МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин

Кафедра екології та безпеки життєдіяльності

Допущено до захисту

«___»_____2023 року

Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент

_____Ольга ВАСИЛЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти бакалавр

ЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *MISCANTHUS* В УМОВАХ УМАНСЬКОГО НУС

Виконала: студентка 4 курсу, групи 41-ек

спеціальності 101 Екологія

Карпенко Раїса Сергіївна

Керівник: БАЛАБАК Алла, к. с.-г. н., доцент

Умань – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП 3
РОЗДІЛ 1. Міскантус - перспективна біоенергетична культура 5
1.1. Промислові плантації міскантусу в Україні та в інших країнах 5
1.2. Міскантус, як джерело енергетичної сировини 8
РОЗДІЛ 2. Умови, об'єкт та методика досліджень 18
2.1. Природні умови регіону досліджень 18
2.2. Об'єкт досліджень 19
2.3 Схема досліду 19
2.4. Методика досліджень 21
РОЗДІЛ 3. Результати досліджень 25
3.1. Екологічні особливості вирощування міскантусу 25
3.2. Приживлюваність ризом міскантусу залежно від вологості ґрунту 32
3.3. Динаміка наростання наземної маси міскантусу залежно від вологості ґрунту за використання абсорбенту
3.4. Вихід садивного матеріалу міскантусу залежно від вологості ґрунту за використання абсорбенту 38
ВИСНОВКИ 46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 48
ДОДАТКИ 52

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, 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. За рахунок високої врожайності сухої біомаси, високої теплотворної здатності, низької природної вологості стебел на час збирання міскантус є найефективнішою, порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами, рослиною для виробництва твердого біопалива [7, 12, 13, 14].

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. [16, 17, 19].

Мета роботи – дослідити екологічні умови вирощування представників роду *Miscanthus* та проаналізувати використання міскантусу як перспективної енергетичної культури.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Визначити екологічні особливості вирощування міскантусу;

2. Провести дослідження приживлюваності ризом міскантусу залежно від вологості ґрунту;

3. Дослідити динаміку наростання наземної маси міскантусу залежно від вологості ґрунту за використання абсорбенту;

4. Проаналізувати вихід садивного матеріалу міскантусу залежно від вологості ґрунту за використання абсорбенту.

Наукове та практичне значення одержаних результатів.

Проведено дослідження приживлюваності ризом міскантусу та досліджено динаміку наростання наземної маси міскантусу залежно від вологості ґрунту за використання абсорбенту.

Об'єкт дослідження – представники роду *Miscanthus.*

Предмет дослідження – екологічні умови вирощування представників роду *Miscanthus.*

Апробація результатів роботи проводилася на Всеукраїнській студентській науковій онлайн-конференції, яка приурочена 100-річчю від дня народження українського вченого в галузі агрономії, професора І. М. Карасюка (Додаток А).

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Загальний обсяг роботи становить 35 сторінок комп'ютерного тексту. Дипломна робота складається з вступу, 3 розділів, висновків та 3 додатків. Список використаних джерел нараховує 19.

РОЗДІЛ 1
МІСКАНТУС - ПЕРСПЕКТИВНА БІОЕНЕРГЕТИЧНА КУЛЬТУРА

1.1. Промислові плантації міскантусу в Україні та в інших країнах

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 агроекосистем 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.

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.

Перші плантації міскантусу в Україні були висаджені у Харківський й Житомирський обл. (2006–2007 рр.), з 2008 р. працюють над заміщенням традиційних видів палива альтернативними у Тернопільський обл. У 2013–2015 роках з`явилися вже промислові плантації міскантусу й у інших регіонах України (рис. 1.1).

