

## **Шифр – «Біоенергетична культура»**

Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу  
гігантського в умовах Лісостепу Західного

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>Розділ 1. ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ, МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	
1.1. Місце проведення досліджень та ґрунтово-кліматичні умови.....	11
1.2. Схема, матеріал, методика досліджень.....	11
<b>Розділ 2. ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА</b>	
2.1. Тривалість міжфазних та вегетаційного періодів розвитку міскантусу гігантського залежно від строків садіння та глибини загортання ризомів .....	14
2.2. Біометричні та структурні показники міскантусу гігантського залежно від строків садіння та глибини загортання ризомів .....	17
2.3. Урожайність міскантусу гігантського залежно від строків садіння та глибини загортання ризомів .....	20
2.4. Показники якості ризомів міскантусу гігантського залежно від строків садіння та глибини загортання.....	22
<b>Розділ 3. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО</b> .....	
Висновки.....	27
Пропозиції виробництву .....	28
Список використаної літератури .....	29
Додатки .....	33



## ВСТУП

Більшість європейських країн, зокрема і Україна, в останнє десятиліття починають усвідомлювати обмеженість викопних ресурсів та необхідність їх раціонального використання, тому швидкими темпами розпочали перебудову існуючої енергетики та поставок енергоресурсів з використанням відновлювальних джерел енергії. Особлива увага приділяється вирощуванню і перероблянню біосировини. Сьогодні у світі вирощують велику кількість високопродуктивних енергетичних культур, біомаса (надземна частина рослин) яких використовується для виробництва біопалива.

Створення власного джерела біоенергетичної сировини, розширення сировинної бази є важливим завданням для існуючих переробних підприємств України.

Багаторічні злакові культури є найбільш придатною сировиною для виробництва твердих видів біопалива і стають основою для біоенергетики. Вони здатні накопичувати велику кількість біомаси за рахунок фотосинтезу, що відбувається впродовж тривалого періоду – від ранньої весни до пізньої осені.

Органічна сировина та спеціально вирощена біомаса, яка може використовуватися для виробництва біопалива, має ряд особливостей, що відрізняються від традиційних викопних палив. Найбільш важливою паливно-енергетичною характеристикою сировини є її теплотворна здатність, яка залежить від ряду факторів: генетичних особливостей культури, вмісту целюлози, пектину, фенольних смол; умов зберігання сировини; вологості.

Вітчизняними науковцями доведено, що на території України можна збільшити кількість вирощуваних енергетичних рослин. З розширенням площ їх посадки, слід використовувати набуті знання біолого-екологічних особливостей рослин, технологічних прийомів їх вирощування та безпечно удосконалювати заходи, спрямовані на отримання максимально можливої урожайності рослинної сировини враховуючи ґрунтово-кліматичні умови зони вирощування.

**Мета досліджень** полягала в агроекологічному обґрунтуванні основних принципів росту й розвитку міскантусу гігантського, зокрема залежності від строків посадки і глибини садіння ризомів в умовах Лісостепу Західного.

*Предмет досліджень* – елементи технології вирощування: строки посадки, глибина садіння ризом міскантусу гігантського, економічні параметри вирощування культури.

**Методи дослідження.** У роботі використовували загальнонаукові та спеціальні методи. Із загальнонаукових використовували: гіпотезу, експеримент, спостереження та аналіз. Серед спеціальних використовували основні методи наукових досліджень в агрономії: лабораторний, польовий та статистичний.

Міскантус гігантський - *Miscanthus giganteus* є високоросла багаторічна трав'яниста рослина з добре розвинутою кореневою системою, яку використовують для виробництва енергії. Рід міскантусу (*Miscanthus Anderss*) належить до родини злакові (*Gramineae*) або тонконогові (*Poaceae*).

Назва походить від грецьких слів 'mischos' – ніжка та 'anthos' – квітка, і утворена способом поєднання цих компонентів [1]. Назва вперше зустрічається у працях Андерсона, зроблених у 1855 році [2], проте в літературі зустрічаються й інші назви, такі як: віяльник, слонова трава, китайська фея-трава, китайська срібна трава та інші [3]. У англійській літературі його заслужено називають elephant grass (слонова трава) [4].

На сьогоднішній день міскантус налічує близько 30–40 видів, які розділені на 3 секції [2]. Найбільш поширені – китайський *Sinensis*, цукроквітковий *Sacchariflorus*, пурпуровий *Purpurascens*.

Природними місцями походження рослин з родини *Miscanthus* є Японія, Манджурія, Корея, Таїланд, Полінезія і Східне узбережжя США. Міскантус — дикоросла рослина, яку вирощують для опалення на теренах майже всієї Південно-Східної Азії і Центральної частини США [5, 6].

*Ботанічна характеристика роду Miscanthus.* Міскантус (*Miscanthus*) – багаторічна куциста трав'яна рослина, що розмножується кореневищами, належить до родини злакових, з механізмом фотосинтезу  $C_4$ .

Агробіологічна характеристика гібриду міскантус гігантеус, що використовувався в дослідях. *Giganteus* є стерильним триплоїдним гібридом ( $3n=57$ ,  $X=19$ ), материнська форма *M. sinensis* Anderss. (диплоїдний вид) і *M. sacchariflorus* батьківська форма (тетраплоїдний вид). Схрещення між диплоїдною і тетраплоїдною продукцією – триплоїд, який не в змозі формувати життєздатне насіння. Хоча це схрещування відбувається природнім шляхом [7].

Рослини міскантусу гігантеусу можуть досягати до 4,0–5,0 м висоти. Темно-зелені листки 40...100 см завдовжки і до 2,5 см шириною.

Коренева система у міскантусу, як і у інших рослин родини злакових мичкувата. Коріння розвивається від кореневищ (видозмінених пагонів).

Від міжвузлів, що знаходяться у землі, утворюється додаткові корені, яке є основною кореневою системою. У більшості випадків воно з'являється на трьох-п'яти підземних вузлах стебла. Залежно від сорту і умов вирощування коріння проникає на глибину 100...150 см і більше, а в діаметрі досягає 3 мм.

У рослин міскантусу симподіальне розгалуження кореневища. При цьому типі розгалуження верхівка кореневища з'являється над поверхнею ґрунту і стає надземним пагоном. За формою кореневище міскантусу – це товсті без розеткові ортотропні вкорочені пагони, довжина яких у середньому становить 10...17 см, товщина їх 1...2 см [8].

