонуть у воді, тому що їх щільність більше 1 кг/дм^3 . Не є критерієм оцінки запах паливних гранул, за винятком сторонніх запахів, що вказують на застосування хімічних речовин або неправильного зберігання.

Найбільш важливими параметрами, які характеризують, а отже і встановлюють параметри паливних гранул, є [85, 86, 87]: габаритні розміри (діаметр та середня довжина), теплотворна здатність (теплота згорання), зольність, вміст вологи, питома щільність, насипна щільність, вміст хімічних елементів (хлор, азот, сірка та ін.), вміст інших компонентів та домішок.

Діаметр і середня довжина. Оскільки паливні брикети мають більш широке застосування і не вимагають спеціальних установок для їх спалювання (є альтернативою дровам), то відповідно їх діаметр і довжина залежать від вимог кінцевого споживача (довжина, як правило, приймається рівною п'ятикратному значенню діаметра).

Для паливних гранул прийняті жорсткіші вимоги до розмірів, ніж до паливних брикетів. Це пов'язано із застосуванням їх в

паливних котлах з автоматизованою системою подачі (шнеками, транспортерами та ін.), а тому найбільш поширені є діаметри паливних гранул в межах від 6 до 8 мм.

Теплота згорання. Вища теплота згорання – це кількість тепла, що виділяється при згоранні 1 кг біомаси за повної конденсації всієї пари води, що утворилися при горінні, з віддачою ними тепла, витраченого на їх випаровування (так званої прихованої теплоти пароутворення).

Нижча теплота згорання – кількість тепла, що виділилася при згоранні 1 кг біомаси, без обліку тепла, витраченого на випаровування вологи, що утворилася при згорянні цього палива [21].

Процес вимірювання теплоти згорання біопалива проводиться в так званій «калориметричній бомбі» в спеціалізованих лабораторіях. Теплоту згорання вимірюють зазвичай в МДж/кг або кДж/кг, причому за основу може бути прийнята маса вологого, сухого або сухого беззольного палива. Обумовлена більшістю стандартів теплота згорання паливних гранул становить в межах 18 ± 1 МДж/кг, залежно від сировини, з якого вони виготовлені [21].

Зола (зольність). Зольністю називають вміст мінеральних речовин у паливі, що залишаються після повного згорання всієї горючої маси. Зола є небажаною частиною палива, тому що знижує вміст горючих елементів і ускладнює експлуатацію топкових пристроїв. Під час проведення аналізів вміст золи підраховується на суху масу палива.

Вміст золи в паливних гранулах, відповідно до стандарту європейських країн, складає менше 1,5%. Слід зазначити, що під час спалювання в промислових установках з автоматичним золовидаленням зольність паливних гранул не має великого значення.

Вміст вологи. Розрізняють абсолютну і відносну вологість біомаси. Абсолютною вологістю називають відношення маси вологи до маси сухої сировини. Відотною або робочою вологістю називають відношення маси вологи до маси вологої сировини. Вологість впливає на теплотворність біопалива. Низький вміст вологи гарантує постійну ефективність спалювання.

Вологість суттєво впливає на якість паливних гранул. Так, за вологості сировини понад 14% зменшується щільність гранул і внаслідок випаровування вологи в них виникають тріщини, що знижують їх міцність [113].

Питома щільність. Питома щільність якісних паливних гранул становить в межах від 1,0 до 1,4 кг/дм³, і змінюється залежно від виду сировини, з якого виготовлено кінцевий продукт.

Насипна щільність. Під час гранулювання біомаси насипна щільність продукції збільшується з 100 до 650 кг/м³ [113, 24, 112].

Наприклад, якісні брикети мають насипну щільність не менше 650 кг/м³. [112, 99].

Хлор. Хлор є у деревині лише в невеликих кількостях. Низький вміст хлору свідчить про те, що брикети виготовлені з чистої сировини. Високий вміст хлору в димових газах може призвести до корозії металевої поверхні паливних систем.

Азот. Низький вміст азоту свідчить про те, що паливні брикети були зроблені з екологічно чистої сировини. Високий рівень азоту в димових газах може призвести до корозії металевої поверхні паливних систем.

Сірка. Низький вміст сірки свідчить про те, що паливні брикети були зроблені з чистої сировини. Високий рівень сірки в димових газах може привести до корозії паливного обладнання.

Як зазначалось раніше, процес виробництва твердого біопалива, в т.ч. паливних гранул, потребує постійного та своєчасного контролю параметрів вихідної продукції. У виробничих умовах не завжди є можливим дотримання необхідних параметрів кінцевої продукції із-за ряду факторів: неоднорідність властивостей вхідної сировини, нестабільність процесу виробництва продукції та ін. (табл. 56).

Зі зменшенням середніх розмірів частинок біомаси до 2 мм [113, 15] якість паливних виробів зростає. Проте існує спірна думка, що дрібна біомаса сприяє зношуванню матриць [99].

Темні паливні гранули з великим вмістом кори або інших домішок спалюють в котлах більшої потужності з метою отримання тепла та електроенергії для населених пунктів та промислових підприємств. Темні паливні гранули можуть бути більшого діаметру.

За вмістом загальної сірки в товарній продукції вітчизняні виробники витримують вимоги (менше 0,04%). Теплота згорання твердого біопалива також перевищує нормативні значення європейських стандартів на рівні не нижче 18 МДж/кг [113, 24, 112].

Нормована європейськими стандартами величина зольності (0,5%) практично недосяжна для вітчизняних виробників, лише проби паливних гранул, виготовлені з щепи хвойних порід, дуба, бука,

осики та ін. витримують вимоги європейських стандартів та мають значення в межах від 0,33 до 0,9%.

Таблиця 56

Вимоги європейських стандартів до пелет (EN ISO 17225) [152]

Назва показник	Значення показника
Діаметр, мм	не регламентується
Довжина, мм	$<5 \times d$
Щільність, кг/дм ³	$>1,12$
Вологість, %	<10
Насипна маса, кг/м ³	650
Брикетний пил, %	$<2,3$
Зольність, %	$<0,5$
Теплотворна здатність, МДж/кг	>18
Вміст сірки, %	$>0,04$
Вміст азоту, %	$>0,3$
Вміст хлору, %	$>0,02$
Миш'як, мг/кг	$>0,8$
Свинець, мг/кг	>10
Кадмій, мг/кг	$>0,5$
Хром, мг/кг	>8
Мідь, мг/кг	>5
Ртуть, мг/кг	$>0,05$
Цинк, мг/кг	>100

На жаль, паливні гранули, виготовлені з лушпиння соняшника та соломи, мають понаднормові значення зольності, відповідно до 2,6 та до 8%, що і знижує їх показники якості та використання для котелень (тепло- та електростанцій) [12].

7.3. Розрахунок виходу твердого біопалива

Узагальнюючим показником, який характеризує ефективність вирощування міскантусу гігантського, є вихід твердого біопалива та вихід енергії. Відповідно до міжнародних стандартів (DIN-Plus) вологість твердого біопалива (w) допускається до 10%, таким чином, для визначення виходу твердого біопалива необхідно визначити збір абсолютно сухої біомаси і збільшити його на 10% [152]. Отже, з 1 т абсолютно сухої біомаси можна отримати до 1,1 т твердого біопалива.

Вихід твердого біопалива розраховується за формулою:

$$T = \frac{U \cdot c \cdot (100 + w)}{10000} \quad (1)$$

де T – вихід твердого біопалива, т/га

U – врожайність біомаси стебел міскантусу, т/га

c – суха речовина біомаси стебел, %

w – вологість твердого біопалива, %

Для визначення виходу твердого біопалива можна також скористатися графіком (рис. 97) або номограмою (табл. 57).

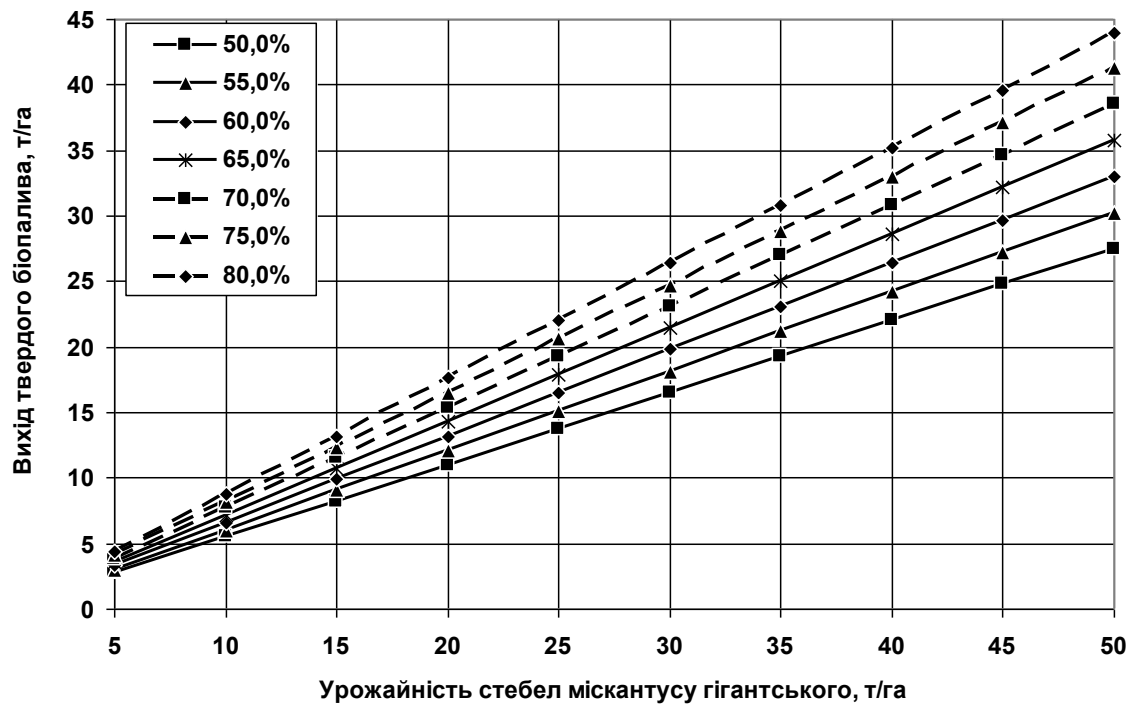


Рис. 97. Вихід твердого біопалива залежно від урожайності стебел міскантусу гігантського та сухої речовини

Таблиця 57

Номограма для визначення виходу твердого біопалива залежно від урожайності стебел міскантусу гігантського та сухої речовини, т/га

Врожайність зеленої біомаси стебел, т/га	Суха речовина стебел, %															
	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80
5,0	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4
7,5	4,1	4,3	4,5	4,6	4,8	5,0	5,1	5,3	5,4	5,6	5,8	5,9	6,1	6,3	6,4	6,6
10,0	5,5	5,7	5,9	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,3	7,5	7,7	7,9	8,1	8,4	8,6	8,8
12,5	6,9	7,2	7,4	7,7	8,0	8,3	8,5	8,8	9,1	9,4	9,6	9,9	10,2	10,5	10,7	11,0
15,0	8,3	8,6	8,9	9,2	9,6	9,9	10,2	10,6	10,9	11,2	11,6	11,9	12,2	12,5	12,9	13,2
17,5	9,6	10,0	10,4	10,8	11,2	11,6	11,9	12,3	12,7	13,1	13,5	13,9	14,2	14,6	15,0	15,4
20,0	11,0	11,4	11,9	12,3	12,8	13,2	13,6	14,1	14,5	15,0	15,4	15,8	16,3	16,7	17,2	17,6
22,5	12,4	12,9	13,4	13,9	14,4	14,9	15,3	15,8	16,3	16,8	17,3	17,8	18,3	18,8	19,3	19,8
25,0	13,8	14,3	14,9	15,4	16,0	16,5	17,1	17,6	18,2	18,7	19,3	19,8	20,4	20,9	21,5	22,0
27,5	15,1	15,7	16,3	16,9	17,5	18,2	18,8	19,4	20,0	20,6	21,2	21,8	22,4	23,0	23,6	24,2
30,0	16,5	17,2	17,8	18,5	19,1	19,8	20,5	21,1	21,8	22,4	23,1	23,8	24,4	25,1	25,7	26,4
32,5	17,9	18,6	19,3	20,0	20,7	21,5	22,2	22,9	23,6	24,3	25,0	25,7	26,5	27,2	27,9	28,6
35,0	19,3	20,0	20,8	21,6	22,3	23,1	23,9	24,6	25,4	26,2	27,0	27,7	28,5	29,3	30,0	30,8
37,5	20,6	21,5	22,3	23,1	23,9	24,8	25,6	26,4	27,2	28,1	28,9	29,7	30,5	31,4	32,2	33,0
40,0	22,0	22,9	23,8	24,6	25,5	26,4	27,3	28,2	29,0	29,9	30,8	31,7	32,6	33,4	34,3	35,2
42,5	23,4	24,3	25,2	26,2	27,1	28,1	29,0	29,9	30,9	31,8	32,7	33,7	34,6	35,5	36,5	37,4
45,0	24,8	25,7	26,7	27,7	28,7	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,6	36,6	37,6	38,6	39,6
47,5	26,1	27,2	28,2	29,3	30,3	31,4	32,4	33,4	34,5	35,5	36,6	37,6	38,7	39,7	40,8	41,8
50,0	27,5	28,6	29,7	30,8	31,9	33,0	34,1	35,2	36,3	37,4	38,5	39,6	40,7	41,8	42,9	44,0

Вихід енергії визначають як добуток маси отриманого з 1 га насаджень міскантусу гігантського твердого біопалива на його енергоємність:

$$E_T = T \cdot e_T, \quad (2)$$

де E_T – вихід енергії з твердого біопалива, ГДж/га;

M – вихід твердого біопалива з 1 га міскантусу гігантського, т/га;

e_T – енергоємність твердого біопалива, МДж/кг.

Водночас енергоємність твердого біопалива з міскантусу буде залежати від його вологості та зольності й визначатиметься за формулою:

$$e_T = \left(\frac{100 - W - Z}{100} \right) \cdot e_{T0}, \quad (3)$$

де e_T – енергоємність твердого біопалива, МДж/кг;

W – вологість твердого біопалива, %;

Z – зольність твердого біопалива, %;

e_{T0} – енергоємність абсолютно сухого беззольного твердого біопалива, МДж/кг;

За літературними даними та на основі власних досліджень відомо, що теплотворна здатність абсолютно сухої беззольної біомаси стебел міскантусу гігантського коливається не в значних межах і становить близько $e_{T0} = 18,5$ МДж/кг.

Підставивши значення e_{T0} у формулу (3) та врахувавши, що згідно стандарту вологість твердого біопалива 10%, отримаємо:

$$e_T = 16,65 - 0,185 \cdot Z \quad (4)$$

На рис. 98 наведено графічну інтерпретацію залежності (4).

У разі відсутності інформації про вміст золи у стеблах міскантусу приймаємо енергоємність $e_T = 16$ ГДж/т.

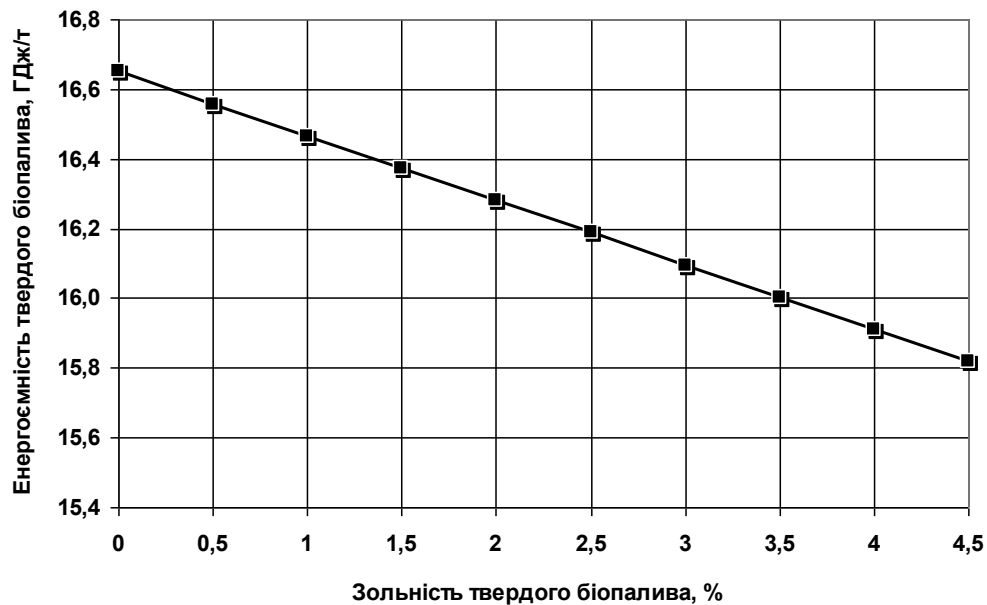


Рис. 98. Залежність енергоємності твердого біопалива від зольності

Приклад розрахунку

Урожайність листково-стебельної маси міскантусу гігантського становить 42 т/га, суха речовина – 52% та зольність 2,5%. Розрахунковий вихід твердого біопалива з 1 га міскантусу гігантського становитиме:

$$T = \frac{42 \cdot 52 \cdot (100 + 10)}{10000} = 24,024 \text{ т/га.}$$

Визначаємо енергоємність твердого біопалива:

$$e_T = \left(\frac{100 - 10 - 2,5}{100} \right) \cdot 18,5 = 16,19 \text{ МДж/кг.}$$

Вихід енергії з отриманого твердого біопалива:

$$ET = 24,024 \cdot 16,19 = 388,95 \text{ ГДж/га.}$$

РОЗДІЛ 8

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ТА ПЕРЕРОБЛАННЯ БІОМАСИ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО

8.1. Економічна ефективність технології вирощування міскантусу гігантського

Проблеми вітчизняної економіки, пов'язані з високою залежністю від імпорту енергоносіїв, зумовлюють необхідність пошуку власних альтернативних джерел їх використання. Постійно зростаючі тарифи на газ та комунальні послуги ще більше стимулюють їх пошук та використання.