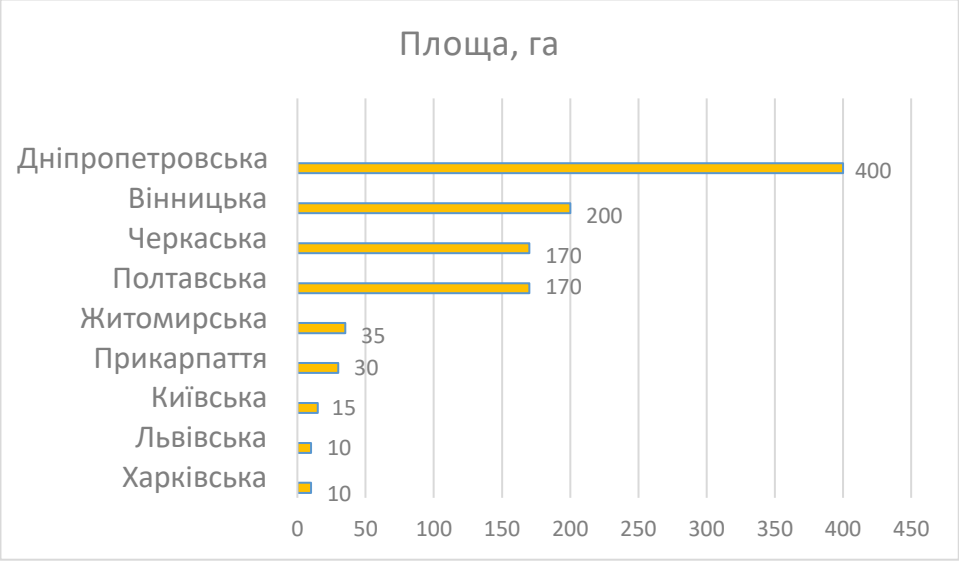


Рис. 1.1. Промислові плантації міскантусу в Україні

Активна робота проводиться для вдосконалення існуючих форм та отримання нових сортів міскантусу, тим більше, що невибаглива й морозостійка культура добре прижилася в наших широтах. До Держреєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні та до Держреєстру прав інтелектуальної власності на сорти рослин включено вітчизняні сорти міскантусу гігантського – «Універсальний», «Поліський», «Енергетичний», «Осінній зорецвіт» та сорт міскантусу китайського «Місячний промінь» [11].

Країни ЄС розширюють площі під виробництво міскантусу. Якщо у 90-х роках насадження міскантусу в країнах ЄС займали всього 170 га, то вже у 2011 році ці площі збільшилися у десятки разів (рис. 1.2.).

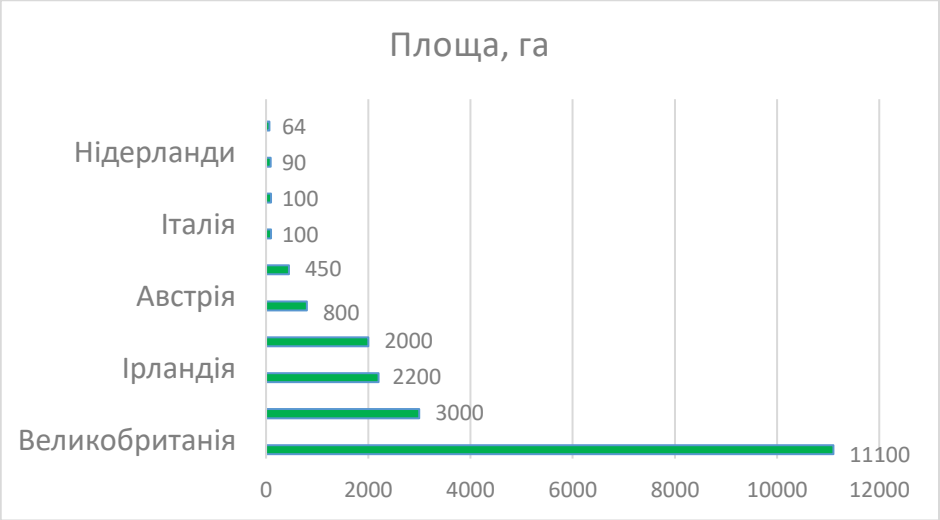


Рис. 1.2. Площі, які відведені під міскантус у країнах ЄС

Більше всього у Великобританії – до 11100 га (хоча середня врожайність 10–15 т/га), розвивають міскантусні проекти та розширюють площі під культуру у Франції, Ірландії, Німеччині, Австрії, Швеції (450–3000 га), розглядають як цінну сировину з численними можливостями – Італія, Бельгія, Нідерланди, Данія (64–100 га) [15].