Стебло у міскантусу, на відміну від інших злакових культур, частково або повністю заповнене білою м'якою серцевиною. Міжвузля біля основи стебла дуже короткі, а у верхній частині стебла досягають значної довжини за рахунок поділу інтеркалярної меристеми [9]. Залежно від сортових особливостей і умов вирощування висота стебла може змінюватись від 1,5...4,0 м у Європі та до 3,0...5,0 м у Китаї та Японії. Так як міскантус росте кущем, то в нього є головний пагін і другорядні, які ростуть із запізненням у розвитку.

Після появи сходів у рослин міскантусу один за одним починають розвиватися листки, яких на рослині формується до 16–20 шт. Вони лінійної форми із зазубленням вздовж країв. Довжина листка становить від 0,5 до 1,0 м, ширина – від 1,0 до 2,5 см.

### *Біологічні особливості росту і розвитку міскантусу*

Однією з головних особливостей міскантусу є здатність ефективно використовувати сприятливі умови для росту і розвитку. Крім того, на ріст і розвиток міскантусу значно впливають агротехнічні прийоми вирощування залежно від конкретних ґрунтово-кліматичних зон.

*Вимоги до тепла.* Міскантус гігантеус – холодно витривала і теплолюбна трава. Активний ріст відбувається за температури повітря 25 °С і більше. В умовах нашого клімату міскантус починає рости у квітні, коли температура ґрунту досягає 10...12°С, а закінчує – з настанням заморозків у листопаді [5].

*Вимоги до вологи.* Щорічна кількість опадів і ґрунтової води сильно впливатиме на врожайність біомаси міскантусу. В процесі вегетації міскантус гігантеус потребує близько 700 мм опадів. У періоди сильної засухи листки спочатку в'януть з скручуванням, а потім відмирають, що призводить до значних втрат біомаси [10, 11].

*Вимоги до ґрунтів.* Рослини міскантусу до якості ґрунту не надто вимогливі. Завдяки розгалуженій кореневій системі, рослини можна вирощувати на різних типах ґрунтів. Але оптимальні межі рН – 6,5...7,5. Крім того, рослини нормально почувають себе на засолених ґрунтах [12]. Погано приживаються на важких, кислих глинистих ґрунтах [13]. Планація може бути закладена на ґрунтах, які не придатні для інших сільськогосподарських культур. Як вважає професор В. Зінченко [5], ґрунти не повинні бути кислими, рН 6,5, особливо впродовж перших двох років вирощування, з рівнем ґрунтових вод нижче 1 м.

*Вимоги до світла.* Міскантус належить до світлолюбних культур. Для утворення оптимальної площі листової поверхні та нагромадження достатньої кількості органічної речовини, міскантус потребує інтенсивного сонячного освітлення в усі фази росту і особливо в початковий період вегетації. У затінених місцях розвиток рослин затримується, вони витягуються й жовтіють, значно знижується фотосинтез і кількість асимілянтів [14].

*Елементи технології вирощування міскантусу та їх роль у формуванні врожаю*

Міскантус – теплолюбна, вологолюбна культура довгого дня, реагує на зміну строку садіння та глибини загортання ризомів зміною морфології, фізіології росту та розвитку, величини врожаю. Визначення оптимального строку садіння рослин міскантусу до теперішнього часу є досить спірним питанням.

За даними російських вчених календарні строки садіння за роками можуть значно змінюватись залежно від стану ґрунту [15]. Тому основним критерієм вибору оптимальних строків садіння ризомів 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  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (як правило, у цю пору заморозків не буває), а період найбільшої активної вегетації – з переходами температури через  $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . У другій половині ХХ ст. початок, кінець і тривалість теплового і холодного періодів року в лісостеповій зоні змінився на 5 днів.

Більшість дослідників вважають, що оптимальні строки садіння ризомів міскантусу настають, коли температура ґрунту на глибині 5 см досягне  $10\text{...}12\text{ }^{\circ}\text{C}$  та повітря –  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , за фізичної стиглості ґрунту. Тобто, починаючи з середини квітня і до середини травня. Більш раннє садіння є ризикованим у зв'язку з можливістю весняних приморозків, а більш пізнє – посухи [16, 17, 18, 19].

Хоча існують протилежні літературні дані, згідно з якими оптимальний час садіння – з березня по квітень, і це пов'язано з використанням весняної вологи в ґрунті, що забезпечує кращий ріст і розвиток рослин. Це важливо, оскільки швидкий ріст і розвиток спричинює до більшого накопичення поживних речовин у кореневищах, а також дозволяє культурі краще переносити засуху і мороз [20].

Ще одним не менш важливим фактором, який впливає на процес появи сходів, росту і розвитку рослин міскантусу, є глибина загортання ризомів. Адже поява своєчасних і дружніх сходів, нормальний розвиток і перезимівля в



наступному році, формування високого врожаю в значній мірі залежать від глибини загорання ризомів. Встановлено, що за достатньої вологості ґрунту рослини краще всього розвиваються за мінімальної глибини загорання ризомів, але в зв'язку з тим, що під час садіння верхній шар ґрунту в більшості випадків недостатньо вологий, тому необхідно збільшувати глибину загорання [21].

Важливо вибрати оптимальну глибину загорання. Міскантус відрізняються від інших польових культур тим, що його садивний матеріал – ризоми (частини кореневищ) набагато більші від насіння за розмірами. А тому за його садіння треба розрізнити поняття «глибина садіння» і «глибина загорання» ризомів. Під глибиною садіння розуміють відстань від поверхні ґрунту до дна борозни, на яку розміщують ризоми. Глибина загорання – це товщина шару ґрунту над кореневищами. Ці два поняття дають можливість точніше й об'єктивніше охарактеризувати якість садіння і мають важливе агротехнічне значення.

Глибина загорання обґрунтовується біологією рослин і залежить від багатьох чинників. Найважливішими з них є: вологість ґрунту, кліматичні умови, біологічні особливості сорту, якість садивного матеріалу [22]. На суглинистих і супіщаних ґрунтах доцільно садити ризоми на глибину 6...8 см, на піщаних –10...12 см.

Проте дані літературних джерел про глибину загорання ризомів досить суперечливі. Більшість дослідників рекомендують загорати ризоми на глибину 8...10 см [22, 23]. У Великобританії загортають ризоми на глибину – 5...10 см у одноразових стаканчиках, що забезпечує дуже хороші сходи (95%), хоча вони збільшують час садіння [24].

Невеликі кореневища (менше 10 см), посаджені дуже глибоко, не завжди можуть подолати відстань, потрібну для проростання нових пагонів на поверхню ґрунту і вважають, що нормальною є глибина 4...6 см [25], хоча ряд інших вчених пропонує більшу глибину загорання 12...15 см тому що, глибиною загорання регулюється морозо- і зимостійкість. Глибоке загорання ризомів

сприяє дещо глибшому (на декілька міліметрів) залягання вузла кущення, а чим глибше розташований вузол кущення, тим менша ймовірність його вимерзання. Відомо, що у верхніх шарах ґрунту температура зимою підвищується приблизно на 3 °С на кожний сантиметр заглиблення. Проте надто глибоке загортання не сприяє перезимівлі, при цьому сходи з'являються ослабленими та із запізненням.