Одним із перспективних напрямів вирішення цієї задачі є вирощування енергетичної сировини на плантаціях швидкорослих листяних порід, зокрема таких як міскантус гігантеус, просо прутноподібне, та інших листяних рослин, здатних до легкого відновлення надземної частини після її зрізання. Передовий досвід у цьому напрямку демонструють європейські країни, які почали активно впроваджувати вирощування енергетичної сировини на плантаціях ще на початку 70-х років минулого століття, поштовхом чого слугувало загострення світової енергетичної кризи.

В Україні даний напрям почав активно розвиватися в останні роки, коли окремі компанії у промисловому масштабі створили плантації енергетичних рослин, в тому числі різних сортів міскантусу.

Слід зазначити, що з екологічної точки зору міскантус сприяє збереженню і оздоровленню навколишнього середовища.

Він ідеально підходить для засадження на забруднених та малопридатних для вирощування сільськогосподарських культур землях. Тому ефективно використовується у протиерозійних заходах для укріплення ґрунтів, збагачення їх макро- та мікроелементами, та іншими поживними речовинами природного походження. Плантації міскантусу є природними фільтрами з утилізації відходів агропромислового виробництва, використовуються як буферні зони в місцях накопичення біологічних відходів, є природним фільтром для очищення ґрунтів від пестицидів.

Сучасна технологія вирощування міскантусу в Україні є новою. Вона забезпечує не тільки високий рівень продуктивності, а й

передбачає ефективне використання мінеральних добрив та засобів захисту плантацій від бур'янів, шкідників і хвороб.

Елементи біоадаптивної технології вирощування міскантусу засновані на застосуванні високопродуктивних сортів, ефективному використанні природних, а також оптимально насичених агротехнічних факторів продуктивності (системи обробітку ґрунту, удобрення), застосуванні високоефективних засобів захисту рослин та забезпеченні матеріально-технічними засобами.

Біоадаптивна технологія вирощування міскантусу гігантеусу передбачає гнучкий вибір операцій залежно не тільки від особливостей агрокліматичної зони, але й конкретних умов використання. Дослідження показали, що тільки вчасне і якісне виконання всіх технологічних операцій дозволяє отримувати високі врожаї міскантусу (20 т/га сирої маси) і виробляти конкурентоспроможну продукцію у вигляді твердого біопалива.

Дана технологія забезпечує зменшення витрат за рахунок мінімізації технологічних операцій, хімічного навантаження на ґрунт, проведення агротехнологічних заходів та застосування нових препаратів з мінімальними дозами внесення.

Серед основних факторів, які впливають на ефективність вирощування міскантусу гігантеусу, важливе місце належить своєчасній і якісній підготовці ґрунту з осені, що дозволяє вчасно і якісно провести садіння ризом на визначену густоту, а також контролювати бур'яни, хвороби і шкідників та підтримувати оптимальний водяний і живильний режими ґрунту.

Біоадаптивна технологія вирощування міскантусу дає можливість зменшити хімічне навантаження, особливо при догляді за плантаціями, за рахунок застосування окремих агротехнічних заходів (міжрядного розпушування ґрунту фрезами і культиваторами та присипання бур'янів у зоні рядків).

Щоб запрацювали всі фактори ефективності вирощування міскантусу, доцільно підходити до кожного поля окремо, визначити кислотність ґрунту, наявність запасу NPK, гумусу та інші показники.

Одним із важливих напрямів підвищення економічної ефективності галузі біоенергетики є оптимальна концентрація і спеціалізація виробництва твердого біопалива. Конкретні форми цього процесу постійно змінюються і удосконалюються залежно від розвитку продуктивних сил біоенергетичного комплексу і підвищення рівня його усупільнення. Реформовані

сільськогосподарські підприємства в основному зберегли риси багатогалузевої структури і розпорошеності виробництва, що стримує науково-технічний прогрес, гальмує інтенсифікацію сільськогосподарського виробництва і ріст його ефективності.

Основними важелями економічного прогресу біоенергетичного комплексу є впровадження високоефективних технологій, що забезпечують підвищення продуктивності біоенергетичних культур і зменшення рівня їх собівартості. Кожна технологія як вітчизняна, так і європейська, мають бути ресурсозберігаючими і представляти собою комплекс біологічних, агротехнічних, технологічних, організаційно-економічних заходів, які в цілому забезпечують отримання високих показників урожайності і якості біосировини (рис. 99).

Однією з важливих умов підвищення економічної ефективності вирощування міскантусу є зниження рівня собівартості. Вирішення цієї проблеми можна здійснити за умови творчого з економічним інтересом підходу до кожного технологічного процесу, а саме:

- мінеральні добрива доцільно вносити під основний обробіток ґрунту в межах науково-обґрунтованої норми P_2O_5 – 40 кг/га д.р., K_2O – 160 кг/га д.р. В наступні роки після кожного скошування доцільно вносити аміачну селітру – 60 кг/га д.р., або (КАС) – 60 кг/га д.р.;

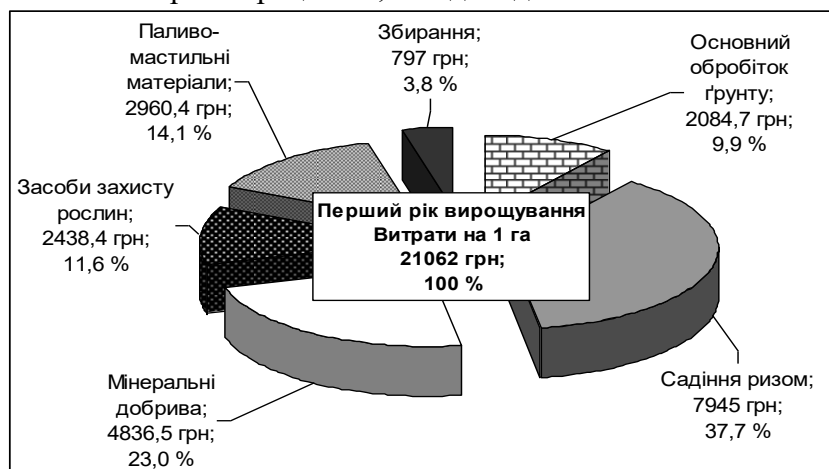
- для садіння міскантусу застосовувати високоефективні сорти з густрою стояння 15 тис. ризом на гектар;

- для контролювання бур'янів доцільно застосовувати агротехнічні заходи, починаючи з основного обробітку ґрунту. Перед основним обробітком ґрунту вносити Раундап – 6 л/га, на догляді за плантаціями до збирання – гербіцид Майстер Пауер – 1,2 л/га. Для контролю за бур'янами під час вегетації застосовувати фрезерні та інші культиватори з метою розпушування ґрунту в міжряддях;

- збирання міскантусу для промислового використання проводити за умови сприятливого для роботи збиральної техніки стану ґрунту.

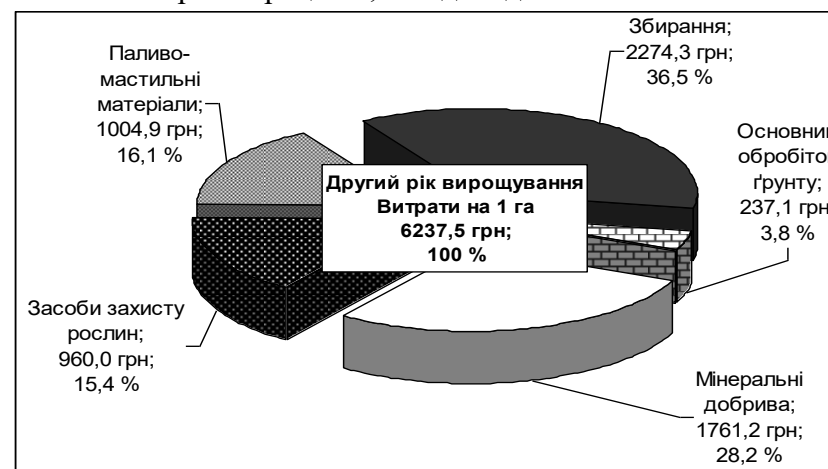
Перший рік вирощування:

- Урожайність сухої маси – 5,9 т/га
- Затрати праці – 16,3 люд.-год./га



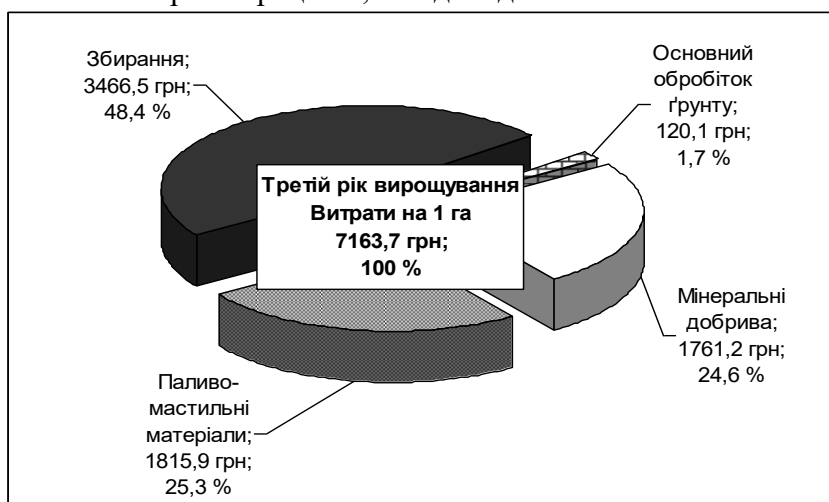
Другий рік вирощування:

- Урожайність сухої маси – 10 т/га
- Затрати праці – 3,1 люд.-год./га



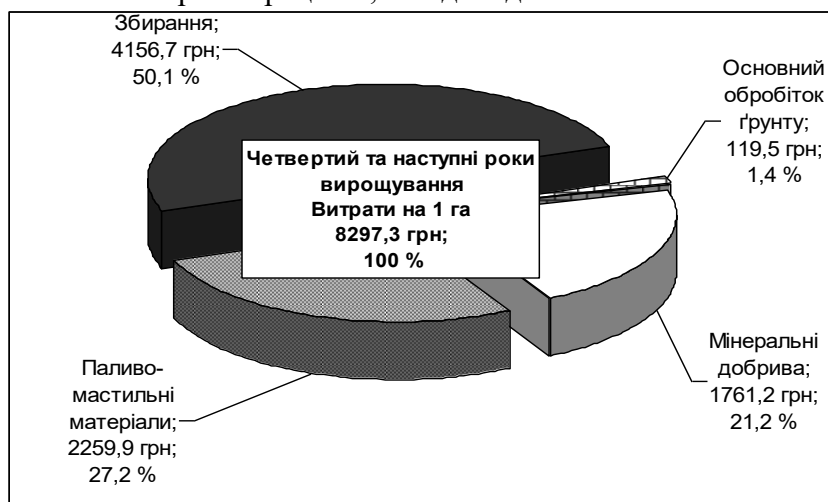
Третій рік вирощування:

- Урожайність сухої маси – 20 т/га
- Затрати праці – 5,5 люд.-год./га



Четвертий та наступні роки вирощування:

- Урожайність сухої маси – 25 т/га
- Затрати праці – 6,8 люд.-год./га



Джерело: складено авторами за власними розрахунками.

Рис. 99. Економічна ефективність біоадаптивної технології промислового вирощування міскантусу

8.2. Економічна ефективність використання міскантусу гігантського в якості біопалива

Міскантус за 20 років вегетації в середньому дає щорічний приріст сирової маси в обсязі 20 т в розрахунку на гектар. Рослина відзначається стійкістю до хвороб, простотою в технології вирощування та збирання, невисоким рівнем матеріально-грошових витрат на одиницю площі та маси, за виключенням першого року, пов'язаного з придбанням або вирощуванням садивного матеріалу (ризом) та закладкою плантацій.

На основі польових досліджень із вищезазначеною культурою в науково-дослідній мережі ІБКіЦБ та в ряді господарств були складені детальні технологічні карти її вирощування і збирання із зазначенням усіх без винятку операцій, обсягів використання матеріально-технічних засобів і праці для їх виконання та розрахунків витрат на 100 га посадки й виробничої собівартості 1 т сировини (дод. 7, 8).

Здійснена також серія розрахунків з визначення економічної ефективності використання міскантусу для виготовлення окремих видів твердого палива за трьома варіантами:

- використання січки з вирощеного і зібраного міскантусу для спалювання її у місцевих твердопаливних котлах та реалізації тепла в гігакалоріях;
- переробка сировини на гранули (пелети) на заводах потужністю 1,2 і 5,0 т/год. та їх реалізація за ринковою ціною;
- реалізація у вигляді січки без попередньої обробки з вологістю 16% за ринковою ціною.

Результати розрахунків здійснені за курсу долара США до гривні у співвідношенні 1:28 та приведені в табл. 58, 59, 60.

Зокрема, в табл. 58 приведені показники використання січки міскантусу шляхом спалювання в котлах місцевого значення і реалізації тепла в Гкал. Вихідними показниками для розрахунків стали: строк використання плантації – 15 років. Урожайність сирової маси за 1-й рік вегетації – 5,9 т/га, 2-й рік – 10,0, 3-й – 20,0 т/га, 4-й та наступні роки – 25,0 т/га. Витрати на вирощування у перший рік – 21,1 тис. грн/га, у другий – 6,2, у третій – 7,2, в усі наступні роки – по 8,3 тис. грн/га, вихід подрібненого міскантусу (січки) з 1 га з вологістю 16%, кількість гігакалорій в розрахунку на 1 т січки – 2,04, реалізаційна ціна 1 Гкал – 1104,96 грн.

Таблиця 58

**Економічна ефективність вирощування біосировини міскантусу та його спалювання у вигляді
пресованої січки в твердопаливних котлах, 2018 р.**

Показник	Рік вегетації														
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й	12-й	13-й	14-й	15-й
Валовий збір сировини з наростаючим підсумком, т/га	5,9	15,9	35,9	60,9	85,9	110,9	135,9	160,9	185,9	210,9	235,9	260,9	285,9	310,9	335,9
Витрати на:															
- вирощування сировини, тис. грн/га	21,1	27,3	34,5	42,8	51,1	59,4	67,7	75,9	84,2	92,5	100,8	109,1	117,4	125,7	134,0
- 1 т сирої маси, грн	3569,8	1716,9	960,0	702,1	594,4	535,2	497,8	472,0	453,2	438,8	427,5	418,3	410,7	404,4	399,0
- сировину в перерахунку на 1 т подрібненого міскантусу з вологістю 16%, грн	3966,5	1907,7	1066,6	780,1	660,4	594,7	553,1	524,5	503,5	487,6	475,0	464,8	456,4	449,3	443,3
- спалювання 1 т січки, грн	325,0	325,0	325,0	325,0	325,0	325,0	325,0	325,0	325,0	325,0	325,0	325,0	325,0	325,0	325,0
Всього витрат на 1 т подрібненого міскантусу, грн	4291,5	2232,7	1391,6	1105,1	985,4	919,7	878,1	849,5	828,5	812,6	800,0	789,8	781,4	774,3	768,3
Обсяг подрібненого міскантусу (січки) на 1 га, т	5,3	14,3	32,3	54,8	77,3	99,8	122,3	144,8	167,3	189,8	212,3	234,8	257,3	279,8	302,3
Кількість Гкал на 1 га (2,04 на 1 т подрібненого міскантусу)	10,8	29,2	65,9	111,8	157,7	203,6	249,5	295,4	341,3	387,2	433,1	479,0	524,9	570,8	616,7
Виручка від реалізації, тис. грн (за ціною 1 Гкал 1104,96 грн)	12,0	32,4	73,2	124,2	175,1	226,1	277,1	328,1	379,0	430,0	481,0	531,9	582,9	633,9	684,9
Загальні витрати на січку, тис. грн	22,8	31,9	45,0	60,6	76,2	91,8	107,4	123,0	138,6	154,2	169,8	185,4	201,1	216,7	232,3
Прибуток на 1 га, тис. грн	-10,8	0,5	28,2	63,6	99,0	134,3	169,7	205,0	240,4	275,8	311,1	346,5	381,9	417,2	452,6
Рівень рентабельності, %	-47,2	1,5	62,8	105,0	129,9	146,3	158,0	166,7	173,4	178,8	183,2	186,8	189,9	192,6	194,8
Собівартість 1 Гкал, грн	2104	1094	682	542	483	451	430	416	406	398	392	387	383	380	377

Джерело: складено авторами за власними розрахунками.

Результативні показники, наведені в таблиці 58, свідчать про те, що за спалювання подрібненого міскантусу (січки) в котлах і реалізації тепла за існуючою ціною 1 Гкал 1104,96 грн його виробництво стає рентабельним на 3-ій рік вегетації, а в подальшому прибутковість різко зростає – до 194,8%. Собівартість 1 Гкал тепла відтак знижується від 2104 грн за спалювання подрібненого міскантусу в 1-ий рік вегетації до 377 грн. Тобто, бізнес на вирощуванні і реалізації міскантусу за даним варіантом в сучасних умовах надзвичайно прибутковий.

Таблиця 59

Розрахунок прогнозованої собівартості виготовлення пелет із міскантусу на стаціонарних заводах потужністю 1,2 і 5,0 т на годину, 2018 р.

Статті витрат	Продуктивність заводу, т/год					
	1,2			5,0		
	Витрати, грн		Структура, %	Витрати, грн		Структура, %
	за рік	1 т		за рік	1 т	
1. Сировина	3510936	443,30	33,8	14628900	443,30	36,4
2. Транспортування сировини	660114	83,35	6,4	2952482	89,47	7,3
3. Заробітна плата з нарахуваннями	614880	77,64	5,9	614880	18,63	1,5
4. Електроенергія	3242521	409,41	31,2	15991789	484,60	39,8
5. Вода	8332	1,05	0,1	34716	1,05	0,1
6. Пакування	551232	69,60	5,3	2296800	69,60	5,7
7. Амортизація	944000	119,19	9,1	1972000	59,76	4,9
8. Поточний ремонт та обслуговування	283200	35,76	2,7	591600	17,93	1,5
9. Плата за земельну ділянку	1536	0,19	0,0	3072	0,09	0,0
10. Адміністративні витрати	561812,9	70,94	5,4	1123626	34,05	2,8
11. Всього витрат:	10378564	1310,42	100,0	40209866	1218,48	100,0
12. Прибуток		1022,91	–		1114,85	–
15. Реалізаційна ціна 1 т пелет без ПДВ		2333,33	–		2333,33	–
16. Реалізаційна ціна 1 т пелет з ПДВ		2800,00	–		2800,00	–
17. Рівень рентабельності, %		78,1	–		91,5	–

Джерело: складено авторами за даними [1] та за власними розрахунками.