У Китаї міскантус вже замінив велику частину деревини, що йшла на виробництво паперу. Американські вчені віддали перевагу міскантусу, за його врожайність, ріст на низькоякісних ґрунтах, тим самим вивільняючи площі необхідні під вирощування зернових культур.

Таким чином, рослинна біомаса енергетичної рослини *Miscanthus* є найбільш оптимальною в плані забезпечення сталого розвитку сировинної бази. Головна перевага даного виду енергетичної культури перед іншими культурами – щорічний вихід до 20–25 т сухої сировини з 1 га протягом двадцяти років. Вирощування енергетичної рослини міскантусу сприяє підвищенню родючості земель та зменшує викиди в навколишнє середовище вуглекислого газу.

1.2. Міскантус, як джерело енергетичної сировини

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%. За період багаторічних досліджень з переробки сировини міскантусу за кордоном створено технології виробництва целюлози та біоенергії з рослин. У науковій літературі тривають обговорення хімічної трансформації целюлози з рослин міскантусу і глибокої ферментативної переробки його біомаси [1, 2].

У Китаї для виготовлення паперу в основному використовується міскантус цукроквітковий (*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%. За результатами порівняльної оцінки фізико-хімічні властивості целюлози з міскантусу і деревини виявились

подібними. Тому міскантус може бути доброю альтернативою деревини в паперовокартонній 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/м^2, що близько до значень коефіцієнтів переходу цезію-137 у зернові культури (озима пшениця, жито, ячмінь) [6].

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 покриву 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 *pH* 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 [18].

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.

Міскантус є ефективним для виробництва пелет (твердого біопалива), який відповідає європейським стандартам (за основними еколого-енергетичними характеристиками): щільністю, зольністю, теплотою згоряння, вмістом екологічно небезпечних домішок. В Україні досі не існує відповідних стандартів і виробники пелет орієнтуються на європейські стандарти (табл. 1.1) [16].

Таблиця 1.1

Характеристика паливних пелет *Miscanthus giganteus*

Характеристика пелет	**Зразки пелет**	**Європейські стандарти до паливних пелет**
Вологість, %	10	не більше 10,0
Щільність, кг/дм^3	1,26	1,0–1,4
Зольність, % від а.с.с.	4,88	не більше 3,0
Теплота згорання МДж/кг	18,9	не менше 16,0

Зольність паливних пелет із міскантуса нижча, ніж із кам’яного вугілля - зольність до 20 % та бурого вугілля - зольність до 40 %. Зола із стебел

міскантуса є калійним добривом. Важливо, що при спалюванні паливних пелет спостерігається мінімальна кількість викидів окису вуглецю в атмосферу, вони не виділяють чадного газу, копоті, диму та інших шкідливих речовин на відміну від вугілля та дров, вони також є енергобезпечні.

Брикети з міскантусу бувають різних форм залежно від способу виробництва: циліндричні, цеглиноподібні, у вигляді шестикутної призми з отвором посередині (рис. 1.3). Паливні пелети із міскантуса можуть розглядатися як альтернатива традиційним видам палива.



Рис. 1.3. Різновиди твердого палива

Енергетична цінність спалювання біомаси міскантуса становить до 19 МДж/кг та прирівнюється до деревини (табл. 1.2). Попіл після спалювання використовується на тій же плантації в якості добрива [10].

Міскантус (целюлозовмістна сировина) можна перероблювати у рідке біопаливо – етанол. Однак, міцність сировини до всіх зовнішніх впливів обумовлює взаємозв'язок геміцелюлозиі лігніну, целюлози, тому для її деструкції застосовують різні способи попередньої обробки(хімічні, механічні) необхідної для відокремлення основних компонентів.

Широке впровадження рослин роду *Miscanthus* у культуру сприятиме не лише отриманню відновлюваної енергії з біомаси, але й поліпшенню екологічного стану агроландшафтів України [3, 8, 9].