Ґрунтово-кліматичні умови більшості регіонів України є сприятливими для вирощування біоенергетичних культур [26] з високим рівнем накопичення енергії біомаси під час вегетації. Але до цього часу не вирішені проблеми визначення та економічного обґрунтування пріоритетних культур для отримання біопалива. Енергетичні рослини цінні великим урожаєм і невибагливістю до вирощування [27].

Переваги міскантусу полягають у тому, що він невибагливий до ґрунту, температури та вологи, удобрює сам себе, швидко дає врожай [28]. Його можна збирати на 2-3 рік. З цієї культури виробляють тверде біопаливо: пелети [29, 30], брикети, паливну тріску [31]. Гранулювання (пелети) – це процес переробки сировини шляхом пресування в шматки однакової форми та з однаковою масою-гранули [32]. Гранульоване біопаливо з біомаси зберігають у спеціальних бункерах, з яких транспортують безпосередньо до енергетичної установки. Увесь процес переміщення гранул можна здійснювати без застосування ручної праці [33].

В основному будуть використані малородючі землі або такі, на яких сільськогосподарські культури неможливо і нерентабельно вирощувати [34]. Вирощування на них біоенергетичних рослин, особливо багаторічних, сприятиме збереженню ґрунту від водної ерозії, зокрема, на землях із пересіченим рельєфом [35].

Таким чином, розширення площ під біоенергетичними культурами сприятиме забезпеченню біоенергетичних підприємств біомасою, а виконання планових досліджень в різних ґрунтово-кліматичних зонах дасть змогу сформулювати рекомендації щодо технологій їх вирощування.

# РОЗДІЛ 1

## ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ, МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1. Місце проведення досліджень та ґрунтово-кліматичні умови

Дослідження виконувались впродовж 2016–2018 років на дослідному полі Подільського державного аграрно-технічного університету, яке розташоване в південній частині Хмельницької області. За теплозабезпеченістю та ступенем зволоженості протягом вегетаційного періоду область відноситься до теплого агрокліматичного району.

Основним типом ґрунтів дослідного поля є чорнозем глибокий малогумусний на лесовидних суглинках, за складом – важкосуглинковий. Ґрунт дослідних ділянок характеризується високим потенціалом родючості, зокрема, вміст гумусу в орному шарі становить 3,86–4,11%.

*Фізичні властивості ґрунту мали наступні показники:*

- в шарі 0-30 см: об'ємна маса складає 1,20 г/см<sup>3</sup>, щільність твердої фази – 2,62 г/см<sup>3</sup>, загальна пористість – 48,0 %, частинок менших 0,01 мм – 63 %, вологість в'янення – 27 мм, найменша польова вологомісткість – 38 мм і повна – 71 мм;

- в шарі 0-100 см; об'ємна маса – 1,43 г/см<sup>3</sup>, щільність твердої фази – 2,67 г/см<sup>3</sup>, загальна пористість – 45,1 %, вологість в'янення – 101 мм, найменша польова вологомісткість – 172 мм і повна – 339 мм.

### 1.2. Схема, матеріал, методика досліджень

Дослідження виконувались із сортом Осінній зорецьвіт Міскантусу гігантського (Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України).

Розміщення варіантів в досліді – послідовне. Облікова площа ділянки – 50 м<sup>2</sup>. Дослід включав 2 фактори: фактор А – строки посадки: I строк (I-II декада квітня), II строк (II-III декада квітня) і III строк (I декада травня); фактор В – глибина загортання ризом: 6, 9 та 12 см.

Схема дослідю

Фактор А – Строки садіння	Фактор В – глибина загортання ризом
I строк, А <sub>1</sub>	6 см., В <sub>1</sub>
	9 см., В <sub>2</sub>
	12 см., В <sub>3</sub>
II строк, А <sub>2</sub>	6 см., В <sub>1</sub>
	9 см., В <sub>2</sub>
	12 см., В <sub>3</sub>
III строк, А <sub>3</sub>	6 см., В <sub>1</sub>
	9 см., В <sub>2</sub>
	12 см., В <sub>3</sub>

За період проведення дослідів виконували наступні аналізи, спостереження і обліки:

1. Облік приживленості ризом визначали при проростанні культури.
2. Динаміка появи сходів міскантусу визначалась шляхом підрахунку кількості схожих рослин
3. Фенологічні спостереження здійснювали у основні фази росту й розвитку рослин згідно з «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [36]. Відмічали основні фази росту й розвитку рослин. Початок фази фіксували, коли вона наступала в 10 % рослин і повну – у 75 % рослин.
4. Аналіз структури рослин проводили за пробними снопами і кореневищами, які відбирали перед збиранням з двох несуміжних повторень у двох місцях ділянки, за такими ознаками: висота рослини, кількість стебел, кількість листків, кількість ризом, маса ризом, вага біомаси з рослини.
5. Урожайність сухої листово-стеблової маси визначали суцільним методом [37].
6. Вихід твердого біопалива і енергії з отриманого твердого біопалива розраховували за формулами:

$$T = \frac{U \cdot c \cdot (100 + w)}{10000}$$

$T$  - вихід твердого біопалива, т/га

$U$  - урожайність біомаси стебел міскантусу, т/га

$c$  - суха речовина біомаси стебел, %

$w$  - вологість твердого біопалива, %

$$E_T = T \cdot e_T$$

$E_T$  - вихід енергії з твердого біопалива, ГДж/га

$e_T$  - енергоємність твердого біопалива, МДж/кг

7. Економічну ефективність елементів технології вирощування визначали після проведення виробничих дослідів і складання технологічних карт за цінами 2018 року.



### Виконання обліків і спостережень

Статистичну обробку результатів досліджень проводили за методами дисперсійного, варіаційного, кореляційного, регресійного, факторного аналізів з використанням спеціальних пакетів програм (Excel 2003, Statistica 6.0) із використанням методичних матеріалів Е.Р. Ермантраута, О.І. Присяжнюка, І.Л. Шевченка, В.О. Ушкаренка, О.В. Марченка, В.М. Шмідта та ін. [39].