Показники табл. 59 демонструють результати переробки міскантусу на пелети на стаціонарних заводах потужністю 1,2 і 5,0 т на годину з наступною їх реалізацією на ринку за ціною 100 дол. США/тонна. Вони свідчать про те, що такий бізнес є також прибутковим, але у порівнянні з попереднім варіантом він менш доцільний – рівень рентабельності продажу пелет дорівнює відповідно

78,1 і 91,5%. Це тому, що зростають витрати на сировину – на 1 тону пелет потрібно витратити значно більше сировини, ніж на подрібнений міскантус (тріску) та на її транспортування до місця переробки, а також на заробітну плату заводського персоналу, пакування, адміністративні витрати, а, головне, на електроенергію – 31,2%.

Перелік показників, які прийнято у розрахунках таблиці 59

№ з/п	Показник	Продуктивність заводу, т/год	
		1,2	5,0
1.	Зарплата одного працівника, грн	10500	10500
2.	Відрахування на соціальні заходи, % до зарплати	22	22
3.	Термін експлуатації заводу, років	15	15
4.	Вартість обладнання, млн. грн	9,6	20,4
5.	Дизайн, проектування і встановлення (10% від вартості обладнання), млн. грн	0,96	2,04
6.	Вартість будівництва ангара для сировини, млн. грн	3,6	7,1
7.	Вартість обслуговування і поточного ремонту основних засобів, % до амортизації	30	30
8.	Вартість землі, грн	23040	46080
9.	Річна продуктивність заводу, т	7920	33000
10.	Кількість води на 1 т пелет, л	80	80
11.	Річна потреба у воді, т	633,6	2640
12.	Вартість води, грн/т	13,15	13,15
13.	Витрати електроенергії за год., кВт·год.	279	1376
14.	Річна потреба електроенергії, кВт·год.	1841400	9081600
15.	Вартість електроенергії, грн/кВт·год.	1,7609	1,7609

Джерело: складено авторами за даними [1] та за власними розрахунками.

Однак, якщо виготовлені на заводах пелети спалювати в котлах і реалізовувати тепло в Гкал за ціною 1104,96 грн, то рівень рентабельності такого бізнесу зросте до 206,1% (табл. 60).

Відповідний рівень прибутковості досягається й у варіанті, який передбачає реалізацію міскантусу у вигляді січки як сировини для біопалива без її попередньої обробки з вологістю 16% за ціною 840,0 грн/т (табл. 61). Він дорівнює – 110,5%.

Приведені розрахунки відображають основні тенденції використання міскантусу на біопаливо за станом на жовтень 2018 р. Однак конкретні показники можуть змінюватись залежно від зміни цін на паливо, теплову енергію, матеріально-технічні засоби вирощування і переробки, комерційних цілей окремих підприємств, кон'юнктури біоенергетичного ринку та ряду інших важливих факторів.

**Економічна ефективність вирощування міскантусу, переробка його на пелети (гранули)
та спалювання в котлах, 2018 р.**

Показник	Рік вегетації														
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й	12-й	13-й	14-й	15-й
Валовий збір сировини з наростаючим підсумком, т/га	5,9	15,9	35,9	60,9	85,9	110,9	135,9	160,9	185,9	210,9	235,9	260,9	285,9	310,9	335,9
Виробництво пелет (гранул), т	5,5	14,7	33,2	56,3	79,4	102,5	125,6	148,7	171,8	194,9	218,0	241,1	264,2	287,3	310,4
Витрати на виробництво сировини на:															
1 га, тис. грн	21,1	27,3	34,5	42,8	51,1	59,4	67,7	75,9	84,2	92,5	100,8	109,1	117,4	125,7	134,0
1 т сирової маси, грн	3569,8	1716,9	960,0	702,1	594,4	535,2	497,8	472,0	453,2	438,8	427,5	418,3	410,7	404,4	399,0
1 т пелет (гранул), грн	3863,5	1858,1	1038,9	759,9	643,3	579,2	538,7	510,8	490,4	474,9	462,6	452,7	444,5	437,7	431,8
Витрати на виготовлення пелет (гранул) в заводських умовах, грн	867,1	867,1	867,1	867,1	867,1	867,1	867,1	867,1	867,1	867,1	867,1	867,1	867,1	867,1	867,1
Загальні витрати на 1 т пелет (гранул), грн	4730,6	2725,3	1906,1	1627,0	1510,4	1446,3	1405,9	1378,0	1357,6	1342,0	1329,7	1319,8	1311,7	1304,8	1299,0
Прибуток на 1 т пелет (гранул) (за реалізаційної ціни 2333 грн/т), грн	-	2397,2	-391,9	427,3	706,3	822,9	887,0	927,5	955,4	975,8	991,3	1003,6	1013,5	1021,7	1028,5
Рівень рентабельності, %	-50,7	-14,4	22,4	43,4	54,5	61,3	66,0	69,3	71,9	73,9	75,5	76,8	77,9	78,8	79,6
Виручка від реалізації пелет (гранул) на 1 га., тис. грн	12,7	34,3	77,4	131,3	185,2	239,1	293,0	346,9	400,8	454,7	508,6	562,5	616,4	670,3	724,2
Витрати на 1 т з урахуванням спалення пелет в котлах, грн	4955,6	2950,3	2131,1	1852,0	1735,4	1671,3	1630,9	1603,0	1582,6	1567,0	1554,7	1544,8	1536,7	1529,8	1524,0
Число Гкал в розрахунку на 1 га (4,2 Гкал на 1 т подрібненого міскантусу (січки))	22,9	61,7	139,3	236,3	333,4	430,4	527,4	624,4	721,4	818,5	915,5	1012,5	1109,5	1206,5	1303,6
Виручка з 1 га (за ціною 1 Гкал 1104,96 грн), тис. грн	25,4	68,5	154,7	262,5	370,2	477,9	585,7	693,4	801,2	908,9	1016,6	1124,4	1232,1	1339,9	1447,6
Загальні витрати на виробництво сировини, пелет (гранул) і їх спалювання, тис. грн	27,0	43,3	70,7	104,2	137,7	171,3	204,8	238,3	271,8	305,4	338,9	372,4	405,9	439,5	473,0
Прибуток, тис. грн	-1,6	25,2	84,0	158,2	232,5	306,7	380,9	455,1	529,3	603,5	677,7	752,0	826,2	900,4	974,6
Рівень рентабельності, %	-5,9	58,1	118,9	151,8	168,8	179,1	186,0	191,0	194,7	197,6	200,0	201,9	203,5	204,9	206,1

Джерело: складено авторами за власними розрахунками.

Таблиця 61

Економічна ефективність вирощування і реалізації міскантусу у вигляді січки як сировини для виробництва біопалива (без попередньої обробки) з вологістю 16%, 2018 р.

Показник	Рік вегетації														
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й	12-й	13-й	14-й	15-й
Валовий збір сировини з наростаючим підсумком, т/га	5,9	15,9	35,9	60,9	85,9	110,9	135,9	160,9	185,9	210,9	235,9	260,9	285,9	310,9	335,9
Витрати на виробництво сировини, на:															
1 га, тис. грн	21,1	27,3	34,5	42,8	51,1	59,4	67,7	75,9	84,2	92,5	100,8	109,1	117,4	125,7	134,0
1 т сирої маси, грн	3569,8	1716,9	960,0	702,1	594,4	535,2	497,8	472,0	453,2	438,8	427,5	418,3	410,7	404,4	399,0
Виручка (за ціною 840,0 грн (30\$ США), тис. грн	5,0	13,4	30,2	51,2	72,2	93,2	114,2	135,2	156,2	177,2	198,2	219,2	240,2	261,2	282,2
Прибуток на 1 т подрібненого міскантусу (за ціною 840,0 грн), грн	-2730	-877	-120	138	246	305	342	368	387	401	413	422	429	436	441
Рівень рентабельності, %	-76,5	-51,1	-12,5	19,6	41,3	56,9	68,7	78,0	85,4	91,4	96,5	100,8	104,5	107,7	110,5

Джерело: складено авторами за власними розрахунками.

ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

In vitro (лат. *in vitro* — «у склі») — це техніка виконання експерименту чи інших маніпуляцій у пробірці, або, більш загально, у контрольованому середовищі поза живим організмом.

In vivo — у перекладі з латині: у живому (чи на живому) — означає, що подія відбувається всередині організму. У науці *in vivo* означає експерименти, що проводяться на живих тканинах і цілих організмах чи всередині них. Прикладами експериментів *in vivo* можуть бути експерименти в польових умовах.

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.

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. Такі плантації можуть бути розміщені на суші чи у воді (морській або прісній) [25].

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

Біокомпонент — біопаливо, що використовується як компонент інших видів палива.

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 [25].

Біомаса — невикопна 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.

Біопаливний брикет — ущільнене біопаливо з добавками або без них у формі кубічних, багатогранних або циліндричних елементів, отриманих стисканням подрібненої біомаси [3].

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 [3].

Брунька – зародок пагона (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.

Видовжені пагони (ауксібласти) – необмежені в рості пагони з добре вираженими міжвузлями. Бруньки розміщені на більш-менш значній віддалі одна від іншої.

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

Відновлювані джерела енергії (ВДЕ) – 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.

Відходи – частина основних чи допоміжних ресурсів, що не використовується та яка утворюється в технологічному процесі, яка виводиться з процесу з метою розсіювання, захоронення в природному середовищі, рекуперації або утилізації.

Вкорочені пагони (брахібласти) – мають нерозвинуті міжвузля. Вузли зближені, бокові бруньки часто відсутні.

Вміст сухої речовини – масова доля сухої речовини у всьому матеріалі [3].

Гаметофіт – це статеве покоління живих організмів. У рослин йде цикл життя, що змінюється від спорофіту у гаметофіт.

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.

Диференціація клітин – процес, який веде до утворення різних клітин з початково однорідних.

Експозиція – тривалість дії фактору.

Живильні середовища – це субстрати для вирощування в лабораторних умовах рослинних культур. Складаються з певних наборів органічних і неорганічних сполук, які служать джерелами вуглецю, азоту, фосфору, сірки, калію, натрію, макро- та мікроелементів та інших необхідних компонентів

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 [3].

Інтеркалярний ріст (лат. *intercalaris* – вставний, додатковий), вставний ріст — ріст рослин (або їхніх органів) у довжину внаслідок поділу клітин вставної твірної тканини (меристеми). Зона І. р. міститься між тканинами, що сформувалися та закінчили свій розвиток (напр., в основі меживузлів стебел злаків, в окремих ділянках листків тощо).

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.

Конус наростання — закруглено-конусовидна верхівка зростаючого осьового органу (стебла, кореня) рослини, що складається з твірної тканини (меристеми).

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.

Монокарпічний пагін — пагін, який має малий життєвий цикл, за який він формує квітку або суцвіття, проте після плодоношення він цілком відмирає (у однорічників) або частково (у багаторічників).

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.

Плагіотропні органи — органи, розташовані більш-менш горизонтально до поверхні землі (наприклад, пагони споришу,

суниць, бічні корені, кореневища тощо). Вони відносяться до моносиметричних.

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.

Префлоральна зона – це вегетативна ділянка пагона, яка відмежована верхнім метамером базальної та нижнім метамером флоральної зон. Завжди розташована над ґрунтом, зберігає ортотропне положення. Якісними ознаками морфоструктурної організації префлоральної зони є: серединна формація листкових пластинок, видовжені міжвузля, бічні вегетативні й вегетативно-генеративні пагони збагачення.

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.

С₄-рослини – рослини, в яких третій етап фотосинтезу протікає з приєднання вуглекислого газу не до рібулозодифосфату (як у С₃-рослин), а до тривуглецевого з'єднання - фосфоенолпірвіноградної кислоти, що призводить до утворення чотирьохвуглецевого (С₄) з'єднання – щавлевооцтової кислоти. До цього типу належать такі

рослини як кукурудза і деякі інші злаки, переважно тропічних і субтропічних рослин (цукрова тростина, сорго).

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, щепи, 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 [3].

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.

Хромосома — це велика молекулярна структура, де міститься близько 90% ДНК клітини. Всі хромосоми містять дуже довгий безперервний полімеризований ланцюг ДНК (єдину ДНК-молекулу), що містить гени, регуляторні елементи та проміжні нуклеотидні послідовності.

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

Ширина міжрядь – відстань між осьовими лініями двох суміжних рядків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агроклиматические особенности оптимальных сроков сева и проведения основных сельскохозяйственных работ в различных районах Карелии: Практик. рекомендации / Институт биологии. Карельская гидрометеорологическая обсерватория, отделение агрометеорологии. – Петрозаводск: КФ АН СССР, 1987. – 35 с.
2. Андреева Л. С. Отримання садивного матеріалу міскантусу за умов додаткового зволоження / Л. С. Андреева, І. А. Моргун // Селекційно-генетична наука і освіта: мат. міжнар. наук. конф. (Умань 16 – 18 березня 2016 р.). – Умань: Видавець «Сочинський М.М.», 2016. – С.12-15.
3. Біопаливо тверде. Терміни та визначення. ДСТУ EN 14588.
4. Блукет Н. А. Ботаника с основами физиологии растений / Блукет Н. А., Родман Л. С., Пузанова С. А., [теор. и практик. Курс. Под ред. Блукет Н. А.]. – М. : Колос, 1975. – 608 с.
5. Блюм Я. Б. Новітні технології біоенергоконверсії / Я. Б. Блюм, Г. Г. Гелетуха, В. О. Дубровін [та інші]. – К., 2010. – 324 с.
6. Богатая З. Ф. Особеноности выращивания сорго на силос в юго-западных районах Степи Украины: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.09. – «Растениеводство» / З. Ф. Богатая. – Одесса, 1967. – 19 с.
7. Борчук И. Мискантус: в поисках энергии / И. Борчук // Зерно. – 2009. – № 8. – С. 26-31.
8. Ботаніка. Практикум / [Григора І. М., Якубенко Б. Є., Алейніков І. М., Лушпа В. І. та ін.]. Навч. посібник, 5-е вид. перероблене та доповнене – К.: Арістей, 2006. – 340 с.
9. Будаева В. В., Золотухин В. Н., Митрофанов Р.Ю., Архипова О. С. Свойства целлюлозы мискантуса // Ползуновский вестник. – 2010. – № 3. – С. 240-245.
10. Бунецький В. О. Аналіз технологічних процесів отримання твердого палива у вигляді пеллет або брикетів / Бунецький В. О. // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. – 2011. – №10. – С. 328-340.
11. Возобновляемые растительные ресурсы / Д. Шпаар, Д. Драгер, С. Каленская, Д. Рахметов; под общ. ред. Д. Шпаар. – СПб.: Пушкин, 2006. – Т. 1. – 416 с.
12. Гайденко О. Заклучний звіт про НДР за 2011-2013 рр. за завданням 22.05.03.06П Розробити технологічні процеси та технологічні засоби для заготівлі та використання рослинної біомаси

як твердого біопалива / Гайдено О., Кернасюк Ю., Томашина Г. та ін. – Кіровоград, 2013. – 139 с. – державна реєстрація №0111U005167.

13. Ганженко О. М. Вплив глибини садіння ризом міскантусу на їх проростання. / Ганженко О. М., Квак В. М. // Біоенергетика. – 2013. – №1. – С. 36.

14. Гелетуша Г. Г. Перспективы выращивания и использования энергетических культур в Украине. Аналитическая записка БАУ №10 [Электронный ресурс] / Гелетуша Г. Г., Железная Т. А., Трибой А. В. – 2014. – Режим доступа: <http://www.uabio.org/ru/activity/uabio-analytics>.

15. Гомонай М. В. Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы: монография / М. В. Гомонай. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 68 с.

16. ГОСТ 13837-79 Динамометры общего назначения. Технические условия (Динамометри загального призначення. Технічні умови).

17. ГОСТ 20915-75 (СТ СЭВ 5630-86) Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний (Сільськогосподарська техніка. Методи визначання умов випробовувань).

18. Григора І. М. Ботаніка / Григора І. М., Шабарова С. І., Алейніков І. М., навч. Посіб. Для аграрних університетів. – К. : Фітоцентр, 2000. – 196 с.

19. Гументик М. Я. Урожайність біомаси міскантусу / М. Я. Гументик, В. М. Квак, О. І. Замойський // Біоенергетика. – №2, 2013. – С. 32-35.

20. Декоративные травянистые растения для открытого грунта. – Л.: Наука, 1977. – С. 99-104.

21. Словари и энциклопедии на Академике: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1149984>

22. 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

23. Довідник із захисту рослин / Л.І. Бублик, Г.І. Васечко, В.П. Васильєв та ін.; за ред. М.П. Лісового. –К.: Урожай, 1999. 744с.

24. Дроздник И. Д. Топливные pellets и брикеты: ресурсы, нормативная база / И. Д. Дроздник, Д. В. Мирошниченко // Відновлювальна енергетика. – 2009. – № 4. – С. 64-69.