Таблиця 1.2

Теплотворна здатність різних видів сировини

Види сировини	**Теплотворна здатність палива, МДж/кг**
Гранули з міскантусу	**17,0–19,0**
Тріски дерев, тирса	10,5–12,0
Кора	19,5
Гранули з соломи	14,0–18,8
Гранули з деревини	16,0–19,5
Мазут	41,0
Солома зернових культур	10,5
Гранули з лузги соняшнику	18,5–20,0
Брикети з деревини	16,8–21,0
Кам'яне вугілля	27,0–30,0

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
УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Природні умови регіону досліджень

Клімат міста Умань помірно континентальний із середньорічною температурою повітря близько 7,6° із значним відхиленням в окремі роки. Середня температура січня – 5-6°, а липня 19-20°, мінімальна температура досягає - 35-40°, а максимальна 36-39°С (Додаток Б, В)

Найбільш поширеними ґрунтами є чорноземи опідзолені, реградовані та типові. Ці ґрунти характеризуються високою родючістю. Крім чорноземів, значну площу займають сірі лісові ґрунти.

За попередньою оцінкою, ґрунтові умови міста мають різний рівень придатності для вирощування культур.

2.2. Об'єкти досліджень

Miscanthus Giganteus - багаторічна кущиста трав'яниста рослина C_4 типу фотосинтезу. Це природний стерильный триплоїдний гібрид *M. sacchariflorus* та *M. sinensis*, що походить з Азії.

Виростає до 3,5 метрів у висоту, діаметр рослини до 1,5 метра. Привабливий протягом усього сезону, особливо влітку під час квітування утворюються великі білі волоті які тримаються на кущах до настання морозів (рис. 2.1).

Листя - бічні листки відходять від основного стебла на всі боки. Листя опущені, створюють ефект великого фонтану, темно-зелені, ширина 25 мм, з білою смужкою, характерною для представників рослини. Нижні листки на висоті до 1 м часто коричневіють і відмирають у другій половині літа.

Квітки - розпускаються волоті з рожевим відтінком, потім швидко стають сріблястими.



Рис. 2.1. *Miscanthus Giganteus*

До ґрунтів невимогливий, добре росте на різних типах ґрунтів.

Miscanthus sinensis - трав’яниста рослина з прямими листяними в нижній частині стеблами коричнево-зеленого кольору. Листя лінійне, шорстке, до 1,5 см завширшки, з товстим ребром посередині, дуже жорстке. Волоті віялоподібні, 10-30 см завдовжки, колоски 0,3-0,7 см завширшки, з однією квіткою, яка оточена шовковистими волосками, з укороченою головною віссю. Цвіте пізно влітку. Розмір куща 3 м заввишки Листя лінійне, шорстке, до 1,5 см завширшки, з товстим ребром посередині, дуже жорстке. Невимогливі до ґрунту, але віддають перевагу свіжому, добре зволоженому ґрунту, можуть рости і на сухих ділянках, але не так сильно розростаються (рис. 2.2).



Рис. 2.2. *Miscanthus sinensis*

2.3. Схема досліду

Польові досліди проведено в Уманському національному університеті садівництва впродовж 2021 – 2022 років.

Площа ділянки становила 30 м^2 , облікової 25 м^2, повторність – 4х разова. Схема дослідів:

Варіант 1 – вирощування міскантусу без поливу і внесення максимарину (контроль).

Варіант 2 – вирощування міскантусу без поливу, замочування міскантусу в гелі абсорбенту при висадці.

Варіант 3 – вирощування міскантусу при внесенні гранул абсорбенту в лунку.

Варіант 4 – вирощування міскантусу при внесенні гранул абсорбенту в лунку + замочування в гелі абсорбенту.

2.4. Методика досліджень

Впродовж вегетаційного періоду проведено польові та лабораторні дослідження зі встановлення впливу вологості ґрунту на біоморфологічні особливості росту і розвитку міскантусу та вихід садивного матеріалу (ризомів).