## РОЗДІЛ 2

### ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА

#### 2.1. Тривалість міжфазних та вегетаційного періодів міскантусу залежно від строків садіння та глибини загортання ризомів

Рослинний організм поглинає воду і поживні речовини, акумулює енергію, здійснює численні реакції обміну речовин, у результаті чого він росте і розвивається. Процеси росту і розвитку тісно взаємопов'язані і залежать від окремих технологічних прийомів, в нашому випадку спостережень від строків і глибини посадки. Швидкий ріст може супроводжуватися повільним розвитком або швидкий розвиток повільним ростом. Критерієм темпів розвитку є перехід рослин з однієї фази розвитку до іншої. На процеси росту та розвитку рослин впливають численні як зовнішні так і внутрішні фактори. Спостереження за розвитком рослин необхідні для того, щоб краще вивчити їхні вимоги до умов життя і в зв'язку з цим вибрати строки і глибини загортання, за допомогою яких можна створювати найбільш сприятливі умови для одержання біомаси.

Для міскантусу гігантського характерні такі фенологічні фази розвитку: сходи, три листки, кущіння, вихід у трубку, викидання волоті, цвітіння, усихання листково-стебельної маси.



Фото 2.1. Фенологічні фази росту і розвитку міскантусу

З проведених спостережень рослин міскантусу за різними строками садіння ризом сходи з'являються на 25-30 день залежно від глибини посадки. Зазвичай, з ризому проростає один пагін потім він стає головним, рідше – два та більше. В цілому залежить від строків садіння, що пов'язано з погодними умовами періоду від поодиноких до повних сходів може тривати, як відмічено на третьому строку посадки за глибини посадки 12 см до 25 діб.

Таблиця 2.1

**Тривалість міжфазних та вегетаційного періодів міскантусу залежно від строків садіння та глибини загортання ризомів, діб (середнє за 2016-2018 рр.)**

Строки садіння	Глибина загортання	Садіння – поява сходів	Сходи – три листки	Три листки – кущіння	Кущіння – вихід у трубку	Вихід в трубку – викидання вологі	Викидання волоті-цвітіння	Цвітіння усихання надземної маси	Тривалі три вегетаційного періоду
I	6	28	4	28	9	30	59	28	186
	9	28	4	28	10	30	64	29	193
	12	30	4	27	11	31	44	30	177
II	6	27	5	28	10	28	48	28	174
	9	28	5	27	11	29	54	29	183
	12	29	4	28	10	29	40	29	169
III	6	25	5	28	11	27	42	26	164
	9	26	4	29	10	28	51	27	175
	12	25	4	25	11	28	43	23	159

Наступною фазою росту та розвитку є три листки, яка виявилася внаслідок спостережень згідно вивчених варіантів складає незначну кількість 4-5 діб. Наступною настає фаза інтенсивного пагоноутворення, яка може тривати до пізньої осені. Такий процес пагоноутворення безпосередньо пов'язаний з розвитком кореневища починаючи з кущіння, що в цілому становить у досліді 25-29 діб залежно як від строків садіння так і глибини загортання ризом. Вихід

в трубку характеризується появою вузлів на стеблі, що в цілому даліше буде впливати на біометричні показники міскантусу. За оціненими варіантами строків і глибини загортання в цілому це складало до 11 діб, що відносно вегетаційного періоду виявилось небагато. Дещо пізніше у вересні початку жовтня після виходу прапорцевого листка настає фаза викидання волоті, що складає в цілому за варіантами, найбільшу кількість діб (43-64). Такий період життєвого циклу рослини дає можливість сформувати достатньо листовий апарат рослини, а згодом і біомасу, як сировину. Після викидання волоті настає фаза цвітіння, що становить за варіантами досліджень 23 до 30 діб і менше в цілому діб від фази викидання волоті.

В осінній період вегетації рослини коли у ґрунтово-кліматичних умовах вирощування культури відбудеться перехід середньодобової температури повітря нижче 10 °С у них відбувається усихання листково-стебельної маси. Внаслідок такого явища у рослин призупиняються процеси росту та розвитку та починається усихання листків та стебел. В цей період відбувається дозрівання біомаси поживні речовини з листково-стебельної маси транспортуються до кореневища, де й нагромаджуються, що буде сприяти перезимівлі маточних кореневищ.

Проходження і перехід однієї фази до іншої становить в цілому тривалість вегетаційного періоду, що за спостереженнями відмічена різна кількість діб. Максимальним значенням вегетаційного періоду за варіантами проаналізовано перший строк, а саме за глибини садіння 9 см, дещо менше у 186 діб також відстежень перший строк за глибини садіння 6 см. Вегетаційний період другого строку в цілому порівняно з першим відмічений першою кількістю діб, а саме за глибини 9 см становив 183 доби тоді як цей самий строк за глибини садіння загортання 12 см всього тільки 169 діб. Така закономірність не забезпечує достатнє формування біомаси. Вегетаційний період у третього року відзначений ще меншою кількістю діб порівняно з першим і другим, але найбільшою кількістю діб 175 відмічений варіант за глибини садіння 9 см.



В результаті проаналізованого вегетаційного періоду за фазами росту і розвитку найвищою кількістю діб відмічений строк посадки у першу декаду квітня за глибини загортання на 9 см ризом.

## **2.2. Біометричні та структурні показники залежно від строків садіння та глибини загортання ризомів**

Усі вегетативні органи рослини закладаються у вигляді бруньок ризом. При проростанні першими з'являється корінець, який направляється вертикально в глиб ґрунту, а потім проросток рослини, що виходить на поверхню ґрунту. Деякий час проросток використовує поживні речовини ризоми, а після появи сходів молоді рослини переходять на власне кореневе живлення, формують листки і за рахунок фотосинтезу утворюють органічні речовини, необхідні для їх росту і розвитку (таблиця 2).

Таблиця 2.2

### **Біометричні та структурні показники рослин міскантусу з залежно від строків садіння та глибини загортання ризомів**

Строки садіння	Глибина загортання ризомів	Висота головного пагона, см	Кількість листків на головному пагоні, шт	Кількість стебел, шт	Діаметр стебла, мм	Кількість міжвузль на стеблі, шт.
I	6	242,5	13,1	9,4	11,4	7,2
	9	254,8	14,2	11,8	11,5	7,3
	12	239,6	14,8	11,5	11,3	7,1
II	6	246,4	13,0	8,8	11,2	6,4
	9	251,6	14,0	10,4	11,4	6,6
	12	241,3	14,5	9,4	11,1	6,2
III	6	241,6	12,3	7,9	10,8	6,0
	9	237,8	13,0	9,8	11,0	6,1
	12	229,3	13,3	9,0	10,7	5,9

Як свідчать отримані результати біометричних показників за варіантами досліджень відмічено спочатку висоту головного пагона, що складає 254,8 см найвищий прояв у першій строк посадки за глибини на 9 см. Другий строк посадки за даним значенням дещо менше спостерігається, що становить 251,6 см за глибини посадки на 9 см, тоді, як другий строк посадки за глибини як 6 і 12 см виявилися меншими. Ще меншою висотою головного пагона відмічений третій строк посадки, що становить за глибини загортання 9 см всього тільки 237,8 см, тоді як інші варіанти третього строку посадки за глибини, як 6 см – 241,6 см і 12 см – 229,3 см. Головний пагін характеризується високою механічною міцністю, є вмістилищем запасних поживних речовин. На пагоні утворюються листки і органи – суцвіття.

