

# УРОЖАЙНІСТЬ БІОМАСИ МІСКАНТУСУ

ГУМЕНТИК М. Я., кандидат с.-г. наук,

КВАК В. М., н. с.,

ЗАМОЙСЬКИЙ О. І., аспірант

(Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України)

**Вступ.** Зміни клімату та його вплив на довкілля дають підстави для перегляду енергетичних стратегій багатьох країн світу та пошуку нових видів енергії. Менш ніж за три століття, з часів промислової революції, людство використало більше половини викопного палива, яке накопичувалося протягом сотень мільйонів років. Сучасні підходи до використання енергії з викопних видів палива швидко змінюються в бік використання відновлювальних джерел енергії. Зокрема, проходить активний пошук та використання високопродуктивних біоенергетичних культур з метою вирощування біомаси для виробництва твердих видів біопалива у вигляді паливних гранул.

У структурі відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) у світі більше 50% займає енергія, отримана з біомаси рослинного походження та 15 % всієї сукупної енергії, яка використовується.

Сучасний стан ВДЕ та використання біопалива в Україні знаходиться в стадії становлення й складає біля 1% від загального споживання енергоресурсів. Серед широкого кола проблем у новій галузі із законодавчо-нормативними актами, відсутністю узгоджених європейських стандартів на сировину, виробники біопалива стикаються з проблемою нестачі сировини для роботи підприємств протягом усього року. Для стабільного завантаження виробничих потужностей біопаливних заводів необхідна планова кількість органічної сировини, досконала логістика та її зберігання. Дану проблему можливо вирішити завдяки створенню власних енергетичних плантацій високопродуктивних культур швидкої ротації з високою врожайністю біомаси з підвищеним вмістом целюлози та лігніну. З поміж цілого ряду високопродуктивних культур перспективною сировиною для виробництва біопалива у вигляді паливних гранул є багаторічна злакова культура міскантус. Біологічні особливості міскантусу вдало поєднуються з цілою низкою цінних господарських характеристик – висока адаптивність, ефективне використання потенціалу території, висока продуктивність і низька собівартість біомаси.

Рослини міскантусу відносяться до енергетичних рослин групи C<sub>4</sub>, здатних інтенсивно акумулювати енергію сонця впродовж вегетаційного періоду, мають високу стійкість до хвороб і шкідників та позитивно впливають на навколошнє

середовище. За низької собівартості та малих ризиках вирощування, культура вимагає незначних вкладень, даючи високі врожаї біомаси за вирощування не лише на чорноземах, а також і на мало-продуктивних землях. Урожайність сухої біомаси міскантусу збільшується поступово з 2-4 т/га першого року до 15-12 т/га – другого і до 25-30 т/га – третього року вирощування.

Важливою агротехнічною ознакою даної культури є радикальний засіб боротьби з ерозією, сприяння покращенню екологічної ситуації та використання низькопродуктивних земель, що являється актуальним для західної частини Лісостепу України.

**Постановка проблеми.** У зв'язку зі збільшенням в Україні промислових площ міскантусу, виникає потреба у вивченні й впровадженні у виробництво ефективних технологічних операцій догляду за рослинами, встановленні науково-обґрунтованих параметрів і прийомів вирощування біомаси. Серед важливих факторів дослідження є ґрунтово-кліматичні

умови вирощування, глибина та густота садіння ризомів, їх вплив на формування структури врожаю, біологічні особливості та продуктивність. У зв'язку з цим дослідження спрямовано на вивчення основних факторів в умовах західного Лісостепу України.

**Методика дослідження.** Польові дослідження проводили загальноприйнятими науковими та спеціальними агрономічними методиками впродовж 2009–2012 рр. в Борщівському районі Тернопільської області. [4,5,6,7].

Схема досліду включає:

Дослід №1. Строки садіння та глибина садіння ризомів.

**Фактор А – строки садіння:** 1) I-II декада квітня; 2) II-III декада квітня; 3) I декада травня.

**Фактор Б – глибина загортання:** 1) 6 см; 2) 8 см; 3) 10 см; 4) 12 см.

Площа посівної ділянки – 190 м<sup>2</sup>, облікової – 98 м<sup>2</sup>, повторність – чотиризація. Дослід закладався реномізовано за методом розщеплених ділянок, розміщення повторень – у два яруси.



Рис 1. Біомаса міскантусу третього року вирощування в жовтні.

Таблиця 1.