Дослідження ґрунтуються на біоморфологічних, біохімічних лабораторних, польових методах та методах математичної статистики: вологість ґрунту визначали термостатно-ваговим методом. Глибина відбору проб 100 см, через кожні 20 см. Відбір рослинних проб та підготовка їх до аналізу за методом З.М. Грицаєнко [4, 5].

РОЗДІЛ 3
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Екологічні 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°С. Коренева система міскантусу здатна витримувати періодичні пониження температур до – 23°С за умови наявності снігового покриву. Найбільш інтенсивний ріст та розвиток рослин відбувається за температури повітря +25-32˚С (табл. 3.1).

Результати досліджень, які проведені в умовах Уманського НУС, 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^{0}С, а під снігом – до -25-30 °С. В літній період рослини роду *Miscanthus* здатні витримувати спеку до +35^{0}С.

Рослини різних видів міскантусу починають відростати за температури +5-7 °С, а більш інтенсивно за +15-20 °С. Вони здатні переносити весняні заморозки до -1-3 °С. В умовах Уманського НУС міскантус починає вегетацію у квітні місяці, коли температура ґрунту досягає +10-12°С, а закінчує – з настанням заморозків у жовтні-листопаді.

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°С.

Таблиця 3.1

Екологічні умови вирощування міскантусу

Абіотичні фактори та біологічні особливості міскантусу	**Показники**
Тепло	
- мінімальна температура проростання ризом, ˚С	10-12
- температура, що спричиняє пошкодження сходів, ˚С	нижче 20
- оптимальна температура росту та 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
- 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	листкові пластинки: довжина – 100 ширина – 0,8-3,2
Живлення	
За врожайності 20 т/га сухої маси міскантус з ґрунту виносить, кг/га, д.р.	
- азоту NO_3	60
- фосфору P_2O_5	16
- калію K_2O	80

Досліджено також рівень ушкодження морозом і здатність до регенерації рослин міскантусу. Ці досліди показали, що сходи можуть пошкоджуватись вже за температури -2 ^{0}C (до 40% 40 пошкоджених рослин). Етап другого і четвертого листка не був уразливим за температури до -4°C включно. За температури -8 ^{0}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. У посушливі періоди на формування біомаси позитивно впливає зрошення.

Вимоги до світла. Міскантус належить до світлолюбних культур. Він використовує значно більше сонячної енергії, ніж інші представники родини злакових. Для утворення оптимальної площі листкової 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. 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). Але найсприятливіші умови для росту та розвитку досягаються на вологих, добре дренованих ґрунтах з кислотністю в межах *pH* – 6,5-7,5. За високої кислотності (*pH* нижче 5,5) ґрунти потребують вапнування.

Для формування максимального врожаю біомаси міскантус 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.

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.

Для створення високопродуктивних плантацій слід враховувати екологічні особливості міскантусу та вимоги до ґрунтово-кліматичних умов.

3.2. Приживлюваність ризом міскантусу залежно від вологості ґрунту

Шляхами поповнення запасів вологи в ґрунті є опади, зрошення або використання абсорбентів, які вносять перед садінням або в період садіння ризом у ґрунт. Оскільки на навчально-дослідному полі Уманського НУС, яке розміщене в зоні нестійкого зволоження, зрошення відсутнє, для вологозабезпечення ризом використано абсорбент MaxiMarin.



Рис. 3.1. Абсорбент MaxiMarin

Абсорбент MaxiMarin – полімерний водоутримуючий матеріал який акумулює вологу в зоні кореня і сприяює кращому використанню її рослинами.

Забезпечення рослин міскантусу вологою має дуже важливе значення для підвищення фотосинтетичної діяльності рослин, що відповідає за активацію процесів життєдіяльності і збільшення листової поверхні 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 вологу 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, вологою на період посухи, зменшить контрасти коливання вологозабезпечення рослин в період вегетації. Абсорбент MaxiMarin не розчиняється у воді, зшитий сополімер поліакриламіду 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.

З’ясовано, що приживлюваність ризом міскантусу залежить від їх розміру та вологозабезпечення – застосування абсорбенту (рис. 3.2).