25. ДСТУ 2275-93 Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Терміни та визначення.
26. ДСТУ ГОСТ 427:2009 Лінійки вимірювальні металеві. Технічні умови.
27. ДСТУ 4179-2003 Рулетки вимірювальні металічні. Технічні умови.
28. ДСТУ 8358:2015 Брикети та гранули паливні. Технічні умови.
29. ДСТУ ISO 11465-2001 Якість ґрунту. Визначення сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод.
30. Енергетичний баланс України за 2017 рік // Державна служба статистики України (Експрес-випуск від 20.12.2018)
31. Єременко О. І. Аналіз стану та тенденції розвитку твердопаливних виробництв / О. І. Єременко, О. В. Паянок, Д. М. Усенко // Вісник Степу : наук. зб. : – Ювілейний випуск до 100-річчя установи. – Кіровоград : «КОД», 2012. – Ювілейний вип. 9. Ч. 2. – С. 234-240.
32. Желтовская Т. Т. Декоративные травы в дизайне сада. – М.: Кладезь Букс. – 2008. – 127 с.
33. Жуковский П. М. Ботаника – М.: Государственное издательство колхозной и совхозной литературы «Сельхозгиз» 1938 – 600 с.
34. Загальне землеробство / [Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П. та ін.]; за ред. Єщенко В. О. – К.: Вища школа, 2004. – 336 с.
35. Запольська Н.М., Шендрік К.А. Особливості розвитку бурі плямистості сорго цукрового та заходи по її обмеженню. *Біоенергетика*. 2015. №2. С. 31.
36. Зінченко В. Энергия мискантуса / В. Зінченко, М. Яшин // ЛесПромИнформ. – 2011. – № 6 (80).– [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/2409>
37. Зінченко В. О. Біогеліоенергія – наше енергетичне майбутнє / В. О. Зінченко, В. П. Кусайло // Пропозиція. – 2006. – № 8. – С. 130-132.
38. Зінченко В. О. Біомаса як альтернативне джерело енергії / В. О. Зінченко // Екол. вісн. – 2005. – № 3. – С. 24-25.
39. Зінченко В. О. Мискантус – джерело енергетичної біомаси / В. О. Зінченко // Новини Агротехніки. – 2008. – №3(63). – С. 40-41.

40. Зінченко О. В. Вплив фітогормонів на розмноження міскантуса гігантського шляхом живцювання частинами пагону / О. В. Зінченко // Матер. наук. конф. «Біологічні ресурси і новітні біотехнології виробництва біопалив». – К.: Фітосоціоцентр. – 2014. – С. 62-65.

41. Зінченко О. В. Оцінка впливу регуляторів росту рослин на інтенсивність фотосинтезу, приживаність, морфологічні показники міскантуса гігантеусу. / Зінченко О. В. // Збірник наукових праць. – Київ. – 2013. – Випуск 19. – С. 47.

42. Зубенко В. Ф. Состояние и перспективы использования биотехнологических методов в селекции сахарной свеклы. Биотехнологические методы в селекции сахарной свеклы. – М.: Агропромиздат. – 1989. – С. 3-7.

43. Интернет-портал Energy Нефть&Газ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://oil-gas-energy.com.ua/v-dnepropetrovskoj-oblasti-nachali-vnedryat-principy-energoberezeniya-i-racionalnogo-otnosheniya-k-prirodnym-resursam.html>.

44. Іващенко О. О., Макух Я. П., Ременюк С. О. Ефективність застосування систем хімічного захисту від бур'янів посівів міскантуса гігантського першого року вегетації. Карантин і захист рослин. 2017. № 4–6. С. 19–21.

45. Картопля – другий хліб / [упорядкув. П. С. Теслюка]. – К. : Довіра, 1995. – 281 с. Вип. 1.

46. Картопля / [Вітенко В. А., Куценко В. С., Власенко М. Ю. та ін.]. – К. : Урожай. – 1990. – 256 с.

47. Квак В. М. Вплив строків садіння та глибини загортання ризом міскантуса на його польову схожість / В. М. Квак // Цукрові буряки – 2012. – №6 – С. 15-17.

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

49. Клапп Эрнст. Картофель // Растениеводство; [пер. с нем. В. Якушкина] / Эрнст Клапп. – М. : Из-во иностранной литературы, 1958. – С. 251-255.

50. Климчук О. В. Селекція та вирощування кукурудзи в умовах монокультури: Монографія / Климчук О. В. – Вінниця: ПП Балюк І. Б.; РВВ ВДАУ, 2009. – 216 с.

51. Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси / Гелету́ха Г., Крамар В., Епик О., Антошук Т. та ін. Режим доступу http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/4a/02/4a0236b5-a30b-4167-8c3b-7fd4bcae8926/kompleksnii_analiz_ukrayinskogo_rinku_pelet_z_biomasi.pdf
52. Кравчук В. Нормативне забезпечення виробництва біомаси та біопалива в Україні / В. Кравчук, Т. Цема, В. Таргоня, М. Оситняжський // Техніка і технології АПК. – 2010. – № 7. – С. 34-38.
53. Курило В. Л. Методичні рекомендації з проведення передсадильного обробітку ґрунту і садіння ризом міскантусу. / Курило В. Л, Ганженко О. М, Гументик М. Я, Квак В. М., Замойський О. І, Зиков П. Ю. // Київ – 2012. – 21 с.
54. Лихочвор В. Глибина для пшениці / В. Лихочвор // Агробізнес сьогодні. – 2011. – Червень, №11. – С. 33-35.
55. 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.
56. Макух Я. П. Заходи механічного захисту посівів міскантусу гігантського від бур'янів. Агробіологія. 2016. Вип. 2. С. 108–113.
57. Макух Я. П. Контролювання бур'янів у агрофітоценозах міскантусу гігантського. Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва : матер. Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 90-річчю від дня народж. проф. Наумова Г. Ф. та 80-річчю заснування кафедри генетики, селекції та насінництва (23–24 жовтня 2017 р., м. Харків). Харків, 2017. С. 223–225.
58. Макух Я. П. Особливості захисту насаджень міскантусу від бур'янів. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2017. № 5. <http://journals.uran.ua/index.php/2223-1609/article/view/114880>
59. Макух Я. П. Особливості формування урожайності міскантусу за спільної вегетації з бур'янами. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2017. Вип. 25. С. 115–123.
60. Макух Я. П. Способы борьбы с сорняками в посевах мискантуса. Сахарная свекла. 2015. № 9. С. 29–30.
61. Макух Я. П. Як вберегти насадження міскантусу від бур'янів. Цукрові буряки. 2015. № 6. С. 14–15.

62. Макух Я. П., Іващенко О. О., Ременюк С. О. Системи екологічно безпечного захисту молодих насаджень міскантусу гігантського – *Miscanthus giganteus* (L.) Pal. Beauv. від бур'янів в умовах Лісостепу. Київ : Нілан-ЛТД, 2018. 16 с.

63. Макух Я. П., Ременюк С. О. Ефективні способи захисту посівів міскантусу гігантського від бур'янів. Карантин і захист рослин. 2018. № 8. С. 11–15.

64. Макух Я. П., Ременюк С. О. Ефективність дії гербіцидів у посівах міскантусу першого року життя. Карантин і захист рослин. 2016. № 2–3. С. 24–26.

65. Макух Я. П., Ременюк С. О. Контролювання бур'янів в посівах міскантусу. Карантин і захист рослин. 2016. № 1. С. 7–8.

66. Макух Я. П., Ременюк С. О. Специфіка появи сходів бур'янів у посівах міскантусу. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Агрономія. 2015. Вип. 210, Ч. 1. С. 63–67.

67. Макух Я. П., Ременюк С. О., Мошківська С. В. Контролювання бур'янів механічним способом у агрофітоценозах міскантусу гігантського. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2017. № 3. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/8731>

68. Мацкевич В. В. Удосконалення технології клонального мікророзмноження міскантусу. / Мацкевич В. В., Філіпова Л. М. // Збірник наукових праць Уманського Національного Університету садівництва. Частина 1 Агрономія. Випуск 80. Умань–2012.–С. 129.

69. Методика проведення експертизи сортів міскантусу гігантського (*Miscanthus × giganteus*) на відмінність, однорідність і стабільність / В. О. Зінченко, М. В. Роїк, Д. Б. Рахметов та ін. // Офіційний бюлетень. Державна служба з охорони прав на сорти рослин. – К.: Алефа, 2012. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sops.gov.ua>

70. Методика проведення експертизи сортів міскантусу китайського (*Miscanthus sinensis* Anderss.) на відмінність, однорідність і стабільність / М. В. Роїк, Д. Б. Рахметов, С. М. Гонтаренко та ін. // Офіційний бюлетень. Державна служба з охорони прав на сорти рослин. – К.: Алефа, 2012. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sops.gov.ua>

71. Методика проведення експертизи сортів міскантусу цукровіткового (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim) Benth) на

відмінність, однорідність і стабільність / М. В. Роїк, Д. Б. Рахметов, С. М. Гонтаренко та ін. // Офіційний бюлетень. Державна служба з охорони прав на сорти рослин. – К.: Алефа, 2012. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sops.gov.ua>

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

73. Моргун І. А. Біологічні особливості рослин міскантуса за умов оптимального зволоження./ Моргун І. А. // Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур. Тези доповідей 5 Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (м. Київ, 29-30 вересня 2016 року).– Вінниця Нілан-ЛТД.–2016.– С.111.

74. Номі І. Б. Регенерація рослин різних видів *Miscanthus* / І. Б. Номі, К. К. Петерсен // Рослинні клітини, тканини та органи. – 1996. – №45. – С. 5-7.

75. Панічев Р. Які бувають енергетичні рослини? / Р. Панічев // Агросектор.– № 3. – 2008. – С. 22-25

76. Патент на корисну модель 119838 Україна, МПК А 01С 1/00, А01 N 25/00 (2017.01). Спосіб передсадивного замочування посадкового матеріалу міскантусу для контролю ґрунтових шкідників / Саблук В.Т., Грищенко О.М., Педос В.П.; Смірних В.М., Суслик Л.О., Ворожко С.П.; заявник і власник Київ. Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. -№ u201703918; заявл. 21.04.2017; опубл. 10.10.2017, Бюл. №19.

77. Патент на корисну модель 119839 Україна, МПК А 01С 1/00, А01 N 25/00 (2017.01). Спосіб передсадивного замочування посадкового матеріалу міскантусу для контролю ґрунтових шкідників / Саблук В.Т., Грищенко О.М., Педос В.П.; Смірних В.М., Суслик Л.О., Ворожко С.П.; заявник і власник Київ. Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. -№ u201703919; заявл. 21.04.2017; опубл. 10.10.2017, Бюл. № 19.

78. Патент на корисну модель 120523 Україна, МПК А 01С 1/00, А01 N 25/00 (2017.01). Спосіб передсадивного замочування посадкового матеріалу міскантусу для контролю ґрунтових шкідників / Саблук В.Т., Грищенко О.М., Сінченко В.М., Пиркін В.І., Мандровська С.М.; заявник і власник Київ. Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. -№ u201703920; заявл. 21.04.2017; опубл. 10.11.2017, Бюл. № 21.

79. Патент на корисну модель 120524 Україна, МПК А 01С 1/00, А01 N 25/00 (2017.01). Спосіб передсадивного замочування посадкового матеріалу міскантусу для контролю ґрунтових шкідників / Саблук В.Т., Грищенко О.М., Сінченко В.М., Пиркін В.І., Мандровська С.М.; заявник і власник Київ. Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. -№ u201703921; заявл. 21.04.2017; опубл. 10.11.2017, Бюл. № 21.

80. 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.

81. Патент на корисну модель № 100457 Україна, МПК А 01 В 79/00, А 01 N 25/00 (2015.01). Спосіб захисту посівів міскантусу від бур'янів / Макух Я. П., Іващенко О. О., Сінченко В. М. ; заявник та власник : Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. № u2015 01146 ; заявл. 12.02.2015 ; опубл. 27.07.2015, Бюл. № 14.

82. Патент на корисну модель № 106168, Україна, МПК А 01 В 79/00, А 01 N 25/00 (2016.01). Спосіб хімічного контролювання бур'янів у посівах міскантуса / Макух Я. П., Іващенко О. О., Сінченко В. М., Ременюк С. О. ; заявник та власник : Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. № u2015 07219 ; заявл. 20.07.2015 ; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.

83. Патент на корисну модель № 111363, Україна, МПК А 01 В 79/00 (2016.01). Спосіб вирощування міскантусу / Роїк М. В., Сінченко В. М., Пиркін В. І., Гументик М. Я., Макух Я. П., Квак В. М., Мандровська С. М., Ременюк С. О. ; заявник та власник : Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. № u2016 04314; заявл. 19.04.2016 ; опубл. 10.11.2016, Бюл. № 21.

84. Пащенко Ю. М. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи : [Моногр.] / Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. – Дніпропетровськ : АРТ–ПРЕС, 2009. – 224 с.

85. Пелети за типами. Джерело інформації: <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/1576/>

86. Пелети-стандарти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/1574>

87. Пелети-характеристики. Джерело інформації:
<http://bio.ukrbio.com/ua/articles/1572>
88. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні / М. В. Роїк, В. Л. Курило, О. М. Ганженко, М. Я. Гументик // Цукрові буряки. – 2012. – №2-3. – С. 6-8
89. Писарев Б. А. Приемы повышения урожайности картофеля / Писарев Б. А. – М. : Московский рабочий, 1972. – 136 с.
90. Польовий В. М. Роль вапнування і диференційованого удобрення у відновленні родючості деградованих ґрунтів / В. М. Польовий, Н. А. Деркач, С. І. Веремеєнко // Наукові доповіді Національного аграрного університету (інтернетвидання). – 2006. – №2. – Режим доступу: <http://www.nd.nauu.kiev.ua>.
91. Порадник з сталого виготовлення біомаси [Електронний ресурс]. / Федеральне відомство з сільського господарства та харчування (BLE) – 2010. – Режим доступа: http://www.east-west-bioenergy.net/fileadmin/east-west-bioenergy/pdf/Kiev_Nachhaltigkeit_290410/2_Leitfaden-UKR.pdf.
92. Починок Х. М. Методы биохимического анализа растений. – К.: Наукова думка, 1976. – 334 с.
93. Представники роду *Miscanthus* – високопродуктивні енергетичні рослини в Україні / Д. Б. Рахметов, Т. О. Щербакова, С. О. Рахметов та ін. // Матер. наук. конф. «Біологічні ресурси і новітні біотехнології виробництва біопалив». – К.: Фітосоціоцентр. – 2014. – С. 8-18.
94. Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії – Закон України №5485-VI, від 20.11.2012 р.
95. Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію на листопад 2013 року. – Постанова НКРЕ № 1394 від 31.10.2013.
96. Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року / Розпорядження КМУ №902-р від 01.10.2014 р. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80/page>
97. Про стимулювання заміщення природного газу під час виробництва теплової енергії для установ та організацій, що фінансуються з державного і місцевих бюджетів / Постанова КМУ №

453 від 10.09.2014 р. Режим доступу:
<http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/453-2014-%D0%BF>

98. Про стимулювання заміщення природного газу у сфері теплопостачання / Постанова КМУ № 293 від 09.07.2014 р. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/293-2014-%D0%BF>

99. Проспекти ведучих компаній з розробок технологій та обладнання для виробництва твердого біопалива [Електронний ресурс]. Режими доступу до журн.: <http://fuelalternative.com.ua>; <http://www.pelletsgold.com/>; <http://www.bioesurs.com.ua/>; <http://www.evrobriket.ru>; www.elo.ru; www.presmash.if.ua; www.briketmal.kiev.ua; www.tk-ines.ru; www.ivtech.de; www.eco-en.ru; www.jasko.ru; www.weima.com.ua; <http://www.npk-atk.ru>; www.alligno.ru; www.generator-tepla.ru; www.ecodrevprom.ru; www.pellets.narod.ru; www.briket-ruf.ru/briket.html; www.ekko.com.ua; <http://www.gama-pardubice.cz>; <http://www.testmer.com.pl>; <http://www.lesintech.ru>; www.forwood.spb.ru; www.technogelion.ru; www.ecology-energy.ru; www.dozator.com.ua

100. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність” // Розпорядження КМУ № 605-р від 18 серпня 2017 р.

101. Райнерд Ш. Энергетическое растение – Мискантус [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.energiepflanzen.at>.

102. Рахметов Д. Б. Генетичні ресурси фітоенергетичних інтродуцентів в Україні / Д. Б. Рахметов // Інтродукція рослин. – 2007. – № 2. – С. 3-10.

103. Рахметов Д. Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні / Д. Б. Рахметов. – К.: Аграр Медіа Груп, 2011. – 398 с.

104. Рихлівський І. П. Біологічні і адаптивні основи сучасної технології вирощування топінамбура (аналітичний огляд та результати досліджень) / Рихлівський І. П. – К. : Фітосоціоцентр, 2000. – 224 с.

105. 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.

106. Роїк М. В. Клональне мікророзмноження міскантусу. / Роїк М. В., Бех Н. С., Недяк Т. М., Войтовська В. І. та ін. – Київ, 2013.

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

108. Рокитова О. Энергетические биотопливные культуры: мискантус – за и против / О. Рокитова // Международная биоэнергетика. – 2010. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.infobio.ru/analytics/385.html>

109. Саблук В.Т., Грищенко О.М., Смірних В.М., Педос В.П., Суслик Л.О. Чи загрожують біоенергетичним культурам шкідники? *Біоенергетика*. 2018. №1. С. 37-40.

110. Саблук В. Т., Грищенко О. М., Смірних В. М., Педос В. П. Шкідники біоенергетичних культур. *Новітні агротехнології: теорія та практика*: тези міжнародн. науково-практичної конф. ІБКіЦБ. Вінниця: Нілан-ЛТД. 2017. С. 144-145.

111. Саблук В. Т., Грищенко О. М., Стефановська Т. Р. Контроль чисельності личинок хрущів у посадках енергетичної верби та міскантусу гігантського. *Біоенергетика*. 2014. №2 (4). С. 31-32.

112. Сарана В. В. Багатокритеріальна оцінка сучасного обладнання для виготовлення паливних гранул і брикетів з відходів переробки сільськогосподарських культур та деревини / В. В. Сарана, М. М. Гудзенко, С. М. Кухарець // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика. – К.: НУБіП України, 2010. – Вип. 144, ч. 3. – С. 190-198.

113. Севастьянова С. Н. Биоэнергетика. Древесные (топливные) гранулы / С. Н. Севастьянова // Вестник Оренбургского государственного университета. – Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ, 2009. – № 10. – С. 133-138.

114. Серебрякова Т. И. Морфогенез растений и эволюция жизненных форм злаков / Т. И. Серебрякова. – М. : Наука, 1971. – 360 с.