Середні багаторічні значення температури повітря та кількості опадів за роки досліджень

Місяць	Середньомісячна температура повітря, °C					Сума опадів за місяць, мм				
	2009	2010	2011	2012	середнє багаторічне	2009	2010	2011	2012	середнє багаторічне
Січень	-3	-7,9	-2,3	-3,5	-5,5	34,5	9,4	23,7	15	33,0
Лютий	-1,3	-3,1	-3,9	-9,5	-4,2	26,4	89,7	25,6	40,1	31,0
Березень	1,7	2,1	2	3,3	0,7	34,8	16,4	15,4	14	40,0
Квітень	11,1	9,4	10,4	10,3	7,2	3,4	26,3	37,5	83	50,0
Травень	14,5	15,3	14,9	16	14,1	41	108,6	21,2	21,5	75,0
Червень	17,3	17,9	18,4	19,3	16,8	81,3	143,9	92,4	105,5	94,0
Липень	20,9	20,3	19,7	23	18,4	27,3	122,9	66	82,2	94,0
Серпень	19,7	21,1	19,3	19,1	18	49,9	42,1	63	77,5	80,0
Вересень	16	12,8	17,2	15,1	13,6	3,8	134,8	13,3	19	55,0
Жовтень	8,7	5,2	7,6	9,6	8,1	67,9	43,2	13,4	41,7	50,0
Листопад	5,3	7,2	3,1	4,2	1,6	32	24,8	2,6	23,2	43,0
Грудень	-1,6	-5	1,1	-5,4	-0,9	0	55,5	16,8	77,6	34,0
Сума за вказаний період						402,3	817,6	390,9	600,3	679

Грунт світло-сірий опідзолений, вміст рухомого фосфору (за методом Кірсанова) в шарі 0–30 см становить 9,5 мг на 100 г ґрунту, вміст обмінного калію (за методом Кірсанова) – 6 мг на 100 г ґрунту, вміст азоту (за Корнфілдом) – 28

мг на 100 г ґрунту, кислотність ґрунту (рН) – 6,0 [9].

Найбільше впливали на формування рівня врожайності біомаси в зоні західного Лісостепу кліматичні умови, особливо лімітуючим виявився фактор

вологи. Середні багаторічні значення температури повітря та кількості опадів за роки досліджень наведені в табл. 1.

За даними центру гідрометеорології, середньодобова температура повітря за роки досліджень булавищою на 2...4°C від середнього багаторічного значення.

Опади протягом вегетаційного періоду розподілялися нерівномірно. Особливо їх нестача спостерігалася у березні-квітні в 2009 та 2011 роках, у результаті чого період появи сходів подовжився і польова схожість міскантусу знизилася.

За період 2009 та 2011 років випала мала кількість опадів – на 250 та 111 мм, відповідно, менше від середнього багаторічного, що спричинило посушливі умови вирощування. Перша половина квітня виявилась холодною з незначною кількістю опадів, надалі температура підвищувалася із затяжною посухою до третьої декади травня.

У червні–липні опадів випало на 45 мм більше від середнього багаторічного значення, що сприяло достатній вологозабезпеченості ґрунту, інтенсивному росту та розвитку рослин міскантусу. Серпень–вересень були посушливими, що й позначилось на низькій урожайності.

Погодні умови 2010 року, порівняно з іншими роками, були найбільш сприятливі для росту й розвитку рослин міскантусу завдяки великій кількості опадів (у травні – 108,6 мм та у липні – 122,9 мм) упродовж періоду вегетації, порівняно з середніми багаторічними значеннями. У період квітня–вересня сума опадів становила 578,6 мм, що майже вдвічі більше від норми, проте їх розподіл по місяцях

Таблиця 2.  
Урожайність біомаси міскантусу залежно від строків та глибини садіння ризомів у 2009-2012 рр. у перший рік вегетації, т/га

Строки садіння (В)	Роки дослідження (А)				
	2009	2010	2011	2012	Середнє по строку
Глибина загортання - 6 см (С)					
I	2,2	3,7	1,8	3,2	2,7
II	2,1	3,1	1,5	2,5	2,3
III	1,7	2,8	1,3	2,1	2,0
Глибина загортання - 8 см (С)					
I	2,8	3,7	1,9	3,3	2,9
II	2,1	3,2	1,7	2,6	2,4
III	1,7	2,8	1,4	2,3	2,0
Глибина загортання - 10 см (С)					
I	2,9	3,9	2,2	3,6	3,2
II	2,2	3,5	1,9	2,6	2,5
III	1,8	2,9	1,4	2,4	2,1
Глибина загортання - 12 см (С)					
I	2,9	3,9	2,0	3,1	3,0
II	2,1	3,5	1,8	2,3	2,4
III	1,7	2,8	1,3	2,1	2,0
HIP <sub>05</sub>	0,4	0,4	0,3	0,3	



**Рис. 2.** Залежність урожайності біомаси від суми річних опадів.

був нерівномірний. Найбільш дощовим був період з другої декади травня до кінця липня та перша половина вересня.