Слід відмітити, що взаємодія двох факторів строки садіння та глибина загортання, частка якої становила 4...22% залежно від року вегетації та 4,1% за трирічними даними, свідчить про значну варіацію весняних погодних умов зі зміною строків. Відносно низьким був вплив взаємодії двох факторів – роки та глибина загортання, частка якого становила 1,4%, що вказує на незначні зміни умов росту і розвитку рослин залежно від глибини загортання ризомів. Частка впливу інших факторів складала 12,3%.

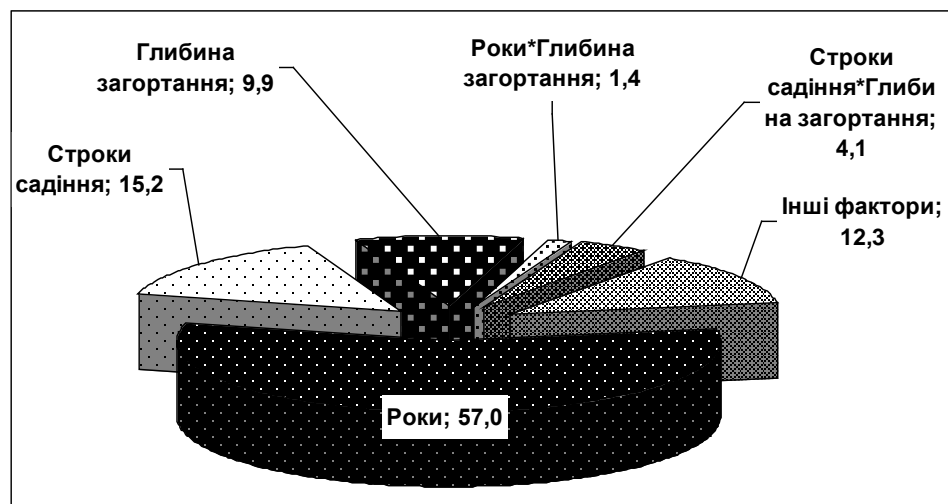


Рис. 2.1 Частка впливу досліджуваних факторів на висоту головного пагона рослин міскантусу залежно від строків садіння та глибини загортання ризомів (середнє за 2016–2018 рр.)

В цілому величина і сила куща залежить від кількості стебел у ньому. Ці показники зумовлені строком посадки глибиною загортання, а також якістю садивного матеріалу та розміром висаджених ризом. Утворення нових пагонів та характер їх розміщення визначає зовнішній вигляд рослини. В результаті оцінених показників за строками посадки найбільшою кількістю 11,8 шт стебел відмічений перший строк посадки за глибини загортання 9 см, дещо менше в 11,5 стебел проаналізований також перший строк за глибини загортання 12 см. Другий строк посадки за кількістю стебел відмічений порівняно з першим менше, що в цілому складає за глибини заортання 9 см всього тільки 10,4 шт, інші варіанти другого строку відмічені ще меншою кількістю стебел у 8,8 і 9,4 шт. Кількість стебел у третього строку відмічена найвищим проявом у варіанту за глибини загортання 9 см, тоді як у інших варіантів всього було 7,9 шт і 9,0 шт.

Листок один з основних органів рослини, що займає бокове місце на стеблі і виконує функції фотосинтезу, транспірації та газообміну. Кількість листків на головному пагоні дають можливість сформувати фотосинтезуючий апарат рослини, що сприяє нагромадженню біомаси. В результаті оцінених показників таблиці відмічено найбільшу кількість листків на пагоні за варіанту дослідження першого строку посадки за варіанту глибини загортання 9 см, що становить 14,2. Інші варіанти глибини загортання першого строку садіння, а також варіант другого строку садіння відмічені аналогічними значеннями кількості листків, що в цілому складають 14,0-14,5 шт. Кількість листків у третього строку посадки відмічена найменшою кількістю за всіх варіантів глибини загортання порівняно із першим строком і другим, що становить 12,3-13,3 шт.

Міцності стебла і формуванню урожайності у період фази розвитку усихання біомаси надає показник діаметра стебла, що є найбільшим 11,5 мм у першого строку за глибини садіння 9 см. Другий строк посадки за варіантів глибин посадки відмічено меншими, що може призвести до вилягання урожаю. Також міцність стебла може підтримуватися показником кількості міжвузлів,

що в цілому за дослідом варіантів спостережень відмічений також перший строк садіння, а особливо варіант глибини загорання 7,3.

Оскільки це багаторічна рослина, у якої трав'янисті стебла щорічно зрізують, а кореневище залишається у ґрунті і після певного періоду спокою відновлюється ріст і вегетація, даючи початок розвитку при садінні нових рослин. Міскантус здатний рости на одному місці досить тривалий час, але в умовах взимку під дією низьких температур кореневище пошкоджується особливо у перший рік перезимівлі.

Отже за проаналізованими біометричними показниками міскантусу гігантського за варіантами строків посадки і глибини посадки відмічений найвищим проявом значень, які в подальшому будуть формувати продуктивність біомаси перший строк загорання за глибини 9 см.

### **2.3. Урожайність біомаси міскантусу гігантського залежно від строків садіння та глибини загорання ризомів**

Основним показником міскантусу гігантського за господарсько-цінними ознаками в якості біомаси є урожайність. Однак урожайність рослин міскантусу залежить від строків посадки, що супроводжується витратою органічних речовин і глибини посадки ризоми, як посадкового матеріалу. Кінцевий урожай може залежати від росту відповідно строків посадки і пов'язано з перерозподілом асимілятів, на утворення і розвиток рослини.