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

116. Стимулювання відновлювальної енергетики в Україні / Посібник для інвесторів. К. Міжнародна фінансова корпорація, 2013. – 77 с.

117. Тараріко О. Г. Охорона родючості ґрунтів у контексті продовольчої безпеки / О. Г Тараріко. // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 9. – С. 5-9.

118. Таргоня В. Визначення реального потенціалу сільськогосподарської біомаси, придатної для використання на енергетичні потреби / Таргоня В.; [Зб. наук. праць Техніко-

технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. / ДНУ «Український наук.-досл. ін-т прогнозування та випробування техніки і технологій для с.-г. виробництва ім. Л. Погорілого» (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого); Редкол. : Кравчук В. І. (голов. ред.) та ін.]. – Дослідницьке, 2012. – Вип. 16 (30), кн. 2. – С. 360-371.

119. Технології та обладнання для використання поновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві. Посібник / [Кравчук В., Таргоня В., Луценко М., Бабинець Т. та ін.]; за ред. В. І. Кравчука, В. О. Дубровіна. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2010. – 184 с.

120. Флора СССР / [Бобров Е. Г., Введенский А. И., Гончаров Н. Ф. и др.]; глав. ред. Комаров В. Л., ред. второго тома Рожевиц Р. Ю. и Шишкин Б. К. – Ленинград : Академии наук СССР , Т.2. – 1934. – 778 с.

121. Цвелёв Н. Н. Род 166. Веерник – *Miscanthus* // Злаки СССР / Ответственный редактор Фёдоров Ан. А. – Л.: Наука, 1976. – С. 692-694.

122. Ціпоренко О. Л. Вплив площі живлення на біометричні показники міскантусу (*Miscanthus*) в умовах зони Полісся України / О. Л. Ціпоренко // Матер. наук. конф. «Біологічні ресурси і новітні біотехнології виробництва біопалив». – К.: Фітосоціоцентр. – 2014. – С. 60-62.

123. Шумный В. К. Новая форма мискантуса китайского (Веерника китайского *miscanthus sinensis anders.*) как перспективный источник целлюлозосодержащего сырья / Шумный В. К., Вепрев С. Г., Нечипоренко Н. Н., Горячкова Т. Н. и др. // Вестник ВОГиС. – 2010. – Том 14. № 1. – С. 122-126.

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

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

126. Adati S. The cytotaxonomy of the genus *Miscanthus* and its phylogenic status / Adati S., Shiotani I. // Bulletin of the Faculty of Agriculture Mie University. – 1962. – 25. – P. 1-24.

127. Adoption of the paris agreement. Approved 12.12.2015 – Режим доступа: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>
128. Amalraj V. On the taxonomy of the members of «Saccharum complex» / Amalraj V., Balasundaram N. // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2006. – 53, N 1. – P. 35-41.
129. Atienza S. Preliminary genetic linkage map of Miscanthus sinensis with RAPD markers / Atienza S., Satovic Z., Petersen K., Dolstra O. et al. // Theoretical and Applied Genetics. – 2002. – 105, N 6/7. – P. 946-952.
130. Aya Nishiwaki, Aki Mizuguti, Shotaro Kuwabara, Yo Toma. Discovery of natural Miscanthus (Poaceae) triploid plants in sympatric populations of Miscanthus sacchariflorus and Miscanthus sinensis in southern japan. American Journal of Botany 98(1): 154-159. 2011.
131. Bailey, D. (2016) Safety when working with bales. <http://www.farmersjournal.ie/safety-when-working-with-bales-206283>
132. Barry Caslin. Miscanthus best Practice Guidelines / Barry Caslin, Dr. John Finnan, Dr. Lindsay Easson. – 2011. – 50 p.
133. Biomass Crop Assistance Program [Proposed BCAP Giant Miscanthus (Miscanthus X giganteus) Establishment and Production in Arkansas, Missouri, Ohio, and Pennsylvania]. – USDA: Farm Service Agency, 2011. – 190 p.
134. Bradshaw, J D, Prasifka J R, Steffey K, L, Gray M E: First report of field populations of two potential aphid pests of the Bioenergy crop Miscanthus giganteus. *J. Fl. Entomol* (2010), 93:135-137.
135. Chinese Silvergrass – Miscanthus sinensis Anderss [Электронный ресурс] / Accessed – 2006. – 28 november. – режим доступа: http://www.na.fs.fed.us/fhp/invasive_plants/weeds/chinese-silvergrass.pdf.
136. Chou C. H. Miscanthus plants used as an alternative biofuel material: the basic studies on ecology and molecular evolution / C. H. Chou // Renewable Energy. – 2009. – Vol. 34. – P. 1908-1912.
137. Chramiec-Głębik. Cytogenetic analysis of Miscanthus x giganteus and its parent forms / Andrzej Chramiec-Głębik, Aleksandra Grabowska-Joachimik, Elwira Sliwinska, Justyna Legutko et al. // Caryologia. – 2012. – P. 234.
138. Christian D. G. Growth, yeld and mineral content of Miscanthus× giganteus grown as a biofuel for 14 successive harvests / D. G. Christian, A. B. Riche, N. E. Yates // Industrial crops and products. – 2008. – Vol. 28. – P. 320-327.

139. Clifton-Brown J. Carbon mitigation by the energy crop, *Miscanthus* / Clifton-Brown J., Breuer J., Jones M. // *Global Change Biology*. – 2007. – 13, №11. – P. 296-307
140. Clifton-Brown J. Overwintering problems of newly established *Miscanthus* plantations can be overcome by identifying genotypes with improved rhizome cold tolerance / Clifton-Brown J., Lewandowski I. // *New Phytologist*. – 2000. – 148, N 2. – P. 287-294.
141. Clifton-Brown J. Performance of 15 *Miscanthus* genotypes at five sites in Europe / Clifton-Brown J., Lewandowski I., Andersson B. et al. // *Agronomy Journal*. – 2001. – 93. – P. 1013-1019.
142. D. A. Landis, B.P. Werling. Arthropods and biofuel production systems in North America, *J. Insect Science* (2010), Volume 17, issue 3: 220-236.
143. Dahl J. Evaluation of the combustion characteristics of four perennial energy crops *Arundo donax*, *Cynara cardunculus*, *Miscanthus x giganteus* and *Panicum virgatum* / J. Dahl, J. Obernberger // 2nd World Conference on biomass for energy: Industry and climate protection (10–14 May, Rome.). – Rome, 2004. – P. 1265-1270.
144. Darke R. The color encyclopedia of ornamental grasses. – Portland, Oregon: Timber Press, 1999. – 325 p.
145. Davidson C. G. Evaluation of ornamental grasses for the northern Great Plains / Davidson C. G., Gobin S. M. // *J. Environ. Hort.* – 1998. – 16. – P. 218-229.
146. De Cesare, Hodgkinson TR, Barth S. Chloroplast DNA markers (cpSSRs, SNPs) for *Miscanthus*, *Saccharum* and related grasses (Panicoideae, Poaceae). *Molecular Breeding*. 2010;26(3):539–44.
147. Department of Trade and Industry (DTI) 2003a. B/CR/00783/GUIDELINES/GRASSES URN 03/882 Grasses for energy production. Hydrological guidelines. 15 pp.
148. Deuter M. 2000. Wissenstand in der *Miscanthus*-Züchtung / Deuter M., Abraham J. // *Miscanthus – Anbau und Vermehrung*. – Bonn, 2000. – P. 8-14.
149. Deuter M. Genetic resources of *Miscanthus* and their use in breeding / Deuter M, Abraham J. // *Biomass for energy and industry. Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference*. – 1998.– P. 775-777.
150. Dohleman F. G. More productive than maize in the midwest: how does *Miscanthus* do it / Dohleman F. G., Long S. P. // *Plant Physiol*. 2009. V. 150(4). – P. 2104-2115.

151. Dondini M. The potential of *Miscanthus* to sequester carbon in soils: comparing field measurements in Carlow, Ireland to model predictions / Dondini M., Hastings A., Saiz G., Jones M. B. et al. // *Global Change Biology Bioenergy*. – 2009. – 1–6. – P. 413-425.
152. EN ISO 17225-1:2014 Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part 1: General requirements.
153. *Encyclopedia of Garden Plants* – London, New York, Stuttgart, Moscow: Dorling Kindersley, 1996. – Vol. 2: K–Z. – P. 577-1080.
154. Ernst Häfliger. *Grass Weeds 1* / Ernst Häfliger Basel & Hildemar Scholz – Berlin: Documenta CIBA – GEIGY.
155. EUROSTAT (2016). Primary production of renewable energy, 2004 and 2014 (online data codes: ten00081 and nrg_107a). Retrieved on: 2016-09-21
156. External and internal factors influencing the growth and biomass production of short rotation woods genus *Salix* and perennial grass *Miscanthus* Belgrade, 2011. – 172 p. [Электронный ресурс] / J. Milovanovic, N.Babovic. – Режим доступа: http://www.futura.edu.rs/assets/docs/radovi/Monografska_studija.pdf
157. Genetic Engineering and Biotechnology News. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.Genengnews.com/news/bnitem.aspx/name=1499533&taxid](http://www.Genengnews.com/news/bnitem.aspx?name=1499533&taxid)
158. *Giganteus Miscanthus. Vermehrung* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.miscanthus-giganteus.at/index.htm>.
159. Glowacka, K., Adhikari, S., Stewart, R. J., Nishiwaki, A., Yamada, T., Jørgensen, U., Hodgkinson, T. R., Gifford, J., Juvik, J. A., Sacks, E. J. (2013) Genetic diversity in *Miscanthus 9 giganteus*: an abstract nr P0719. In: *Plant and Animal Genome XXI*, online materials. Retrieved 25 October, 2013, <https://pag.confex.com/pag/xxi/webprogram/Paper7634.html>.
160. Greef JM, Deuter M, Jung C, Schondelmaier J. Genetic diversity of European *Miscanthus* species revealed by AFLP fingerprinting. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1997;44(2):185–95.
161. Greenlee J. *The encyclopedia of ornamental grasses*. – Emmaus RA: Rodale Press, 1992.– 182 p.
162. Griffiths M. *Index of Garden Plants*. – Portland, Oregon: Timber Press, 1994. – 1234 p.

163. Growing Giant Miscanthus in Illinois [Электронный ресурс]. – /Rich Pyter, Tom Voigt, Emily Heaton, Frank Dohleman et al. / – режим доступа: <http://www.diggingdog.com/pages2/miscanthus.php>
164. Gubis'ova', M., Gubis', J., Z' ofajova', A., Miha'lik, D., & Kraic, J. (2013). Enhanced *in vitro* propagation of Miscanthus 9 giganteus. Industrial Crops and Products, 41, 279–282.
165. Hamada S, Fujeta S. DAPI staining improved for quantitative cytofluorometry. Histochemistry. 1983;79(2):219–26.
166. Harrelson S. M. The terrestrial vascular flora of Strounds Run State Park, Athens County, Ohio. / Harrelson S. M., Cantino P. D. // Rhodora. – 2006. – 108, N 934. – P. 142-183.
167. Hartley W. Sdudies on the origin, evolution and distribution of the Gramineae 1. The tribe Androneae / W. Hartley. – Austral J. Bot, 1958. – №2. – C. 6.
168. Hastings, A., Clifton-Brown, J., Wattenbach, M., Mitchell, C. P., Stampfl, P., & Smith, P. (2009). Future energy potential of Miscanthus in Europe. Global Change Biology Bioenergy, 1, 180–196.
169. Heaton E. A. Herbaceous energy crop development: recent progress and future prospects / Heaton E. A., Flavell R. B., Mascia P. N., Thomas S. R. et al. // Current Opinion in Biotechnology. – 2008. – 19, N 3. – P. 202-209.
170. Heaton E. A. Meeting US biofuel goals with less land: The potential of Miscanthus / Heaton E. A., Dohleman F. G. and Long S. P. // Global Change Biology.– 2008. – 14(9). – P. 2000-2014.
171. Heaton E. A. Miscanthus for renewable energy generation: European Union experience and projections for Illinois / Heaton E. A., Clifton-Brown J., Voigt T. B., Jones M. B. et al. // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. – 2004. – N 9. – P. 433-451.
172. Heaton, E. Energy Crop Biomass Yields at 3 Sites in Illinois. 4th Annual Open Symposium on Biomass Feedstocks for Energy Production in Illinois / Heaton E. and Long S. – University of Illinois, January 2007.
173. Hirayoshi I. Cyto-genetical studies on forage plants. VIII. 3x- and 4x-hybrid arisen from the cross Miscanthus sinensis var. condensatus x M. Sacchariflorus / Hirayoshi I., Nishikawa K., Hakura A. // Research Bulletin of the Faculty of Agriculture, Gifu University. – 1960. – 12. – P. 82-88.
174. Hirayoshi I. Cytological studies on forage plants. (IV) Selfincompatibility in Miscanthus / Hirayoshi I., Nishikawa K., Kato R. // Japanese Journal of Breeding. –1955. – 5. – P. 19-22.

175. Hitchcock A. S. *Miscanthus* // Cyclopedia of Horticulture. – Macmillan, NY. – 1901. – P. 1021-2057.
176. Hodkinson T. R. Characterization of a genetic resource collection for *Miscanthus* (Saccharinae, Andropogoneae, Poaceae) using AFLP and ISSR PCR / Hodkinson T. R., Chase M. W., Renvoize S. A. // Ann Bot. 89, 2002. – P. 627-636.
177. Hodkinson T. R. Phylogenetics of *Miscanthus*, *Saccharum* and related genera (Saccharinae, Andropogoneae, Poaceae) based on DNA sequences from ITS nuclear ribosomal DNA and plastid trnL intron and trnL-F intergenic spacers / Hodkinson T. R., Chase M. W., Lledó M. D., Salamin N. et al. // J Plant Res 115, 2002. – P. 381-392.
178. Hodkinson T. R. Systematics of *Miscanthus* / Hodkinson T. R., Renvoize C. A., Chase M. W. // Biomass and Bioenergy crops. Aspects of Biology – 1997. – N 49. – P. 189-197.
179. Hodkinson T. R. The use of DNA sequencing (ITS and trnL-F), AFLP, and fluorescent in situ hybridization to study allopolyploid *Miscanthus* (Poaceae) / Hodkinson T. R., Chase M. W., Takahashi C., Leitch I. J. et al. // Am. J. Bot. 89, 2002. – P. 279-286.
180. Hodkinson, T. R., Chase, M. W., Lledo, M. D., Salamin, N., & Renvoize, S. A. (2002). Phylogenetics of *Miscanthus*, *Saccharum* and related genera (Saccharinae, Andropogoneae, Poaceae) based on DNA sequences from ITS nuclear ribosomal DNA and plastid trnL intron and trnL-F intergenic spacers. Plant Research, 115, 381–392.
181. Holme H. Callus induction and plant regeneration from different explant types of *Miscanthus x ogiformis* Honda “Giganteus” / Holme H., Petersen K. K. // Plant Cell Tiss. Org. Cult. 45, 1996. – P. 43-52.
182. Honda M. Monographia Poacearum Japonicarum, Bambusoides exclusis // Journal of the Faculty of Science, Imperial University Tokyo, Section III Botany HI. – 1930. – P. 1-484.
183. Honda M. New report of plants in Japan XXXVIII // Botanical Magazine. – 53. – P. 144.
184. Huisman W. 1996. Technical and economic feasibility of the complete production – transport chain of *Miscanthus x giganteus* as an energy crop. / Huisman W., G. J. Kasper, and P. Venturi. // Paper presented at the First European Energy Crops Conference, Enschede, The Netherlands, September 30-October 1, 1996.
185. Huisman W. Logistics of harvest of *Miscanthus sinensis* Giganteus / W. Huisman // Biomass for energy, environment, agriculture and industry. Oxford:Elsevier. – 1998. – P. 361-371.

186. Hussey G. Vegetative propagation of plants by tissue culture // *Plant Cell Culture Technology*. – Oxford e.a. – 1989. – P. 29-66.
187. J. Maksimović, R. Pivić, A. Stanojković-Sebić, M. Vučić-Kišgeci. Plating density impact on weed infestation and the yield of *Miscanthus* grown on two soil types/*Mol Biotechnol*, 2014.
188. Jensen E. Characterization of flowering time diversity in *Miscanthus* species / Jensen E., Farrar K., Thomas-Jones S., Hastings A. et al. // *GCB Bioenergy* 3, 2011. – P. 387-400.
189. Jones H. G. Plants and microclimate / Jones H. G. // Cambridge: Cambridge University Press.– 1992.– 134 p.
190. Jorgensen U. Macro propagation of *Miscanthus*. In: Symposium *Miscanthus – Biomassebereitstellung, energische und stoffliche Nutzung*, Schriftenreihe “Nachwachsende Rohstoffe”. / U. Jorgensen. – Munster, Germany : Landwirtschaftsverlag, 1995. – S 27-30.
191. Ka Yeon Lee, Lili Zhang, Geung-Joo Lee. Botanical and germinating characteristics of *Miscanthus* species native to Korea. // *Horticulture, Environment, and Biotechnology*.– 2012. – № 53.– P. 49-54
192. Karen Koefoed Petersen Colchicine and oryzalin mediated chromosome doubling in different genotypes of *Miscanthus sinensis* / K. Koefoed Petersen, Per Hagberg, K. Kristiansen // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 73, 2003. – P. 137-146.
193. Kaufman S. R. Invasive Plants: a guide to identification in the impacts and control of common of North America species. / Kaufman S. R., Kaufman W. – Mechanicsburg: Stackpole Books, 2007. – 458 p.
194. Keng Y. L. The gross morphology of *Andropogoneae* // *Sinensia*. – 1939. – 10. – P. 273-343.
195. Khanna M. Costs of producing miscanthus and switchgrass for bioenergy in Illinois / Khanna M., Dhungana B. and Clifton-Brown J. // *Biomass and Bioenergy*. – 2008. – N 32. – 482-493.
196. Kopf G. Ornamental Grass Evaluations. Spring / Kopf G., Meyer M., Heger M., Steineger D. // *Perennial Plant Association Journal*. – 2001. – P. 5-18.
197. Kowal N. Shifting cultivation, fire and pine forest in the Cordillera Central, Luzon, Philippines // *Ecological Monographs*. – 1966. – 36, N 4. – P. 389-419.
198. Lafferty J. Cytogenetic studies of different *Miscanthus* species with potential for agricultural use / Lafferty J., Lelley T. // *Plant Breeding*. – 1994. – 113, N 3. – P. 246-249.