Погодні умови 2012 року виявилися найбільш стабільними по відношенню до середніх багаторічних значень. Весна була теплою і дощовою, у результаті чого покращилася польова схожість рослин міскантусу. Протягом вегетаційного періоду кількість опадів була в межах середніх багаторічних значень з незначними коливаннями.

Узагальнюючи дані про основні ґрунтово-кліматичні умови в роки проведення досліджень, можна зробити висновок, що вони були сприятливими для вирощування міскантусу і типовими для зони Лісостепу як за середніми значеннями показників, так і за ступенем відхилення

від середніх багаторічних значень в окремі роки.

**Результати досліджень.** Суттєвий вплив на рівень урожайності біомаси міскантусу мали погодні умови, у зв'язку з цим урожайність по роках істотно коливалася.

Як показують результати досліджень (табл. 2), ранні строки (перший та другий) садіння сприяли збільшенню урожайності від 19...45% порівняно із третім строком садіння. Тому вони є важливим фактором у збільшенні урожайності.

Так, за першого строку садіння, урожайність біомаси у перший рік вегетації становила 2,9 т/га, а за другого та третього строків – відповідно, 2,4 та 2,1 т/га. Це пояснюється зниженням польової схожості на 16...18% порівняно з першим

строком садіння ризомів міскантусу [1].

За чотири роки досліджень погодні умови були неоднаковими, тому по-різному впливали на формування біомаси. Внаслідок недостатньої кількості опадів у 2009 та 2011 роках та високих температур, рівень урожайності біомаси зменшився приблизно на половину, порівняно зі сприятливими 2010 та 2012 роках.

Залежно від строку садіння ризомів, урожайність біомаси за роки досліджень коливалася в межах: перший строк – від 1,8 до 3,9 т/га; другий строк від – 1,5 до 3,5 т/га; третій строк від – 1,3 до 2,9 т/га.

Слід відмітити, що урожайність біомаси міскантусу збільшується із збільшенням глибини садіння ризомів. Так, за глибини садіння 6 см, урожайність біомаси становила 2,3 т/га, а за глибини садіння 10 см – 2,6 т/га. Збільшення глибини садіння до 12 см привело до незначного (в межах НІР<sub>05</sub>) зниження урожайності – 2,5 т/га.

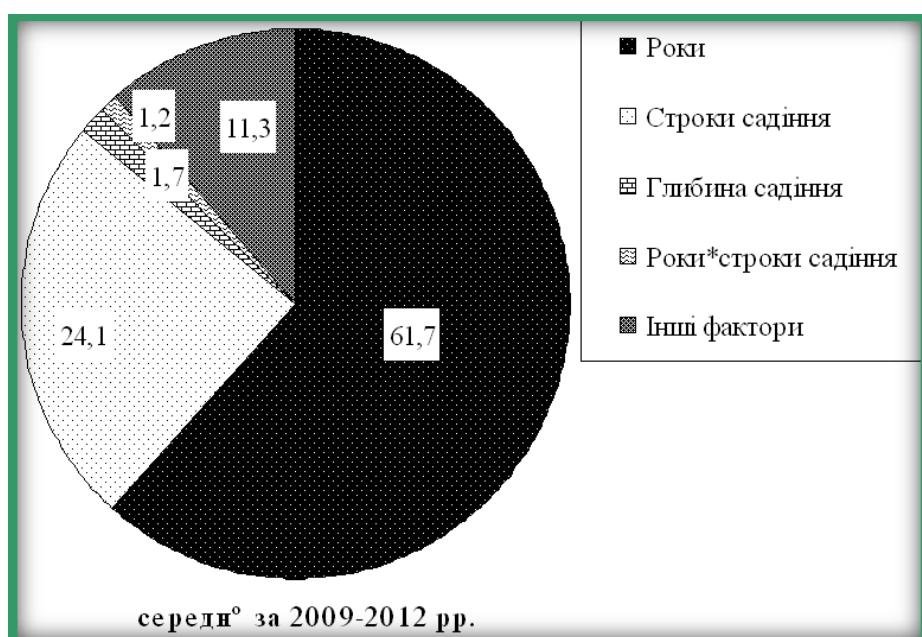
Важливим фактором є те, що між сумою річних опадів та урожайністю біомаси міскантусу є значний кореляційний зв'язок із коефіцієнтом детермінації  $R^2=0,892$ . Залежність в межах досліджуваних величин має лінійний характер та описується рівнянням регресії:  $y=0,0048*x$  (рис. 2).