За аналізом показників урожайності міскантусу гігантського за роки досліджень і відповідно варіантів відмічено, що максимальною урожайністю за строками відмічений перший строк садіння (17,3-19, т/га). Відповідно за критерієм глибини загорання максимальний прояв урожайності 19,3 т/га проаналізований варіант 9 см. Дещо менше за 12 см і 6 см. Меншою відповідно урожайністю відмічений строк посадки другий, за варіантами глибини загорання 9 см – 18,0 т/га, тоді як дещо менше 16,6 т/га відмічено також другий строк за глибини садіння 12 см і ще менше у даного строку садіння відмічено варіант 17,0 т/га за глибини садіння 6 см. Урожайність третього

строку посадки порівняно із попередніми проаналізованими відмічена меншим проявом показника, що свідчить значення варіанту за глибини посадки 9 см і становить 16,3 т/га, тоді коли урожайність третього строку посадки за варіанту глибини посадки 12 і 9 см складають майже однакову величину показника і становить 15,0 т/га. Це також обумовлено і кліматичними умовами і зменшеним вмістом вологи починаючи від посадки.

Урожайність за роками спостережень відмічена різними значеннями, про що свідчить сама багаторічна культура. Найменша урожайність за роками відмічена у 2016 році. В цілому за окремих умов урожайність першого року складала максимальне значення 16 т/га у варіанту першого строку посадки за глибини загорання 9 см.

Таблиця 2.3

**Урожайність міскантусу гігантського залежно від строків садіння та глибини загорання ризомів, т/га**

Строк садіння	Глибина загорання, см	2016 р.	2017 р.	2018 р.	Всього	Середня урожайність
I	6	15	19	21	55	18,3
	9	16	20	22	58	19,3
	12	14	18	20	52	17,3
II	6	13	18	20	51	17,0
	9	15	18	21	54	18,0
	12	13	17	20	50	16,6
III	6	12	16	18	46	15,3
	9	13	17	19	49	16,3
	12	12	16	17	45	15,0
НІР <sub>005А</sub>		0,81	0,48	0,65		
В		0,81	0,48	0,65		
АВ		0,47	0,28	0,37		

Децо менша урожайність у 14 і 15 т/га спостерігалась також на варіанті першого строку посадки за глибини загорання 12 см, і 6 см. Тоді як на

наступний рік 2017 урожайність першого року збільшена до 20 т/га на варіанті 9 см. Варіант першого строку глибини садіння 12 см дещо менше всього 18 т/га і 19 т/га за варіанту 6 см.

Урожайність другого строку посадки порівняно з першим виявилася дещо меншою. В цілому урожайність за варіантом 9 см і за роками виявилася найбільшою в порівнянні від глибини садіння 6 і 12 см, що становила у перший рік досліджень 15 т/га у 2017 році 18 т/га і 2018 році 21 т/га. Інші досліджувані варіанти другого строку посадки за глибини 12 см становили за роками 13 т/га, 17 т/га і 20 т/га.

Третій строк посадки за показником урожайності у порівнянні з попередніми строками садіння виявився найменшим. При цьому за даного строку варіант глибини загортання ризомів 9 см проаналізований найвищим значенням, що становить у перший рік 13 т/га у другий рік – 17 т/га і 19 т/га. Інші досліджувані варіанти глибини загортання ризомів відмічені меншою урожайністю, що свідчить у варіанту 6 і 12 см 2016 року – 12 т/га, аналогічний аналіз однакового показника у 2017 року і у 2018 році ці значення становили за варіанту 12 см – 17 т/га і у варіанту 6 см – 18 т/га

Таким чином урожайність міскантусу гігантського виявилася найбільшим проявом у першого строку посадки за варіанту загортання ризомів на 9 см. За роками відмічено зростання урожайності про що свідчать особливості багаторічної культури.

#### **2.4. Показники якості ризомів міскантусу гігантського залежно від строків садіння та глибини загортання ризомів**

Грунтово-кліматичні умови та агротехнічні умови сприяли інтенсивному наростанню як надземної маси, так і маси кореневища, що дозволило підвищити коефіцієнту розмноження ризомів у перший рік вегетації. У середньому за три роки досліджень на період закінчення вегетації рослин

приріст кореневища в залежності від строків садіння і глибини загортання ризомів був більшим у першого строку садіння порівняно з іншими строками.

Таблиця 2.4.

**Маса ризомів міскантусу гігантського залежно від строків садіння та глибини загортання, г (середнє за 2016-2018 рр. )**

Строки садіння	Глибина загортання	min	max	Кількість бруньок, шт.
I	6	703,7	1406,2	158,6
	9	776,4	1622,3	169,3
	12	728,1	1533,5	152,4
II	6	674,5	1329,4	153,8
	9	682,1	1542,3	165,4
	12	668,6	1432,5	150,8
III	6	585,6	1294,8	150,6
	9	594,4	1488,4	151,4
	12	572,8	1381,5	148,6

Маса одного кореневища виявилася найбільшим значенням 776,7 г. мінімального показника у варіанту I строку за глибини загортання 9 см. На цьому варіанті максимальний прояв складав при цьому садінні 1622,3 г. Перший строк садіння за глибини загортання маса одного кореневища виявилася дещо меншою порівняно з попередньо проаналізованим варіантом і становила максимальним 703,7 г і максимальним 1406,2 г. Кількість бруньок була також найвищою 169,3 шт у першого строку садіння за глибини загортання 9 см

Інші досліджувані варіанти за строками садіння маса одного кореневища як за мінімальним так і за максимальним значенням була від попередньо проаналізованого варіанту меншою, але найбільшою за глибини заортання ризом складала 682,1 г і 1542,3 г. Кількість бруньок становила всього у даного варіанту 165,4 шт. Інші варіанти даного строку за глибини загортання 6 см і 12 см виявилися дещо меншими.

В цілому по досліді найменшою масою кореневища відзначено третій строк у травні місяці. Найвищі показники маси кореневища при цьому спостерігаються за глибини загорання 9 см.

В період проведених спостережень і обліків відповідне збільшення наземної маси сприяло підвищенню наростання маси кореневища, а відповідно – й виходу садивного матеріалу – ризом. За аналізуванням встановлено, що вихід садивного матеріалу – великих та малих ризом залежав як від строку посадки так і від їх глибини загорання. Виявлено, що за першого строку посадки, а саме глибини загорання ризом відповідно до другого і третього строку посадки отримано більшу кількість ризом, порівняно з іншими варіантами.

Таблиця 2.5

**Вихід садивного матеріалу міскантусу на період закінчення вегетації  
залежно від строків садіння та глибини загорання садіння**

Варіант	Глибина посадки	Вихід ризом з кореневища, шт	
		великих 4-8 бруньок	малих 1-3 бруньки
I	6	31,6	42,1
	9	32,8	54,8
	12	29,3	43,6
II	6	30,2	41,0
	9	31,6	43,1
	12	29,0	40,8
III	6	28,7	39,8
	9	30,3	42,1
	12	27,3	39,6

У середньому за три роки за садіння в перший строк ризом отримано садивного матеріалу великих ризом 32,8 шт. Другі строки садіння виявилися за значенням кількості як великих ризом так і малих в меншій кількості.