Погодні умови значно впливали на приживлюваність ризом. У 2021 та 2022 роках період садіння та отримання сходів був засушливим, що вплинуло на приживлюваність ризом. Але навіть в таких умовах приживлюваність ризом за внесення абсорбенту була достовірно вищою порівняно з контролем.

В усіх фазах росту і розвитку рослин вологість ґрунту у варіанті з використанням абсорбенту була вищою порівняно з контролем – без застосування абсорбенту. У фазу повних сходів якщо в контролі вологість ґрунту становила 10,3%, то за замочування ризом у гелі вона підвищилася на 0,9% і становила 11,2%. За внесення гранул у ґрунт та спільного використання гранул у ґрунт і замочування ризом у гелі вологість ґрунту істотно підвищувалася порівняно з контролем. У фазу кущення якщо в контролі вологість ґрунту

становила 11,8%, то при внесенні гранул вона підвищилася на 2,5% і становила 14,3%. За спільного використання – гранул в ґрунт і замочування ризом в гелі вологість ґрунту істотно підвищувалася порівняно з контролем.



Рис. 3.2. Приживлюваність ризом міскантусу з різною масою залежно від вологості ґрунту за використання абсорбенту (строк садіння - I-III декада квітня, 2021-2022)

Приживлюваність ризом міскантусу була вищою у дослідних варіантах, порівняно з контролем. Так, в контролі приживлюваність малих ризом (20-30 г) становила 18,8%, при замочуванні ризом в гелі абсорбенту – 27,0%, при внесенні гранул абсорбенту в лунку та спільного використання гранул та гелю, відповідно – 29,5 та 31,8%. Підвищення приживлюваності великих ризом (60-90 г) порівняно з малими отримано за використання гранул абсорбенту та спільного використання гранул та гелю (52,8%). Застосування абсорбенту в період садіння ризом сприяло підвищенню їх приживлюваності.

Підсумовуючи результати досліджень, можна зробити висновок, що приживлюваність ризом міскантусу залежить від їх розміру, застосування абсорбенту, середніх добових температур повітря і кількості опадів.

3.3. Динаміка наростання наземної маси міскантусу залежно від вологості ґрунту за використання абсорбенту

Інтенсивність наростання наземної маси в онтогенезі рослин залежить не лише від метеорологічних умов періоду вегетації, а й від агроекологічних способів їх вирощування. Встановлено, що приріст висоти рослин міскантусу залежав як від їх величини та від використання абсорбенту. У середньому за два роки приріст висоти рослин проходив інтенсивніше при застосуванні абсорбенту, порівняно з контролем, упродовж всіх фаз розвитку, крім фази повні сходи рослин. У фазі повні сходи спостерігалася лише тенденція до підвищення висоти рослин залежно від застосування абсорбенту (табл. 3.2).

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 кущіння малих ризом (масою 20-30 г) висота рослин становила в контролі 86,2 см, за сумісного використання гелю та гранул – 94,2 см.

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

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 агроекологічних заходів отримані і за роками досліджень. За фазами розвитку найінтенсивніше збільшувалася висота рослин у міжфазний період «повні сходи – кущіння».

З’ясовано, що площа листкової поверхні рослин залежала від їх маси та застосування абсорбенту. При застосуванні абсорбенту площа листкової поверхні була більшою, порівняно з контролем упродовж всіх фаз розвитку.

На площу листкової поверхні істотно впливали розміри ризомів, які висаджували. У середньому за роки досліджень на період закінчення вегетації площа листкової поверхні за використання великих ризомів масою 60–90 г була

більшою в контролі на 313,5 см^2 порівняно з малими масою 20–30 г. Приріст площі листкової поверхні найінтенсивніше проходив у міжфазний період «вихід у трубку – закінчення вегетації» в усіх варіантах залежно від маси ризом та застосування абсорбенту.