За результатами дисперсійного аналізу (рис. 3) встановлено, що визначальним, на продуктивність міскантусу першого року вегетації, є вплив фактору строків садіння ризомів – 24,1%. Це пов'язано із значними запасами вологи у ґрунті та зі збільшенням вегетаційного періоду. Дещо менше впливає глибина садіння ризомів – 1,7%. Це є наслідком збільшення вологості ґрунту. Значний вплив фактору року, що становив 61,7%, який пов'язаний із погодними умовами. Взаємодія факторів: роки\*строки – 1,2%. Інші фактори – 11,3% [2].

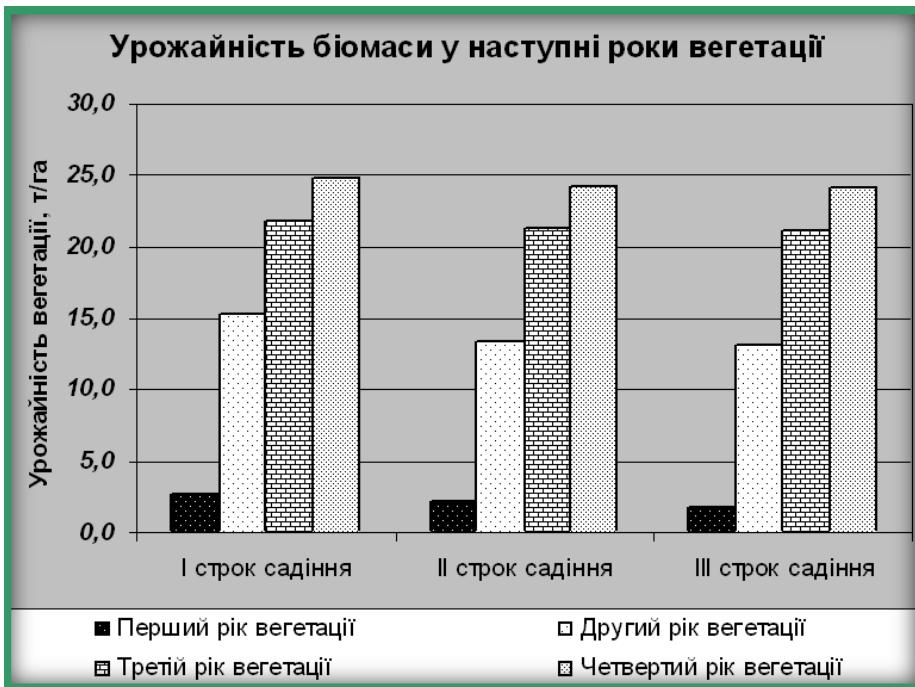
Урожайність міскантусу збільшується завдяки садінню ризомів у ранні строки та із збільшенням глибини їх загортання. Найбільш оптимальною глибиною садіння є 8...10 см.

Слід відмітити, що вплив досліджуваних факторів на урожайність біомаси спостерігається тільки у перший рік вегетації, але тенденція зберігалася за рахунок різниці густоти стояння рослин (враженої через польову схожість, виживання у період несприятливих умов вегетації, тощо).

Тому, для отримання високого урожаю біомаси у другий і наступні роки вегетації необхідно дотримуватись агротехнічних вимог у перший рік вирощування. В наступні роки вплив строків та глибини садіння був надто малим або взагалі відсутнім. Рослини міскантусу знаходилися практично в однакових умовах (різницю складали тільки кущі, які у пер-