199. Lee Y. N. Taxonomic studies on the genus *Miscanthus*. Anatomical patterns of leaves // *Botanical Magazine*. – 1964. – 77. – P. 122-130.
200. Lewandowski I. Propagation method as an important factor in the growth and development of *Miscanthus* species with potential for agricultural use // *Industrial Crops and Products*. – 1999. – N 8. – P.229-245.
201. Lewandowski I. Biomass potential of *Miscanthus* genotypes in Europe-over-wintering capacity and yields. / Lewandowski I., Clifton-Brown J. C., Deuter M. // *Alternative crops for sustainable agriculture*. – 2000.– №3.– P. 41-44.
202. Lewandowski I. Einfluß von Bestandesdichte und Stickstoff-Düngung auf die Entwicklung, Nährstoffgehalte und Ertragsbildung von *Miscanthus* “*Giganteus*” / Lewandowski I., Kahnt G. – *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss*, 1994. – S. 341-343.
203. Lewandowski I. *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop / I. Lewandowski, J. C. Clifton-Brown, J. M. O. Scurlock, W. Huisman // *Biomass & Bioenergy*. – 2000. – Vol. 19, N 4. – P. 210-217.
204. Lewandowski I. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy* / Lewandowski I., Scurlock J. M. O., Lindvall E. and Christou Myrsini. // *Biomass & Bioenergy*. – 2003. – 25, N 25. – P. 335-361.
205. Leyneova U. *Travy a kapradiny*. – Praga, 2010. – 160 s.
206. Li H. L. et al. *Flora of Taiwan*. – 1975-1979.
207. Linde-Laursen, I. (1993). Cytogenetic analysis of *Miscanthus* ‘*Giganteus*’, an interspecific hybrid. *Hereditas*, 119, 297–300.
208. Ma, X. F., Jensen, E., Alexandrov, N., Troukhan, M., Zhang, L., Thomas-Jones, S., et al. (2012). High resolution genetic mapping by genome sequencing reveals genome duplication and tetraploid genetic structure of the diploid *Miscanthus sinensis*. *PLoS One*, 7, 1–11.
209. Matumura M. Ecological aspects of *Miscanthus sinensis* var. *condensatus*, *M. sacchariflorus*, and their 3x-, 4x-hybrids. Aboveground standing crop and response to cutting / Matumura M., Hasegawa T., Saijoh Y. // *Research Bulletin of the Faculty of Agriculture Gifu University*. – 1987. – 52. – 315-323.
210. Matumura M. Autecology of major forage grass: basic study for sustainable use // *Animal Husbandry*. – 1998. – 52. – P. 717-725.

211. McKervey Z. *Miscanthus* as an energy crop and its potential for Northern Ireland/ Z. McKervey, V. B. Woods and D. L. Easson// Global Research Unit AFBI Hillsborough.– 2008. – №8. – P. 37-43.

212. Meyer M. H. Ornamental grasses for cold climates / Meyer M. H., White D. B., Pellett H. // University of Minnesota Extension Service. – 1998. – 56 p.

213. *Miscanthus* als Nachwachsender Rohstoff. Ergebnisse aus bayerischen Forschungsarbeiten. / M. Fritz, B. Formowitz, B. Sölz und and. // Berichte aus dem TFZ 18, Straubing 2009. – 175 s.

214. *Miscanthus* for Energy and Fibre / Eds M. B. Jones, M. Walsh. London: James and James, 2001. – 192 p.

215. *Miscanthus sinensis* Giganteus. Produktion, Inhaltsstoffe und Verwertung / [Frühwirth P., Liebhard P., Graf A. und and.]. – Oberösterreich, 2005. – 65 s.

216. Moldenke H. N. Noteworthy plant records and nomenclatural notes // Castanea. – 1942. – 7, N 8. – P. 123-125.

217. Murnen H. K. Optimization of ammonia fiber expansion (AFEX) pretreatment and enzymatic hydrolysis of *Miscanthus* × *giganteus* to fermentable sugars / Murnen H. K., Balan V., Chundawat S. P. S. et al. // Biotechnol. Prog. 2007. – 23. – P. 846-850.

218. Nishiwaki A. *Miscanthus* (Poaceae) triploid plants in sympatric populations of *Miscanthus sacchariflorus* and *Miscanthus sinensis* in southern Japan / Nishiwaki A., Mizuguti A., Kuwabara S. et al. // American Journal of Botany. – 2011. – 98, N 1. – P. 154-159.

219. Papermaking pulps from the fibrous fraction of *Miscanthus* × *Giganteus* [Электронный ресурс] / P. Cappelletto, F. Mongardina, B. Barberia, M. Sannibalea, M. Brizzia, and V. Pignatelli. – Режим доступа: [http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T77-3YTJMMD-](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T77-3YTJMMD-D&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=fc26867354e2c75a461ac5aada308cb4)

[D&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=fc26867354e2c75a461ac5aada308cb4](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T77-3YTJMMD-D&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=fc26867354e2c75a461ac5aada308cb4).

220. Pari L. First trials on *Arundo donax* and *miscanthus* rhizomes harvesting. / L. Pari // In Biomass for Energy and the Environment, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, Pergamon/Elsevier Publishers, June 1996. – P. 889-894.

221. Pausheva ZP. Practical course on plant cytology. Moscow: Kolos. 1980: 300 p.

222. Plant Crops Bioenergy Research UK: [Электронный ресурс]. / University of Southampton and TSEC-Biosys consortium, 2006. – режим доступа: <http://www.tsec-biosys.ac.uk/index.php?p=8&t=1&ss=4>.

223. Planting and Growing Miscanthus [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://defra.gov.uk>.

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

225. Prasifka J. R. Development and feeding of fall armyworm on *Miscanthus* × *giganteus* and switchgrass / Prasifka J. R., Bradshaw J. D., Meagher R. L., Nagoshi R. N. et al. // Journal of Economic Entomology. – 2009. – 102, N 6. – P. 2154-2159.

226. Prude R. Ursachender Auswintering von einjährigen *Miscanthus*-Beständen / [Prude R., Franken H., Diepenbrock W., and Greef J. M.]. – Pflanzenbauwissenschaften, 1997. – S.171-176.

227. Pyter R. Giant miscanthus: Biomass crop for Illinois / Pyter R., Voigt T., Heaton E., Dohleman F. and Long S. // Proc. Sixth National Symposium. Issues in New Crops and New Uses In: Issues in New Crops and New Uses. – 2007. – P. 39-42.

228. Quin L. D. Invasiveness potential of *Miscanthus sinensis*: implications for bioenergy production in the United States / Quin L. D., Allen D. J., Steward J. R. // GCB Bioenergy. – 2010. – 2, N 6. – P. 310-320.

229. Rayburn A. Genome size of three *Miscanthus* species / Rayburn A., Crawford J., Rayburn C., Juvik J. // Plant Molecular Biology Reporter. – 2009. – 27, N 2. – P. 184-188.

230. Ruan Stewart. The ecology and agronomy of *Miscanthus sinensis*, a species important to bioenergy crop development, in its native range in Japan / Ruan Stewart, Fabian Fernandez, Aya Nishiwaky et al. // GCB Bioenergy. – 2009. – № 2. – P. 65-72

231. Scally L. Origins and taxonomy of *Miscanthus* / Scally L., Hodgkinson T., Jones M B. // *Miscanthus for energy and fibre*. – 2001. – P. 1-9.

232. Schwarz H. The effect of fertilisation on yield and quality of *Miscanthus sinensis* “*Giganteus*” / Schwarz H., Liebhard P., Ehrendorfer K. and Ruckebauer. P. – *Industrial crops and Products*, 1994. – P. 153-159.

233. Scurlock J. M. O. *Miscanthus*: A Review of European Experience with a Novel Energy Crop. – Environmental Sciences Division Oak Ridge National Laboratory Oak Ridge, 1998. – 26 p.

234. Slomka A., Sterility of *Miscanthus* × *giganteus* results from hybrid incompatibility / Slomka A., Kuta E., Plazek A. et al. // *Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica.* – 2012. – 54, N 1 – P. 113-120.

235. Stampfl, P. F., Clifton-Brown, J. C., & Jones, M. B. (2007). European-wide GIS-based modelling system for quantifying the feedstock from *Miscanthus* and the potential contribution to renewable energy targets. *Global Change Biology Bioenergy*, 13, 2283–2295.

236. Stefanovska, T.R., Lews. E.E., 2011. Evaluation of potential risk for agricultural landscapes from second generation biofuel productions in Ukraine: the role of pests in edited by P. Ivanetta, Stephen Hubbard., Alison Karley, B. Smith. *Aspects of Applied Biology* 109.pp. 165-169.

237. Stewart J. The ecology and agronomy of *Miscanthus sinensis*, a species important to bioenergy crop development, in its native range in Japan: a review / Stewart J., Toma Y, Fernandes F., Nishiwaki A. et al. // *GCB Bioenergy.* – 2009. – N 1. – P. 126-153.

238. Swaminathan K. Genomic and small RNA sequencing of *Miscanthus* × *giganteus* shows the utility of sorghum as a reference genome sequence for Andropogoneae grasses / Swaminathan K., Alabady M., Varala K. et al. // *Genome Biology.* – 2010. – 11, N 2. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4046694/>.

239. Szilard Toth – Pal Pepo Nutrient uptake of *Miscanthus* *in vitro* cultures. *Acta agraria.* – 2002. – №1.

240. The Plant List, 2014. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – <http://www.theplantlist.org/>.

241. Tinplant Biotechnik und Pflanzenvermehrung GmbH. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.tinplant-gmbh.de

242. Trindade L.M., O. Dolstra, E.N. van Loo, R.G.F. Visser Plant breeding and its role in a biobased economy. // *The biobased economy, biofuels, Materials and chemicals in the post-oil era.* Earthscan, London, Washington D.C. – P. 67-82.

243. Untersuchungen zur etablierung und biomassebildung von *Miscanthus giganteus* unter verschiedenen Umweltbedingungen / [Schwarz K. U., Greef J. M. and Schnug E.]. In: *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 155*, Braunschweig-Völkenrode, Germany: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, FAL, 1995.

244. Watson L. Grass Genera of the World: Descriptions, illustrations, identification, and information retrieval; including synonyms, morphology, anatomy, physiology, phytochemistry, cytology,

classification, pathogens, world and local distribution, and references. / Watson L., Dallwitz M. // – 1992. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biodiversity.uno.edu/delta>.

245. West-Africa launches african Miscanthus Plantations project : [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://news.mongabay.com/bioenergy/2007/04/west-africa-launches-african-miscanthus.html>.

246. Ye D. Preparation and characterisation of methylcelluloses from *Miscanthus sinensis* / Ye D., Farriol X. // Carbohydrate Polymers. 2005. V. 62. – P. 258-266

247. Yu C. Y. Chromosome doubling of the bioenergy crop, *Miscanthus × giganteus* / Yu C. Y., Kim H. S., Rayburn A. L., Widholm J. M. et al. // GCB Bioenergy, 1, 2009. – P. 404-412.

248. Zub, H. W., & Brancourt-Hulmel, M. (2010). Agronomic and physiological performances of different species of *Miscanthus*, a major energy crop: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 201–214.

ДОДАТКИ

Додаток 1.

Генофонд міскантусу, зібраний у відділі нових культур НБС ім.М.М. Гришка НАН України

№ п/ п	Назва таксону		Номер реєст- рації	Рік інтро- дукції	Походження (місто, установа, організація країна)
	латинська	українська			
1	<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss., cv. Veleten	Міскантус китайський, «Велетень»	356861	2004	Київ (НБС), Україна
2	<i>M. sinensis</i> Anderss., f. ESBMK-1	М.китайський, ф. ЕСБМК-1	365567	2007	Чернівці (БС ЧНУ), Україна
3	<i>M. sinensis</i> Anderss., f. ESBMK-3	М. китайський, ф. ЕСБМК -3	365568	2008	Київ (НБС), Україна
4	<i>M. sinensis</i> Anderss., f. ESBMK-4	М. китайський, ф. ЕСБМК -4	365569	2008	Київ (НБС), Україна
5	<i>M. sinensis</i> Anderss., f. ESBMK-5	М. китайський, ф. ЕСБМК -5	365570	2008	Київ (НБС), Україна
6	<i>M. sinensis</i> Anderss., f. ESBMK-6	М. китайський, ф. ЕСБМК -6	365571	2008	Київ (НБС), Україна
7	<i>M. sinensis</i> Anderss., f. ESBMK-7	М. китайський, ф. ЕСБМК -7	365572	2008	Київ (НБС), Україна
8	<i>M. sinensis</i> Anderss., f. ESBMK-8	М. китайський, ф. ЕСБМК -8	365573	2007	Дже-Джу (природна флора), Респ. Корея
9	<i>M. sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth., cv. Snihopad	М. цукроквітковий, «Снігопад»	365577	2008	Київ (НБС), Україна
10	<i>M. sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth.,f. ESBMTS-1	М. цукроквітковий, ф. ЕСБМЦ-1	365574	2008	Київ (НБС), Україна
11	<i>M. sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth.,f. ESBMTS-2	М. цукроквітковий, ф. ЕСБМЦ -2	365575	2008	Київ (НБС), Україна
12	<i>M. sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth., f. ESBMTS-3	М. цукроквітковий, ф. ЕСБМЦ -3	365576	2008	Київ (НБС), Україна
13	<i>M. sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth., f. ESBMTS-5	М. цукроквітковий, ф. ЕСБМЦ -5	365578	2008	Київ (НБС), Україна
14	<i>M. sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth., f. ESBMTS-6	М. цукроквітковий, ф. ЕСБМЦ -6	365579	2008	Київ (НБС), Україна
15	<i>M. sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth.,f. ESBMTS-7	М. цукроквітковий, ф. ЕСБМЦ -7	365580	2008	Київ (НБС), Україна
16	<i>M. sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth., f. ESBMTS-8	М. цукроквітковий, ф. ЕСБМЦ -8	365581	2008	Київ (НБС), Україна
17	<i>M. sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth., f. ESBMTS-9	М. цукроквітковий, ф. ЕСБМЦ -9	365582	2004	Хомутов, (БС IP), Чехія
18	<i>M. × giganteus</i> J.M. Greef & Deuter ex Hodk & Renvoize, cv. Huliver	М. гігантський (М. китайський × м. цукро- квітковий), «Гулівер»	365583	2004	Хомутов, (БС IP), Чехія
19	<i>M. × giganteus</i> J.M. Greef & Deuter ex Hodk & Renvoize, f. ESBMH -2	М. гігантський (М. китайський × м. цукро- квітковий), ф. ЕСБМГ-2	365584	2006	Житомир (БС ЖНАЕУ), Україна
20	<i>M. × giganteus</i> J.M. Greef & Deuter ex Hodk & Renvoize, f. ESBMH-3	М. гігантський (М. китайський × м. цукро- квітковий), ф. ЕСБМГ-3	365585	2008	Київ (НБС), Україна

Додаток 2.

Генофонд міскантусу, зібраний у відділі квітниково-декоративних культур НБС ім.М.М.Гришка НАН України

№ п/ п	Назва таксону		Номер реєст- рації	Рік інтро- дукції	Походження (місто, установа, організація країна)
	латинська	українська			
1	<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss., cv. <i>Zebrinus</i>	Міскантус китайський, «Зебрінус»	357008	2008	Нідерланди
2	<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss., cv. <i>Strictus</i>	Міскантус китайський, «Стріктус»	357007	2008	Нідерланди
3	<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss., cv. <i>Graziella</i>	Міскантус китайський, «Грацієла»	357006	2008	Нідерланди
4	<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss., cv. <i>Kleine Fontane</i>	Міскантус китайський, «Клайн Фонтане»	357005	2008	Нідерланди
5	<i>Miscanthus</i> <i>sacchariflorus</i> (Maxim) Hackel.	Міскантус цукрово- квітковий	347503	2005	Австрія
6	<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.	Міскантус китайський	343653	2005	Австрія

Додаток 3.

Сорти енергетичних рослин роду *Miscanthus*, які створені у відділі нових культур НБС ім. М.М.Гришка

Вид, гібрид	Сорт	Номер заявки
Міскантус китайський	«Велетень»	№ 12529004
Міскантус цукроквітковий	«Снігопад»	№ 12529006
Міскантус гігантський	«Гулівер»	№ 12529005

Додаток 4.

Сорти енергетичних рослин роду *Miscanthus*, які створені Інститутом біоенергетичних культур і цукрових буряків у відділі нових культур

Вид, гібрид	Сорт	Номер свідоцтва
Міскантус китайський	«Місячний промінь»	№ 150904
Міскантус гігантський	«Осінній зорецвіт»	№ 150903
Міскантус цукроквітковий	«Снігова королева»	№ 151186

Додаток 5.