### РОЗДІЛ 3

#### ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ

За ринкових умов ведення господарювання важливого значення набуває отримання високої прибутковості при оптимальних витратах на виробництво сільськогосподарської продукції. На основі ефективних технологічних заходів, які сприяють реалізації продуктивності біоенергетичних рослин, можна забезпечити більше виробництво продукції з розрахунку на одиницю земельної площі при найменших затратах та підвищити рівень прибутків і рентабельність у рослинництві.

У ході проведення розрахунків ми відокремили ефективність конкретних агрозаходів від цілого комплексу інших, оцінили продукцію з варіантів досліду, визначили витрати на цих варіантах та розрахували вихід твердого біопалива і енергії (табл. 3.1) та економічної ефективності. Суха речовина становила 62%.

Таблиця 3.1

**Урожайність міскантусу та вихід твердого біопалива і енергії залежно від строків садіння і глибини загорання ризомів, (середнє за 2016–2018 рр.)**

Строки садіння	Глибина загорання	Урожайність т/га	Вихід твердого біопалива, т/га	Вихід енергії, Гдж/га
I	6	18,3	12,48	199,68
	9	19,3	13,16	210,56
	12	17,3	11,79	188,64
II	6	17,0	11,59	185,44
	9	18,0	12,27	196,32
	12	16,6	11,32	181,12
III	6	15,3	10,43	166,88
	9	16,3	11,11	177,76
	12	15,0	10,23	163,68

Міскантус гігантський в умовах південної частини Лісостепу Західного не вирощується, тому реалізаційна ціна і попит на неї невеликі, порівняно з цінами в інших зонах України, чи країнах. Нами включено в розрахунки середню за 2016–2018 роки ціну - 922 гривні за тону (табл. 3.2).

Вартість валової продукції при урожайності 58 т/га становила 53476 грн/га, що забезпечило умовно-чистий прибуток на рівні 35020 грн/га і рівень рентабельності 189,7 %.

Таблиця 3.2

**Економічна ефективність вирощування міскантусу залежно від строків садіння і глибини загортання ризомів, (2016–2018 рр.)**

Строки садіння	Глибина загортання, см	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн./га	Витрати на вирощування, грн./га	Умовно-чистий прибуток, грн./га	Рівень рентабельності, %
I	6	55	50710	18456	32254	174,7
	9	58	53476	18456	35020	189,7
	12	52	47944	18456	29488	159,7
II	6	51	47022	18456	28566	154,8
	9	54	49788	18456	31332	169,7
	12	50	46100	18456	27644	149,8
III	6	46	42412	18456	23956	129,8
	9	49	45178	18456	26722	144,7
	12	45	41490	18456	23034	124,8

Найбільший вихід твердого біопалива 13,16 т/га відповідно і енергії 210 Гдж/га визначено на варіанті першого строку садіння за глибини загортання ризомів 9 см.

Рівень рентабельності вирощування міскантусу найвищий на варіанті садіння у перший строк за глибини загортання ризомів на 9 см, на цих варіантах становила 189,7 - 144,7%.

## ВИСНОВКИ

У роботі встановлено закономірності залежності умов росту, розвитку та формування продуктивності міскантусу на підвищення урожайності та виходу біопалива за рахунок впливу агротехнічних факторів: строків садіння і глибини загорання в умовах Лісостепу Західного, що дозволило зробити наступні висновки:

1. За садінням міскантусу в перший строк (I-II декада квітня) збільшується тривалість міжфазних періодів. У результаті чого збільшується тривалість вегетаційного періоду і становить 177 діб, тоді як за другого строку (I-II декада квітня) цей показник був меншим.

2. Біометричні показники рослин міскантусу за першого строку садіння проаналізовані найвищими – висота пагона 254,8 см, з кожним наступним строком садіння знижувалась на 3...5 см. Максимальна кількість листків на головному пагоні першого строку садіння 14,2 шт, кількість стебел у рослин 11,8 шт.

3. Максимальну урожайність біомаси міскантусу 58 т/га було отримано при садінні у перший строк на глибину загорання 9 см. У варіантах наступних строків посадки виявлено урожайність 49-51 т/га.

4. За показником маси ризомів міскантусу переважали варіанти першого строку садіння і глибини загорання 9 см відповідно і другий строк даної глибини, що становили максимальну масу 1622,3, 1542,3 грам.

5. Максимальний вихід посадкового матеріалу 32,8 шт відмічено у варіантах з глибиною загорання ризомів 9 см і першого строку посадки.

6. Вихід твердого біопалива і вихід енергії збільшуються завдяки садінню ризомів у ранні строки на глибину загорання 9 см і становили 11,79; 12,48 та 13,16 т/га і 199 та 210 ГДж.

7. Розрахунки економічної ефективності показали, що посадка міскантусу у ранні строки у першу декаду квітня глибини загорання ризомів 9 см виявилась найбільш ефективною 189,7%, рівень рентабельності на цих варіантах при другому строку посадки 169,7 і 144,7 %.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

Для забезпечення високої продуктивності рослин міскантусу як сировини для виробництва біопалива сільгосптоваровиробникам Лісостепу Західного рекомендується садіння міскантусу гігантського проводити перший строк у першу декаду квітня на глибину загортання ризомів 9 см.

### Список використаних джерел

1. Мискантус (MISCANTHUS) сем. Мятликовые [Електронний ресурс] / Энциклопедия декоративных садовых растений. - Режим доступу: <http://flower.onego.ru/zlak/miscanth.html>.
2. Цвелев Н. Н. Злаки СССР / Н. Н. Цвелев. Под. ред. Федоров А. А. - Ленинград : Наука, 1976. - 788 с.
3. Chinese Silvergrass- Miscanthus sinensis Anderss [Електронний ресурс] / Accessed - 2006. - 28 november. - режим доступу: [http://www.na.fs.fed.us/fhp/invasive\\_plants/weeds/chinese-silvergrass.pdf](http://www.na.fs.fed.us/fhp/invasive_plants/weeds/chinese-silvergrass.pdf).
4. 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., Горячковская Т. Н., Слынько Н. М., Колчанов Н. А., Пельтек С. Е. // Вестник ВОГиС. – 2010. – Том 14. № 1. – С. 122–126.
5. Зінченко В. О. Біогеліоенергія - наше енергетичне майбутнє / В. О. Зінченко, В. П. Кусайло // Пропозиція. – 2006. – №8. – С. 130–132.
6. McKervey Z. Miscanthus as an energy crop its potential for Nonthern Ireland / McKervey Z., Woods V. B., Easson D. L. - [publication NO. 8] – Hillsborough: AFBI Hillsborough, 2008. – 80 p.
7. Miscanthus for Biofuel Production [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.extension.org/pages/Miscanthus\\_for\\_Biofuel\\_Production](http://www.extension.org/pages/Miscanthus_for_Biofuel_Production).
8. Серебрякова Т. И. Морфогенез растений и эволюция жизненных форм злаков / Т. И. Серебрякова. - М. : Наука, 1971. – 360 с.
9. Григора І. М. Ботаніка / Григора І. М., Шабарова С. І., Алейніков І. М., навч. Посіб. Для аграрних університетів. - К. : Фітоцентр, 2000. - 196 с.
10. Planting and Growing Miscanthus [Електронний ресурс]. - 2007. - Режим доступу: <http://defra.gov.uk>.
11. Barry Caslin. Miscanthus best Practice Guidelines / Barry Caslin, Dr. John Finnan, Dr. Lindsay Easson. - 2011. – 50 p.