**Рис. 3.** Частка впливу факторів на урожайність міскантусу



**Рис. 4.** Урожайність біомаси міскантусу залежно від строків і глибини садіння ризомів у різні роки вегетації рослин

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Квак В. М. Вплив строків садіння та глибини загортання ризомів міскантусу на його польову схожість / В. М. Квак // Цукрові буряки. – 2012. – №6. – С. 15–17.
2. Гументик М. Я. Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу в умовах західного Лісостепу України / М. Я. Гументик, В. М. Квак; [Зб. наук. праць Вінницького національного аграрного університету / Ред.. Калетнік Г. М.]. – [вип. 1(57), Серія: Сільськогосподарські науки]. – Вінниця, 2012. – С. 168–173.
3. Гументик М. Я. Схожість міскантусу залежно від варіювання глибини садіння ризомів / М. Я. Гументик; [Зб. наук. праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків / Ред.. Роїк М. В.]. – [вип. 12.]. – Київ, 2011. – С. 55–61.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта : [учебн. Для студ. агроном. спец. с.-х. вузов] / Б. А. Доспехов. – 3-е изд. – М. : Колос, 1973. – 336 с.
5. Основы научных исследований в агрономии / [В. Ф. Моисейченко, М. Ф. Трифонова, А. Х. Заверюха, В. Е. Ещенко.]. – М. : Колос, 1996. – 336 с.
6. Ермантраут Е.Р. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica-6 / Е.Р. Ермантраут, О.І. Присяжнюк, І.Л. Шевченко // Методичні вказівки. – Київ, 2007. – 55 с.
7. Сборник методов исследования почв и растений / [В. П. Ковалчук, Васильев, Л. В. Бойко, В. Д. Зосимов] – К.: Труд–ГриПол–XXI вік, 2010 – 252 с.
8. Venturi, P., W. Huisman, and J. Molenaar. 1998. Mechanization and costs of primary production chains for Miscanthus x giganteus in the Netherlands. Journal of Agricultural Engineering Research 69: 209–215.
9. Дроздовський. Й. П. Природа Борщівського району / Дроздовський Йосип Петрович. – Тернопіль: Джура, 1999. – 104

#### АНОТАЦІЯ

Наведено результати досліджень урожайності біомаси міскантусу залежно від кліматичних умов, строків і глибини висадки ризомів. Установлено, що на величину врожаю біомаси міскантусу впливають строки посадки й погодні умови під час вирощування.

#### АННОТАЦІЯ

Приведены результаты исследований урожайности биомассы мискантуса относительно климатических условий, сроков и глубины по-

садки ризомов в западной Лесостепи Украины. Установлено, что на величину урожая биомассы мискантуса влияют сроки посадки и погодные условия выращивания.

#### ANNOTATION

The results of years of research to study the timing and depth of planting miscanthus rhizomes depending on climatic growing conditions in western steppes of Ukraine. It was determined that of the crop biomass miscanthus biggest influence planting dates and weather growing conditions.

### ДЕКЛАРАЦІЯ СТРАТЕГІЧНОГО РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ, ЯКУ ПІДТРИМАВ МИХАЙЛО ГОРБАЧОВ?

У першій декаді листопада ц.р., як повідомляє прес-служба Міністерства енергетики та вугільної промисловості, за участі міністра енергетики та вугільної промисловості України Едуарда Ставицького відбулася конференція на тему: «Стратегія розвитку «зеленої» енергетики в Україні – запорука сталого розвитку».

У рамках конференції Міненерговуглелпром і неурядова, некомерційна екологічна організація «Между-

народный Зеленый Крест» / Green Cross International, заснована останнім генсеком ЦК КПРС Михайлом Горбачовим в 1992 р., вирішили створити експертну комісію зі справ альтернативної енергетики. Відповідна домовленість зафіксована в Київській декларації підтримки стратегічного розвитку альтернативної енергетики в Україні, підписаній міністром енергетики та вугільної промисловості України Едуардом Ставицьким і президент-

#### БІОНОВИНИ

том Green Cross International др. Яном Кульчиком.

«Україна має унікальний потенціал «зеленої» енергії, який повинен стати імпульсом для економічного розвитку і важливою статтею експорту», - зазначив Ян Кульчик. Він також підкреслив: «Енергія не знає кордонів, тож давайте навчимося робити бізнес, який покращить якість нашого життя! Це є нашим зобов'язанням перед майбутніми поколіннями».

Кор. журналу  
«БІОЕНЕРГЕТИКА/ BIOENERGY»

ший рік накопичили більшу масу кореневищ).

Відростання основного пагону на весні починалося в один період, незалежно від строків та глибини садіння у передньому році.

Отже, врожайність біомаси (рис. 4) на усіх варіантах коливалася в межах від 13,1 до 15,2 т/га у рослин після другого року вегетації, 21,1...21,8 т/га – після третього та 24,1...24,8 т/га – після четвертого.

**Висновки.** 1. Між сумою річних опадів та врожайністю біомаси міскантусу існує тісний кореляційний зв'язок з коефіцієнтом детермінації  $R^2=0,892$ , що описується рівнянням регресії:  $y=0,0048*x$ .

2. Урожайність біомаси міскантусу збільшується завдяки садінню ризомів у ранні строки за оптимальної глибини садіння 8...10 см.

3. Вплив факторів строків та глибини садіння ризомів на врожайність біомаси міскантусу спостерігається лише у перший рік вегетації, але тенденція дещо зберігається за рахунок різниці густоти стояння рослин (визначається польовою схожістю та перезимівлею).