**Сорти енергетичних рослин роду *Miscanthus*, які занесені до
Державного реєстру рослин, придатних для поширення на
території України на 2018 рік**

Заява №	Назва сорту	Метод створення	Заявник* (и)	Власник*	Володілець* патенту	Підтримувач	Рік реєстрації	Рекомендована зона для вирощування	Напрямок використання	Група стиглості	Якість
Міскантус гігантський <i>Miscanthus x giganteus</i> J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoiz.											
Giant Chinese Silver Grass											
13553002	Верум / Verum		1955	1955	1955		2014	ПЛС	Е		
15553001	Біотех / Biotekh		191	191	191		2017	СЛП	Е		
13553001	Осінній зорецвіт / Osinnii zoretsvit	П	1751	1751	1751		2015	ЛП	Е		
12529005	Гулівер		348	348	348		2015	ПЛ	Е		
Міскантус цукрокрітковий <i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim) Benth.											
Amur Silver Grass											
12529006	Снігопад / Snihopad		348	348	348		2015	ПЛ	Е, дкр		
13557001	Снігова королева / Snihova koroleva	П	1751	1751	1751		2015	ЛП	Е		
Міскантус китайський <i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.											
Chinese Silver Grass											
13556001	Місячний промінь / Misiachnyi promin	С	1751	1751	1751		2015	ЛП	Е		
12529004	Велетень / Veleten		348	348			2015	ПЛ	Е, дкр		





Примітка. * – 1955 Товариство з обмеженою відповідальністю "ЕНЕРГО АГРАР";



191 Мельничук Максим Дмитрович;

348 Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка Національної академії наук України;

1751 Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України

Характеристика сортів

	<p>Осіній зорецвіт</p> <ul style="list-style-type: none"> • Вихід сухої речовини – 20 т/га. • Термін використання плантації – 20 років. • Періодичність збирання сировини – щорічно, з другого року вегетації. • Вихід енергії - 360 ГДж/га. • Енергетичні витрати на виробництво в рік – 20 ГДж/га. • Теплоємність пального – 18 МДж/кг. • Зольність пального – 0,5-1,5 %.
	<p>Гулівер</p> <ul style="list-style-type: none"> • Вихід сухої речовини – 16-19 т/га. • Термін використання плантації – до 20 років. • Періодичність збирання сировини – щорічно, з другого року вегетації. • Вихід енергії - 285-326 ГДж/га. • Енергетичні витрати на виробництво в рік – 20-22 ГДж/га. • Теплоємність пального 16,7-17,2 МДж/кг. <p>Зольність пального – 1,1-1,6 %.</p>
	<p>Снігова королева</p> <ul style="list-style-type: none"> • Вихід сухої речовини – 13-15 т/га; • Термін використання плантації, років - 20 років • Періодичність збирання сировини – щорічно, з другого року вегетації; • Вихід енергії – 190 ГДж /га; • Енергетичні витрати на виробництво в рік – 20 ГДж/га; • Теплоємність пального – 18 МДж/кг; • Зольність пального – 3,5-4,5%
	<p>Снігопад</p> <ul style="list-style-type: none"> • Вихід сухої речовини – 12-14 т/га; • Термін використання плантації, років – 18-20 років • Періодичність збирання сировини – щорічно, з другого року вегетації; • Вихід енергії - 268-276 ГДж /га; • Енергетичні витрати на виробництво в рік – 18-20 ГДж/га • Теплоємність пального – 16,3-17,0 МДж/кг; • Зольність пального – 3,2-4,0%

	<p>Місячний промінь</p> <ul style="list-style-type: none"> • Вихід сухої речовини – 13-15 т/га; • Термін використання плантації - 20 років; • Періодичність збирання сировини – щорічно, з другого року вегетації; • Вихід енергії - 230-270 ГДж га; • Енергетичні витрати на виробництво в рік – 20 ГДж/га; • Теплоємність пального – 18 МДж/кг; • Зольність пального – 3,5-4,5 %.
	<p>Велетень</p> <ul style="list-style-type: none"> • Вихід сухої речовини – 12-16 т/га; • Термін використання плантації – 20 років; • Періодичність збирання сировини – щорічно, з другого року вегетації; • Вихід енергії – 272-293 ГДж га; • Енергетичні витрати на виробництво в рік – 18-20 ГДж/га; • Теплоємність пального – 16,7 МДж/кг; • Зольність пального – 3,7-4,1 %.

Декоративні особливості поширених сортів міскантусу китайського

Сорт	Висота генеративного пагона, см	Колір та форма		Літературне джерело
		листіків	волотей	
«Autumn Light»	240	Зелені, вузькі	-	Желтовская, 2008
«Ferner Osten»	160	Зелені, вузькі	-	Leuneova, 2010
«Flamingo»	200	-	Рожеві, рихлі	Желтовская, 2008
«Goliath»	270	Зелені	Рожеві	Желтовская, 2008
«Gracilli-mus»	150-210	Зелені, золотисті восени, вузькі	Мідно-червоні	Желтовская, 2008; Leuneova, 2010; Encyclopedia, 1996; Щербакова, 2012
«Graziella»	210	Зелені, мідно-червоні восени, вузькі	Сріблясті, пухнасті	Желтовская, 2008
«Grosse Fontane»	240	Зелені		Griffiths, 1994
«Hinjo»	200	Зелені з поперечними жовтими смугами		Желтовская, 2008
«Kascade»	210		Рожеві, пониклі	Griffiths, 1994
«Kleine Fontane»	120	Сіро-зелені, вузькі	Сіро-рожеві, антоціанові восени	Griffiths, 1994; Щербакова, 2012
«Kleine Silberspinne»	140	Світло-зелені, вузькі	Сіро-рожеві, антоціанові восени	Griffiths, 1994; Щербакова, 2012
«Malepartus»	200	Оранжево-червоні восени	Сріблясто-білі, пухнасті	Желтовская, 2008; Leuneova, 2010
«Morning Light»	100-150	Сіро-зелені з поздовжньою білою смугою, вузькі	Червонуваті	Желтовская, 2008; Leuneova, 2010
«Nippon»	120-180	Червонуваті восени	-	Желтовская, 2008
«November Sunset»		Зелені, вузькі	Червонуваті	Желтовская, 2008
«Puenktchen»= «Pünktchen»	120-150	Зелені з кремово-жовтими поздовжніми смугами, вузькі	Світло-рожеві	Желтовская, 2008; Encyclopedia, 1996
«Roland»	210		Світло-рожеві	Желтовская, 2008
«Roterpfeil»	200	Темно-червоні восени	Червоно-рожеві на верхівці	Желтовская, 2008
«Rotsilber»	120	Зелені, оранжево-червоні восени	Червоно-рожеві	Желтовская, 2008
«Sarabande»	120-200	Зелені, золотисто-жовті восени, вузькі	Золотисто-мідні	Желтовская, 2008
«Siberfeder»= «Silver Feather»	240	-	Сріблясто-рожеві, мідно-коричневі восени	Желтовская, 2008, A-Z, 1996
«Strictus»	150-220	Зелені з поперечними кремовими смугами, широкі	Червонуваті	Leuneova, 2010; Щербакова, 2012
«Variegatus»	120-150	Зелені з поздовжніми білими смугами, широкі	Білі з червоними верхівками	Leuneova, 2010, Щербакова, 2012
«Zebrinus»	150	Зелені з поперечними світло-жовтими смугами, вузькі	Сріблясті з мідно-коричневими верхівками	Щербакова, 2012

Додаток 7.

**Нормативи витрат промислового вирощування
міскантусу (перші 4-и роки), 2018 р.**

Площа - 100 га

Урожайність – I рік – 5,9 т/га, II рік – 10 т/га, III рік – 20 т/га і IV рік – 25 т/га (сухої маси).

№ з/п	Технологічні операції	Од. виміру	Обсяг робіт	Склад агрегату		Норма виробітку	Кількість нормозмін	Затрати праці, люд.-год.	Оплата праці з нарахуваннями, грн	Витрати паливо- мастильних матеріалів	
				трактори	с.-г. машини					кг	грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Перший рік вегетації											
Розділ 1. Основний обробіток ґрунту											
1	Обробіток ґрунту мульчуванням	га	100	Джон- Діп-7920	SC- SCORPION	30	3,33	23,31	3681,20	1500,00	44250,00
2	Лущення (2-разовий обробіток) на гл. 10-12 см (травень-червень)	га	200	Джон- Діп-7920	БДВП-5,5; БДТ-7	30,5	6,56	45,92	7251,83	820,00	24190,00
3	Транспортування води	т	25	МТЗ-82	АПВ-8	11	2,27	15,89	1564,85	25,75	759,63
4	Приготування робочої рідини та внесення гербіциду (раундап – 6 л/га; липень-серпень)	га	100	МТЗ-82	ОП-3000	70	1,43	10,01	3171,80	75,00	2212,50
5	Навантаження мінеральних добрив	т	47,7	Manitou MLT-X 735 T LSU		40	2,38	16,66	1528,28	31,02	915,09
6	Підвезення мінеральних добрив до агрегату	т	47,7	ГАЗ-53 Б з пристосуванням для загрузки добрив		40	2,38	16,66	1780,24	38,65	1140,18
7	Внесення мінеральних добрив (Р40К160)	га	100	МТЗ-82	AMAZONE ZA-M 1500	70	1,43	10,01	1411,44	50,00	1475,00
8	Оранка на глибину 30- 32 см (кінець липня - початок серпня)	га	100	Джон- Діп-7920	Lemken, ПОН-5-40	25	4,00	28,00	4968,35	2000,00	59000,00
9	Суцільний обробіток ґрунту (вересень- жовтень)	га	200	Джон- Діп-7920	Ліра-24	120	1,67	11,69	1846,13	800,00	23600,00
ВСЬОГО по розділу 1							25,45	178,15	27204,12	5340,42	157542,40
Розділ 2. Підготовка ґрунту та садіння ризомів											
10	Передпосадковий обробіток ґрунту на глибину 6-8 см	га	100	Джон- Діп-7920	КПН-8 "Поділья"	40	2,50	17,50	2763,67	360,00	10620,00
11	Навантаження ризомів	т	45	вручну		3	15,00	105,00	8897,34	0,00	0,00
12	Перевезення до місця садіння	т	45	МТЗ-82	2ПТС-4-887А	10	4,50	31,50	2769,74	36,45	1075,28
13	Садіння ризомів, густота 15000 шт./га	га	100	МТЗ-82	КСМ-4	4	125,0	875,00	75572,03	650,00	19175,00
ВСЬОГО по розділу 2							147,0	1029,0	90002,78	1046,45	30870,28
Розділ 3. Догляд за міскантусом впродовж вегетації											
14	Досходове боронування	га	100	Джон- Діп-7920	Ліра-24	120	0,83	5,81	917,51	400,00	11800,00
15	Розпушування ґрунту в міжряддях (6-8 см)	га	100	МТЗ-82	КРНВ-5,6-02	10	10,00	70,00	9870,19	357,00	10531,50
16	Транспортування води	т	25	МТЗ-82	АПВ-8	11	2,27	15,89	1564,85	25,75	759,63

Нормативи витрат промислового вирощування міскантусу (перші 4-и роки), 2018 р.

Площа - 100 га

Урожайність – I рік – 5,9 т/га, II рік – 10 т/га, III рік – 20 т/га і IV рік – 25 т/га (сухої маси).

№ з/п	Технологічні операції	Амортизація, грн		Поточний ремонт, грн		Витрати, грн на			Інші витрати, грн	Орендна плата за землею, грн	Разом, грн
		тракторів	с.-г. машин	тракторів	с.-г. машин	ризом	мінеральні добрива	засоби захисту рослин			
1	2	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Перший рік вегетації											
Розділ 1. Основний обробіток ґрунту											
1	Обробіток ґрунту мульчуванням	5180,0	388,5	2 849,0	213,7				1979,68		58542,06
2	Лущення (2 разовий обробіток) на гл. 10-12 см (травень-червень)	10204,4	2551,1	5612,4	1403,1				1792,45		53005,39
3	Транспортування води	504,7	264,8	277,6	145,7				123,10		3640,29
4	Приготування робочої рідини та внесення гербіциду (раундап – 6 л/га; липень-серпень)	317,9	1126,1	174,9	619,4			147840	5 441,19		160903,75
5	Навантаження мінеральних добрив	1685,8		927,2	0,0				176,97		5233,38
6	Підвезення мінеральних добрив до агрегату	308,5		169,7	0,0				118,95		3517,58
7	Внесення мінеральних добрив (Р40К160)	317,9	717,3	174,9	394,5		483649		17 084,91		505225,06
8	Оранка на глибину 30-32 см (кінець липня - початок серпня)	6222,2	3500,0	3422,2	1 925,0				2766,32		81804,11
9	Суцільний обробіток ґрунту (вересень-жовтень)	2597,8	1344,4	1428,8	739,4				1104,47		32660,90
ВСЬОГО по розділу 1		27339,3	9892,2	15036,6	5440,7	0,00	483649	147 840	30588,04	0,00	904532,51
Розділ 2. Підготовка ґрунту та садіння ризомів											
10	Передпосадковий обробіток ґрунту на глибину 6-8 см	3888,9	1312,5	2138,9	721,9				750,60		22196,43
11	Навантаження ризомів			0,0	0,0				311,41		9208,75
12	Перевезення до місця садіння	1000,4	375,0	550,2	206,3				209,19		6186,11
13	Садіння ризомів, густина 15000 шт./га	5557,9	297,9	3056,8	163,9	578850			23 893,57	92783	799350,07
ВСЬОГО по розділу 2		10447,2	1985,4	5746,0	1092,0	578850	0,00	0,00	25164,77	92783	836941,35
Розділ 3. Догляд за міскантусом впродовж вегетації											
14	Досходове боронування	1291,1	668,2	710,1	367,5				551,40		16305,76
15	Розпушування ґрунту в міжряддях (6-8 см)	6669,4	2275,0	3668,2	1251,3				1199,30		35464,87
16	Транспортування води	504,7	264,8	277,6	145,7				123,10		3640,29

№ з/п	Технологічні операції	Од. виміру	Обсяг робіт	Склад агрегату		Норма виробітку	Кількість нормозмін	Заграти праці, люд.-год.	Оплата праці з нарахуваннями, грн	Витрати паливо-мастильних матеріалів	
				трактори	с.-г. машини					кг	грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
17	Приготування робочої рідини та внесення гербіциду (Майс Тер Пауер – 1,2 л/га)	га	100	MT3-82	ОП-3000	70	1,43	10,01	3171,80	75,00	2212,50
18	Розпушування ґрунту в міжряддях	га	100	MT3-82	КРНВ-5,6-02	10	10,00	70,00	9870,19	357,00	10531,50
19	Підгортання рослин у рядку	га	100	MT3-82	КРНВ-5,6	8	12,50	87,50	12 337,74	357,00	10531,50
ВСЬОГО по розділу 3							37,03	259,21	37 732,28	1571,75	46366,63
Розділ 4. Збирання міскантусу											
20	Технологічне скошування міскантусу	га	100	Class "Jaguar" 850		50,8	1,97	13,79	3778,27	690,00	20355,00
21	Транспортування біомаси до місця зберігання	т	590	Камаз-55111		40	14,75	103,25	14 558,53	737,50	21756,25
22	Формування кагату для зберігання січки	т	590	Manitou MLT-X 735 T LSU		100	5,90	41,30	5070,95	649,00	19145,50
ВСЬОГО по розділу 4							22,62	158,34	23 407,75	2076,50	61256,75
Разом I рік вегетації							232,1	1624,70	178 346,93	10035,1 2	296036,06
Другий рік вегетації											
Розділ 1. Догляд за міскантусом впродовж вегетації											
1	Навантаження мінеральних добрив	т	17,6	Manitou MLT-X 735 T LSU		40	0,88	6,16	565,08	11,47	338,37
2	Підвезення мінеральних добрив до агрегату	т	17,6	ГАЗ-53 Б з пристосуванням для загрузки добрив		40	0,44	3,08	434,30	14,29	421,56
3	Внесення мінеральних добрив (N60)	га	100	MT3-82	AMAZONE ZA-M 1500	70	1,43	10,01	1411,44	50,00	1475,00
4	Транспортування води	т	25	MT3-82	АПВ-8	11	2,27	15,89	1564,85	25,75	759,63
5	Приготування робочої рідини та внесення гербіциду (Майс Тер Пауер – 1,2 л/га)	га	100	MT3-82	ОП-3000	70	1,43	10,01	3171,80	75,00	2212,50
ВСЬОГО по розділу 1							6,45	45,15	7147,47	176,51	5207,06
Розділ 2. Збирання міскантусу											
6	Скошування міскантусу	га	100	Class "Jaguar" 850		30	3,33	23,31	6386,65	880,00	25960,00
7	Транспортування біомаси до місця зберігання	т	1000	Камаз-55111		40	25,00	175,00	24 675,45	1 250,00	36875,00
8	Формування кагату для зберігання січки	т	1000	Manitou MLT-X 735 T LSU		100	10,00	70,00	8594,83	1100,00	32450,00
ВСЬОГО по розділу 2							38,33	268,31	39 656,93	3230,00	95285,00
Разом II рік вегетації							44,78	313,46	46 804,40	3406,51	100 492,06

№ з/п	Технологічні операції	Амортизація, грн		Поточний ремонт, грн		Витрати, грн на			Інші витрати, грн	Орендна плата за землею, грн	Разом, грн
		тракторів	с.-г. машин	тракторів	с.-г. машин	ризми	мінеральні добрива	засоби захисту рослин			
1	2	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
17	Приготування робочої рідини та внесення гербіциду (Майс Тер Пауер – 1,2 л/га)	317,9	1126,1	174,9	619,4			96000	3626,79		107249,35
18	Розпушування ґрунту в міжряддях	2275,0	2275,0	1251,3	1251,3				960,90		28415,09
19	Підгортання рослин у рядку	2778,9	2843,8	1528,4	1564,1				1105,45		32689,85
ВСЬОГО по розділу 3		13837,1	9452,9	7610,4	5199,1	0,00	0,00	96000,00	7566,94	0,00	223765,20
Розділ 4. Збирання міскантусу											
20	Технологічне скошування міскантусу	15322,2		8427,2	0,0				1675,89		49558,60
21	Транспортування біомаси до місця зберігання	9560,2		5258,1	0,0				1789,66		52922,73
22	Формування кагату для зберігання січки	8358,3		4597,1	0,0				1301,02		38472,88
ВСЬОГО по розділу 4		33240,7	0,0	18282,4	0,0	0,00	0,00	0,00	4766,57	0,00	140954,21
Разом I рік вегетації		84864,2	21330,5	46675,3	11731,8	578850	483649	243840	68086,32	92783	2106193,28
Другий рік вегетації											
Розділ 1. Догляд за міскантусом впродовж вегетації											
1	Навантаження мінеральних добрив	623,3		342,8	0,0				65,44		1935,05
2	Підвезення мінеральних добрив до агрегату	97,8		53,8	0,0				35,26		1042,74
3	Внесення мінеральних добрив (N60)	317,9	862,0	174,9	474,1		176118		6329,15		187162,05
4	Транспортування води	504,7	264,8	277,6	145,7				123,10		3640,29
5	Приготування робочої рідини та внесення гербіциду (Майс Тер Пауер – 1,2 л/га)	317,9	1126,1	174,9	619,4			96000	3626,79		107249,35
ВСЬОГО по розділу 1		1861,6	2252,9	1023,9	1239,1	0,00	176118	96000	10179,74	0,00	301029,47
Розділ 2. Збирання міскантусу											
6	Скошування міскантусу	25900,0		14245,0	0,0				2537,21	92783	167811,86
7	Транспортування біомаси до місця зберігання	16203,7		8912,0	0,0				3033,32		89699,51
8	Формування кагату для зберігання січки	14166,7		7791,7	0,0				2205,11		65208,28
ВСЬОГО по розділу 2		56270,4	0,0	30948,7	0,0	0,00	0,00	0,00	7775,64	92783	322719,65
Разом II рік вегетації		58132,0	2252,9	31972,6	1239,1	0,00	176118	96000	17955,38	92783	623749,12