Таблиця 3.2

Динаміка висоти рослин (см) міскантусу залежно від вологості ґрунту за використання абсорбенту та маси ризом (строк садіння - I-III декада квітня, 2021-2022)

Маса ризому, г	Варіант – внесення абсорбенту MaxiMarin	Фази розвитку			
		повні сходи	кущіння	вихід у трубку	закінчення вегетації
20-30	Контроль – без абсорбенту	41,5	86,2	109,8	138,3
	Замочування в гелі абсорбенту	44,6	91,0	114,8	143,6
	Гранули абсорбенту в лунку	42,9	93,0	115,9	146,5
	Гранули абсорбенту в лунку + замочування в гелі абсорбенту	46,7	94,2	116,3	147,5
60-90	Контроль – без абсорбенту	59,2	98,5	123,4	165,3
	Замочування в гелі абсорбенту	62,4	103,3	128,4	167,2
	Гранули абсорбенту в лунку	70,6	104,6	132,8	169,5
	Гранули абсорбенту в лунку + замочування в гелі абсорбенту	72,3	108,2	133,7	173,2

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 два роки в усі фази росту й розвитку рослин найбільше пагонів

формувалося за використання абсорбенту, і особливо за спільного використання гранул і гелю. Так, за використання спільно гранул і гелю абсорбенту на період закінчення вегетації було сформовано 34,9 пагонів, в контролі – 26,7 пагонів.

3.4. Вихід садивного матеріалу міскантусу залежно від вологості ґрунту за використання абсорбенту

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.

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. На період закінчення вегетації маса кореневища за внесення абсорбенту в ґрунт була істотно більшою, ніж в контролі – без застосування абсорбенту (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Маса кореневища міскантусу на період закінчення вегетації залежно від вологості ґрунту за використання абсорбенту та маси ризом (строк садіння - I-III декада квітня, 2021-2022)

Найбільша маса кореневища була за спільного застосування гранул та гелю, яка за садіння малих ризом збільшилася в 1,9 раза, великих – в 2,2 раза.

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

Значний вплив на формування маси кореневища мала маса ризом, які висаджували. У середньому за два роки за садіння малих ризом (20-30 г) маса кореневища в контролі становила 467,5 г, водночас як за садіння великих ризом (60-90 г) маса кореневища була 737,2 г, або була більшою в 1,6 разів.

За вирощування садивного матеріалу міскантусу в умовах нестійкого зволоження необхідно в комплексі застосовувати такі елементи технології: висаджувати ризоми в ранні строки (орієнтовно 1-2 декади квітня) залежно від погодних умов та застосовувати абсорбент MaxiMarin (гранули або гранули сумісно з гелем).

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі наведено результати дослідження екологічних умов вирощування представників роду *Miscanthus*, як перспективної енергетичної культури.

1. Результати досліджень, які проведені в умовах Уманського НУС, дозволяють відзначити, що види роду *Miscanthus* 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. Представники роду *Miscanthus* відноситься до світлолюбних та вологолюбних культур, але не переносять затоплення.

Для створення високопродуктивних плантацій слід враховувати екологічні особливості міскантусу та вимоги до ґрунтово-кліматичних умов.

2. Встановлено, що приживлюваність ризом міскантусу була вищою у дослідних варіантах, порівняно з контролем. В контролі приживлюваність малих ризом (20-30 г) становила 18,8%, при замочуванні ризом в гелі абсорбенту – 27,0%, при внесенні гранул абсорбенту в лунку та спільного використання гранул та гелю, відповідно – 29,5 та 31,8%. Підвищення приживлюваності великих ризом (60-90 г) отримано за використання гранул абсорбенту та спільного використання гранул та гелю (52,8%).

Приживлюваність ризом міскантусу залежить від їх розміру, застосування абсорбенту, середніх добових температур повітря і кількості опадів.

3. Досліджено, що 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 два роки в усі фази росту й розвитку рослин найбільше пагонів формувалося за використання абсорбенту, і особливо за спільного використання гранул і гелю. Так, за використання спільно гранул і

гелю абсорбенту на період закінчення вегетації було сформовано 34,9 пагонів, в контролі – 26,7 пагонів.

4. Одержані результати досліджень вказують, що найбільша маса кореневища міскантусу була за спільного застосування гранул та гелю, яка за садіння малих ризом збільшилася в 1,9 раза, великих – в 2,2 раза.