12. Plant Crops Bioenergy Research UK: [Електронний ресурс]. / University of Southampton and TSEC-Biosys consortium, 2006. - режим доступу: <http://www.tsec-biosys.ac.uk/index.php?p=8&t=1&ss=4>.
13. Barry Caslin. Miscanthus best Practice Guidelines / Barry Caslin, Dr. John Finnan, Dr. Lindsay Easson. - 2011. - 50 p.
14. Климчук О. В. Селекція та вирощування кукурудзи в умовах монокультури: Монографія / Климчук О. В. – Вінниця: ПП Балюк І. Б.; РВВ ВДАУ, 2009. - 216 с.
15. Агроклиматические особенности оптимальных сроков сева и проведения основных сельскохозяйственных работ в различных районах Карелии: Практ. рекомендации / Институт биологии. Карельская гидрометеорологическая обсерватория, отд-ние агрометеорологии. - Петрозаводск: КФ АН СССР, 1987. - 35 с.
16. Зінченко В. О. Міскантус – джерело енергетичної біомаси / В. О. Зінченко // Новини Агротехніки. - 2008. - №3(63). - С. 40-41.
17. Miscanthus sinensis Giganteus. Produktion, Inhaltsstoffe und Verwertung [Frühwirth P, Liebhard P, Graf A. und and.]. - Oberösterreich, 2005. - 65 s.
18. Райнерд Шперр. Энергетическое растение - Мискантус [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.energiepflanzen.at>.
19. Giganteus Miscanthus. Vermehrung [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.miscanthus-giganteus.at/index.htm>.
20. Planting and Growing Miscanthus [Електронний ресурс]. - 2007. - Режим доступу: <http://defra.gov.uk>.
21. Порадник з сталого виготовлення біомаси [Електронний ресурс]. / Федеральне відомство з сільського господарства та харчування (BLE) - 2010. – Режим доступу: [http://www.east-west-bioenergy.net/fileadmin/east-west-bioenergy/pdf/Kiev\\_Nachhaltigkeit\\_290410/2\\_Leitfaden-UKR.pdf](http://www.east-west-bioenergy.net/fileadmin/east-west-bioenergy/pdf/Kiev_Nachhaltigkeit_290410/2_Leitfaden-UKR.pdf).
22. Лихочвор В. Глибина для пшениці / В. Лихочвор // Агробізнес сьогодні. – 2011. - Червень, №11. - С. 33–35.

23. Miscanthus [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.ukagriculture.com/crops/miscanthus.cfm>.
24. Инна Борчук. Мискантус в поисках энергии. / Инна Борчук // Зерно - 2009 - №8(40) - С. 26--31.
25. 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.
26. Гайденко О.М. Аналіз технологій заготівлі рослинної біомаси як твердого біопалива. / О.М. Гайденко., І.Л.Шевченко . // Збірник наукових праць ІБКіЦБ. Випуск 17. -Том 2. -2013. -С.352.
27. Хіврич О.Б. Енергетичні рослини, як сировина для біопалива. / О.Б. Хіврич., В.Л.Курило., В.М. Квак.// Пропозиція -2011. - №6. - С.68.
28. Мироненко В.Г. Енергетична цінність рослинної сировини. / В.Г.Мироненко., І.В.Свистунова., Г.С.Захарків. // Збірник наукових праць ІБКіЦБ. Київ.- 2011. - Випуск 12 .- С.62.
29. Квак В. М. Вплив строків садіння та глибини загортання ризомів міскантусу на його польову схожість. / В.М. Квак., // Цукрові буряки. - 2012. -№6. -С.15.
30. Гументик М. Я. Урожайність біомаси міскантусу. /М.Я. Гументик ., В.М.Квак.,О.І. Замойський. // Біоенергетика. - Київ. -2013. -№2. -С.32.
31. Біопаливо. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://bio-energy.com.ua/index.php?catid=1:latestnews&id=326:miskantus&Itemid=1&option=com\\_content&view=article](http://bio-energy.com.ua/index.php?catid=1:latestnews&id=326:miskantus&Itemid=1&option=com_content&view=article)
32. ІСК Group о гранулированном биотопливе. // Аграрний тиждень. -2011.- №19.-С.15.
33. Арсеньєва Л. Ю. В Україні енергоресурс біомаси й досі використовують на ембріональному рівні. / Арсеньєва Л. Ю., Адамчук В. В., Власов В. І., Вовчук П. І.,Дзюба Р. І. // Зерно і хліб 2014. -№4. -С.84.

34. Коцар М.О. Вплив сольового стресу *in vitro* на розвиток пагонів міскантусу / М.О. Коцар // Збірник наукових праць ІБКіЦБ. Випуск 21. - Київ. - 2014. - С. 221.
35. Гізбулін Н. Г. Біоенергетика-новий напрям досліджень. / Гізбулін Н.Г. // Цукрові буряки.-2011.-№3.-С.6
36. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур / за ред. В.В. Волкодава. - К., 2001, - 69 с.
37. Мойсейченко В.Ф. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник / В. Мойсейченко, В. Єщенко. - К.: Вища школа., 1994. - 334 с.
38. Методичні рекомендації з технології вирощування і переробляння міскантусу гігантського / [В.Л. Курило, О.М. Ганженко, М.Я. Гументик, В.М. Квак, Я.Д. Фучило, О.Б. Хіврич, П.Ю. Зиков, Г.С. Гончарук, В.М. Смірних, А.М. Горобець, Ю.П. Дубовий, О.І. Замойський]. - Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, Київ, 2015. - 52 с.
39. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistika 6.0. Методичні вказівки / Е.Р. Ермантраут, О.І. Присяжнюк, І.Л. Шевченко - К. : 2007. - 56 с.