№ з/п	Технологічні операції	Од. виміру	Обсяг робіт	Склад агрегату		Норма виробітку	Кількість нормозмін	Заграти праці, люд.-год.	Оплата праці з нарахуваннями, грн	Витрати паливо-мастильних матеріалів	
				трактори	с.-г. машини					кг	грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Третій рік вегетації											
Розділ 1. Догляд за міскантусом впродовж вегетації											
1	Навантаження мінеральних добрив	т	17,6	Manitou MLT-X 735 T LSU		40	0,88	6,16	565,08	11,47	338,37
2	Підвезення мінеральних добрив до агрегату	т	17,6	ГАЗ-53 Б з пристосуванням для заправки добрив		40	0,44	3,08	434,30	14,29	421,56
3	Внесення мінеральних добрив (N60)	га	100	MT3-82	AMAZONE ZA-M 1500	70	1,43	10,01	1411,44	50,00	1475,00
ВСЬОГО по розділу 1							2,75	19,25	2410,82	75,76	2234,93
Розділ 2. Збирання міскантусу											
4	Скошування міскантусу	га	100	Class "Jaguar" 850		17,8	5,62	39,34	10 778,65	1380,00	40710,00
5	Транспортування біомаси до місця зберігання	т	2000	Камаз-55111		40	50,00	350,00	49 350,95	2500,00	73750,00
6	Формування кагату для зберігання січки	т	2000	Manitou MLT-X 735 T LSU		100	20,00	140,00	17 189,63	2200,00	64900,00
ВСЬОГО по розділу 2							75,62	529,34	77 319,23	6080,00	179 360,00
Разом III рік вегетації							78,37	548,59	79 730,05	6155,76	181 594,93
Четвертий та наступні роки вегетації											
Розділ 1. Догляд за міскантусом впродовж вегетації											
1	Навантаження мінеральних добрив	т	17,6	Manitou MLT-X 735 T LSU		40	0,88	6,16	565,08	11,47	338,37
2	Підвезення мінеральних добрив до агрегату	т	17,6	ГАЗ-53 Б з пристосуванням для заправки добрив		40	0,44	3,08	378,18	14,29	421,56
3	Внесення мінеральних добрив (N60)	га	100	MT3-82	AMAZONE ZA-M 1500	70	1,43	10,01	1411,44	50,00	1475,00
ВСЬОГО по розділу 1							2,75	19,25	2354,70	75,76	2234,93
Розділ 2. Збирання міскантусу											
4	Скошування міскантусу	га	100	Class "Jaguar" 850		13,5	7,41	51,87	14 211,73	1710,00	50445,00
5	Транспортування біомаси до місця зберігання	т	2500	Камаз-55111		40	62,50	437,50	61 688,67	3125,00	92187,50
6	Формування кагату для зберігання січки	т	2500	Manitou MLT-X 735 T LSU		100	25,00	175,00	21 487,05	2750,00	81125,00
ВСЬОГО по розділу 2							94,91	664,37	97 387,45	7585,00	223 757,50
Разом IV та наступні роки вегетації							97,66	683,62	99 742,15	7660,76	225 992,43
Разом за чотири роки вирощування							452,9 1	3170,37	404 623,52	27 258,15	804 115,48

№ з/п	Технологічні операції	Амортизація, грн		Поточний ремонт, грн		Витрати, грн на			Інші витрати, грн	Оренда плати за землю, грн	Разом, грн
		тракторів	с.-г. машин	тракторів	с.-г. машин	ризми	мінеральні добрива	засоби захисту рослин			
1	2	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Третій рік вегетації											
Розділ 1. Догляд за міскантусом впродовж вегетації											
1	Навантаження мінеральних добрив	623,3		342,8	0,0				65,44		1935,05
2	Підвезення мінеральних добрив до агрегату	146,7		80,7	0,0				37,91		1121,11
3	Внесення мінеральних добрив (N60)	408,7	862,0	224,8	474,1		176118		6334,08		187307,77
ВСЬОГО по розділу 1		1178,7	862,0	648,3	474,1	0,00	176118	0,00	6437,43	0,00	190363,93
Розділ 2. Збирання міскантусу											
4	Скошування міскантусу	43711,1		24041,1	0,0				4173,43	92783,0	216197,30
5	Транспортування біомаси до місця зберігання	32407,4		17824,1	0,0				6066,63		179399,06
6	Формування кагату для зберігання січки	28333,3		15583,3	0,0				4410,22		130416,51
ВСЬОГО по розділу 2		104 451,9	0,0	57448,5	0,0	0,00	0,00	0,00	14 650,28	92 783,00	526012,87
Разом III рік вегетації		105 630,6	862,0	58096,8	474,1	0,00	176118	0,00	21 087,71	92 783,00	716376,80
Четвертий та наступні роки вегетації											
Розділ 1. Догляд за міскантусом впродовж вегетації											
1	Навантаження мінеральних добрив	623,3		342,8	0,0				65,44		1935,05
2	Підвезення мінеральних добрив до агрегату	146,7		80,7	0,0				35,95		1063,03
3	Внесення мінеральних добрив (N60)	408,7	862,0	224,8	474,1		176118		6334,08		187307,77
ВСЬОГО по розділу 1		1178,7	862,0	648,3	474,1	0,00	176118	0,00	6435,47	0,00	190305,85
Розділ 2. Збирання міскантусу											
4	Скошування міскантусу	57633,3		31698,3	0,0				5389,59	92783,0	252160,98
5	Транспортування біомаси до місця зберігання	40509,3		22 280,1	0,0				7583,29		224248,81
6	Формування кагату для зберігання січки	35416,7		19479,2	0,0				5512,78		163020,67
ВСЬОГО по розділу 2		133 559,3	0,0	73457,6	0,0	0,00	0,00	0,00	18 485,66	92 783,00	639430,46
Разом IV та наступні роки вегетації		134 738,0	862,0	74105,9	474,1	0,00	176118	0,00	24 921,13	92 783,00	829736,31
Разом за чотири роки вирощування		383 364,8	25307,4	210 850,6	13919,1	578850	1 012 002	339840	132 050,54	371 132,0	4 276 055,51

Додаток 8.

Нормативи витрат технології вирощування садивного матеріалу міскантусу (ризом), 2018 р.

Площа - 100 га

Урожайність – 11,2 т/га (сухої маси), кількість ризом 60 000 000 шт./га.

№ з/п	Технологічні операції	Од. виміру	Обсяг робіт	Склад агрегату		Норма виробітку	Кількість нормозмін	Заграти праці, люд.-год.	Оплата праці з нарахуваннями, грн	Витрати паливо- мастильних матеріалів	
				трактори	с.-г. машини					кг	грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Перший рік вегетації											
Розділ 1. Основний обробіток ґрунту											
1	Лущення (2 разовий обробіток) на гл. 10-12 см (травень-червень)	га	200	Джон-Дір-7920	БДВП-5,5; БДТ-7	30,5	6,56	45,92	7251,83	820,00	24190,00
2	Транспортування води	т	25	МТЗ-82	АПВ-8	11	2,27	15,89	1564,85	25,75	759,63
3	Приготування робочої рідини та внесення гербіциду (раундап – 6 л/га; липень-серпень)	га	100	МТЗ-82	ОП-3000	70	1,43	10,01	3171,80	75,00	2212,50
4	Навантаження мінеральних добрив	т	17,9	Manitou MLT-X 735 T LSU		40	0,90	6,30	577,94	11,63	343,09
5	Підвезення мінеральних добрив до агрегату	т	17,9	ГАЗ-53 Б з пристосуванням для заправки добрив		40	0,90	6,30	673,18	14,49	427,46
6	Внесення мінеральних добрив (Р15К60)	га	100	МТЗ-82	AMAZONE ZA-M 1500	70	1,43	10,01	1411,44	50,00	1475,00
7	Оранка на глибину 30-32 см (кінець липня - початок серпня)	га	100	Джон-Дір-7920	Lemken, ПОН-5-40	25	4,00	28,00	4968,35	2000,00	59000,00
8	Суцільний обробіток ґрунту (вересень-жовтень)	га	200	Джон-Дір-7920	Ліра-24	120	1,67	11,69	1846,13	800,00	23600,00
ВСЬОГО по розділу 1							19,16	134,12	21 465,52	3796,87	112007,68
Розділ 2. Підготовка ґрунту та садіння ризомів											
9	Передпосадковий обробіток ґрунту на глибину 6-8 см	га	100	Джон-Дір-7920	КПН-8 "Поділля"	40	2,50	17,50	2763,67	360,00	10620,00
10	Навантаження ризомів	т	85,5	вручну		3	28,50	199,50	16 904,94	0,00	0,00
11	Перевезення до місця садіння	т	85,5	МТЗ-82	2ПТС-4-887А	10	8,55	59,85	5262,54	69,26	2043,17
12	Садіння ризомів, густота 28500 шт./га	га	100	МТЗ-82	КСМ-4	2	250,0	1750,00	134 306,15	650,00	19175,00
ВСЬОГО по розділу 2							289,55	2026,85	159 237,30	1079,26	31838,17
Розділ 3. Догляд за міскантусом впродовж вегетації											
13	Досходове боронування	га	100	Джон-Дір-7920	Ліра-24	120	0,83	5,81	917,51	400,00	11800,00
14	Розпушування ґрунту в міжряддях (6-8 см)	га	100	МТЗ-82	КРНВ-5,6-02	10	10,00	70,00	9870,19	357,00	10531,50
15	Транспортування води	т	25	МТЗ-82	АПВ-8	11	2,27	15,89	1564,85	25,75	759,63

**Нормативи витрат технології вирощування
садивного матеріалу міскантусу (ризом), 2018 р.**

Площа - 100 га

Урожайність – 11,2 т/га (сухої маси), кількість ризом 60 000 000 шт./га.

№ з/п	Технологічні операції	Амортизація, грн		Поточний ремонт, грн		Витрати, грн на			Інші витрати, грн	Орендна плата за землю, грн	Разом, грн
		тракторів	с.-г. машин	тракторів	с.-г. машин	ризми	мінеральні добрива	засоби захисту рослин			
1	2	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Перший рік вегетації											
Розділ 1. Основний обробіток ґрунту											
1	Лущення (2 разовий обробіток) на гл. 10-12 см (травень-червень)	10204,4	2551,1	5612,4	1403,1				1792,45		53005,39
2	Транспортування води	504,7	264,8	277,6	145,7				123,10		3640,29
3	Приготування робочої рідини та внесення гербіциду (раундап – 6 л/га; липень-серпень)	317,9	1126,1	174,9	619,4			147840	5441,19		160903,75
4	Навантаження мінеральних добрив	637,5		350,6	0,0				66,82		1975,98
5	Підвезення мінеральних добрив до агрегату	116,7		64,2	0,0				44,85		1326,33
6	Внесення мінеральних добрив (Р15К60)	317,9	271,3	174,9	149,2		181368		6480,88		191648,94
7	Оранка на глибину 30-32 см (кінець липня - початок серпня)	6222,2	3500,0	3422,2	1925,0				2766,32		81804,11
8	Суцільний обробіток ґрунту (вересень-жовтень)	2597,8	1344,4	1428,8	739,4				1104,47		32660,90
ВСЬОГО по розділу 1		20 919,1	9 057,7	11 505,5	4 981,7	0,00	181 368	147 840	17 820,08	0,00	526965,68
Розділ 2. Підготовка ґрунту та садіння ризомів											
9	Передпосадковий обробіток ґрунту на глибину 6-8 см	3888,9	1312,5	2138,9	721,9				750,60		22196,43
10	Навантаження ризомів			0,0	0,0				591,67		17 496,61
11	Перевезення до місця садіння	1900,8	712,5	1045,4	391,9				397,47		11753,79
12	Садіння ризомів, густота 28500 шт./га	11115,7	595,8	6113,7	327,7	11 400000			405 007,19	92783	12 069424,28
ВСЬОГО по розділу 2		16905,4	2620,8	9298,0	1441,5	11 400000	0,00	0,00	406 746,93	92783	12 120871,11
Розділ 3. Догляд за міскантусом впродовж вегетації											
13	Досходове боронування	1291,1	668,2	710,1	367,5				551,40		16305,76
14	Розпушування ґрунту в міжряддях (6-8 см)	6669,4	2275,0	3668,2	1251,3				1199,30		35464,87
15	Транспортування води	504,7	264,8	277,6	145,7				123,10		3640,29

№ з/п	Технологічні операції	Од. виміру	Обсяг робіт	Склад агрегату		Норма виробітку	Кількість нормозмін	Затрати праці, люд.-год.	Оплата праці з нарахуваннями, грн	Витрати паливо-мастильних матеріалів	
				трактори	с.-г. машини					кг	грн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	Приготування робочої рідини та внесення гербіциду (Майс Тер Пауер – 1,2 л/га)	га	100	МТЗ-82	ОП-3000	70	1,43	10,01	3171,80	75,00	2212,50
17	Розпушування ґрунту в міжряддях	га	100	МТЗ-82	КРНВ-5,6-02	10	10,00	70,00	9870,19	357,00	10531,50
18	Підгортання рослин у рядку	га	100	МТЗ-82	КРНВ-5,6	8	12,50	87,50	12 337,74	357,00	10531,50
ВСЬОГО по розділу 3							37,03	259,21	37 732,28	1571,75	46366,63
Розділ 4. Збирання міскантусу											
19	Технологічне скошування міскантусу	га	100	Class "Jaguar" 850		30	3,33	23,31	6386,65	880,00	25960,00
20	Транспортування біомаси до місця зберігання	т	1120	Камаз-55111		40	28,00	196,00	27 636,51	1400,00	41300,00
21	Формування кагату для зберігання січки	т	1120	Manitou MLT-X 735 T LSU		100	11,20	78,40	9 626,21	1232,00	36344,00
ВСЬОГО по розділу 4							42,53	297,71	43 649,37	3512,00	103604,00
Розділ 5. Збирання кореневищ											
22	Викопування ризом, 60 000 000 шт.	га	100	МТЗ-82	КТН-2В	4,8	20,83	145,81	25 872,76	360,00	10620,00
23	Відбирання якісних ризом для садіння	млн шт.	48	вручну		2000	24000	168000	5097 312,03	0,00	0,00
24	Навантаження ризомів	т	25	вручну		3	48,00	336,00	28 471,47	0,00	0,00
25	Перевезення ризом до місця зберігання	т	100	МТЗ-82	2ПТС-4-887А	10	14,40	100,80	8863,20	116,64	3440,9
ВСЬОГО по розділу 5							24 083,23	168 582,6	5160 519,47	476,64	14060,9
Разом по технології							24 471,50	171 300,5	5422 603,94	10 436,52	307877,4

№ з/п	Технологічні операції	Амортизація, грн		Поточний ремонт, грн		Витрати, грн на			Інші витрати, грн	Орендна плата за землею, грн	Разом, грн
		тракторів	с.-г. машин	тракторів	с.-г. машин	ризми	мінеральні добрива	засоби захисту рослин			
1	2	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
16	Приготування робочої рідини та внесення гербіциду (Майс Тер Пауер – 1,2 л/га)	317,9	1126,1	174,9	619,4			96000	3626,79		107249,35
17	Розпушування ґрунту в міжряддях	2275,0	2275,0	1251,3	1251,3				960,90		28415,09
18	Підгортання рослин у рядку	2778,9	2843,8	1528,4	1564,1				1105,45		32689,85
ВСЬОГО по розділу 3		13837,1	9452,9	7610,4	5199,1	0,00	0,00	96 000,00	7566,94	0,00	223765,20
Розділ 4. Збирання міскантусу											
19	Технологічне скошування міскантусу	25900,0		14245,0	0,0				2537,21		75028,86
20	Транспортування біомаси до місця зберігання	18148,1		9981,5	0,0				3397,31		100463,45
21	Формування кагату для зберігання січки	15866,7		8 726,7	0,0				2469,72		73033,27
ВСЬОГО по розділу 4		59914,8	0,0	32953,2	0,0	0,00	0,00	0,00	8404,24	0,00	248525,57
Розділ 5. Збирання кореневищ											
22	Викопування ризом, 60 000 000 шт.	20838,7	4252,8	11461,3	2339,0				2638,46		78023,00
23	Відбирання якісних ризом для садіння			0,0	0,0				178 405,92		5 275 717,95
24	Навантаження ризомів			0,0	0,0				996,50		29467,97
25	Перевезення ризом до місця зберігання	3201,3	1200,0	1760,7	660,0				669,42		19795,56
ВСЬОГО по розділу 5		24040,0	5452,8	13222,0	2999,0	0,00	0,00	0,00	182 710,30	0,00	5 403 004,49
Разом по технології		135 616,39	26 584,15	74 589,01	14 621,30	11400 000,0	181 368,42	243840	623 248,49	92783	18 523 132,06
Витрати на виробництво 1 ризома, грн - 0,3859											

Науково-практичне видання

Міскантус

Відповідальні за випуск: В.М. Сінченко, В.І. Пиркін,
В.М. Квак

Редактор: І.К. Пиркіна

Комп'ютерне складання

та верстка: В.М. Квак, В.І. Гореленко,
В.П. Москаленко, Л.Н. Гізбулліна