ПРОПОЗИЦІЇ

За вирощування садивного матеріалу міскантусу в умовах нестійкого зволоження необхідно в комплексі застосовувати такі елементи технології: висаджувати ризоми в ранні строки (орієнтовно 1-2 декади квітня) залежно від погодних умов та застосовувати абсорбент MaxiMarin (гранули або гранули сумісно з гелем).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барбаш В.А., Зінченко В.О., Трембус І.В. Ресурсозберігаючі технології перероблення стебел міскантуса. Наукові вісті НТУУ "КПІ". 2012. № 5 С. 118–123.

2. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А., Кучерук П.П., Олійник Є.М. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Аналітична записка БАУ №9. Біоенергетична асоціація України, 2014. 32 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-9-ua.pdf

3. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А., Трибой О.В. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні. Аналітична записка БАУ № 10. 2014. 33 с.

4. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біоморфологічних і агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів: навч. посіб. К.: ЗАТ. Нічплава. 2003. 316 с.

5. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. К.: Дія, 2005. С. 138 – 264.

6. Зінченко В. О., Мартинюк Г. М., Зінченко О. В. та ін. Особливості росту міскантуса гігантеуса в умовах радіоактивного забруднення. Наука. Молодь. Екологія – 2009 : Зб. матеріалів V наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, 27–29 трав. 2009 р. Житомир, 2009. С. 138–140.

7. Івахів В. Енергетична верба як рішення для малих міст України [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://ua-energy.org/post/27476.

8. КравчукВ., Новохацький М., Кожушко М. та ін. На шляху до створення плантацій енергетичних культур. Техніка та технології АПК. 2013. № 2. С. 31–35.

9. Кухарець С.М., Кухарець В.В. Особливості конверсії рослинної біомаси сільськогосподарського походження: з кн. Перспективи розвитку альтернативної енергетики на Поліссі України. К.: Центр учбової літератури, 2014. С. 113–120.

10. Лось Л.В., Зінченко В.О., Жайвороновський В.Р. Вирощування і газифікація біопалива ефективний шлях вирішення “енергетичних” і

екологічних проблем на прикладі міскантуса гігантеуса. Вісник ЖНАЕУ. 2011. Т.1, №2. С. 46–58.

11. Роїк М.В., Гонтаренко С.М., Лашук С.О. Сучасний стан розвитку селекції та реєстрації представників роду *Miscanthus* в Україні та світі. Зб. наук. праць ІБКіЦБ. 2014. Вип. 21. С. 249–254.

12. Роїк М.В., Гументик М.Я., Мамайсур В.В. Перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва твердого біопалива. Біоенергетика. 2013. № 2. С. 18–19.

13. Романчук Л.Д., Зінченко В.О., Василюк Т.П. Особливості вирощування енергетичних культур в умовах Полісся України: з кн. Перспективи розвитку альтернативної енергетики на Поліссі України. відп. К.: Центр учбової літератури, 2014. С. 81–111.

14. Хіврич О. Б., Квак В. М., Каськів В. В. та ін. Енергетичні рослини як альтернатива традиційним видам палива. Агробіологія. 2011. Вип. 6. С. 153–157.

15. Ягольник О.О. Міскантус витримав удар і виграв перший раунд в Україні. Біоенергетика. 2015. № 2. С. 18–24.

16. Ястремська Л.С., Пришляк Р.І., Федонюк Ю.В. Міскантус – енергетична культура для отримання біопалива. Проблеми екологічної біотехнології. 2017. № 1. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/peb_2017_1_3

17. Brosse N., Dufour A., Meng X. et al. Miscanthus: a fast-growing crop for biofuels and chemicals production. Biofuels, Bioprod. Bioref. 2019. P. 34-45.

18. Pude R. Uprawa I zbiory trzciny Miscantus w Europie. Polsko-Niemiecka Konferencja na temat wykorzystania trzciny chinskiej (Polczyn Zdoj, 27-2 wrzesnia 2000). Polczyn Zdoj, 2000. P. 11–25.

19. Somerville C., H.Youngs, C.Tayloret al. Feedstocks for lignocellulosic biofuels. Science. 2019. Vol. 329. P. 790–792.

ДОДАТКИ