УДК 633.282:631.559
© 2015

**М.Я. ГУМЕНТИК,**
**В.М. КВАК,**
*кандидати сільськогосподарських наук,*

**О.І. ЗАМОЙСЬКИЙ,**
**Є.В. МОРОЗОВА,**
*наукові співробітники*

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України*
*E-mail: hmy@ukr.net*
*м. Київ, вул. Клінічна, 25*

# ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ МЕХАНІЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ БІОМАСИ МІСКАНТУСУ

***Наведено результати досліджень впливу елементів технології вирощування біомаси міскантусу для виробництва твердого біопалива. Встановлено і обґрунтовано оптимальні строки садіння, масу ризомів, глибину загортання та густоту садіння в умовах Західного Лісостепу України. Відпрацьовано прийоми та елементи механізованої технології вирошування міскантусу.***

***Ключові слова:*** *міскантус, строки садіння, глибина садіння, маса ризомів, густота стояння, біомаса.*

У структурі відновлювальних джерел енергії у світі понад 50 % займає енергія, отримана з біомаси рослинного походження, яка використовується для біопалива. Сучасний стан виробництва та використання біопалива в Україні знаходиться в початковій стадії і становить близько 2 % від загального споживання енергоресурсів. Серед багатьох неузгоджених проблем у даній галузі із законодавчо-нормативними актами, відсутністю стандартів на сировину виробники біопалива стикаються з проблемою недостачі сировини для роботи протягом усього року. Для стабільного завантаження виробничих потужностей біопаливних заводів необхідна планова кількість органічної сировини та відповідна логістика. Дану проблему можливо вирішити завдяки створенню власних енергетичних плантацій високопродуктивних культур швидкої ротації і з високою врожайністю біомаси і з підвищеним умістом целюлози та лігніну.

З-поміж цілого ряду високопродуктивних культур перспективною 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. Важливою агротехнічною ознакою даної культури є радикальний засіб боротьби з ерозією. Міскантус сприяє покращенню екологічної ситуації та використанню низькопродуктивних земель, що становить злободенну проблему для західної частини Лісостепу України.

Рослини міскантусу відносяться до енергетичних рослин групи $C_4$ , здатних інтенсивно акумулювати енергію сонця впродовж вегетаційного періоду, мають високу стійкість до хвороб і шкідників та позитивно впливають на навколишнє середовище. За низької собівартості і малих ризиків вирощування культура вимагає незначних вкладень, даючи високі врожаї біомаси не лише на чорноземах, а і на малопродук-

тивних 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. Структура біомаси має типові складові для біопаливної сировини: близько 50 % целюлози, 30 % лігніну. Порівняно зі соломою зернових культур суха біомаса міскантусу має невисокий вміст золи – до 2–4 %, низький вміст калію і натрію в поєднанні з підвищеним вмістом кальцію і магнію, що сприяє високій температурі згоряння і зменшує імовірність шлакування при спалюванні в твердопаливних котлах.

Зі збільшенням в Україні промислових площ міскантусу виникає потреба у вивченні та впровадженні у виробництво ефективних технологічних операцій догляду за рослинами, встановленні науково обґрунтованих параметрів і прийомів вирощування біомаси. **Мета досліджень** полягала в удосконаленні основних прийомів та елементів механізованої технології вирощування міскантусу в умовах західного Лісостепу України. Серед важливих факторів дослідження були строки, маса ризомів, глибина та густота садіння, їх вплив на формування структури врожаю, біологічні особливості і продуктивність.

**Методика досліджень.** Польові роботи проводили за загальноприйнятими науковими та спеціальними агрономічними методиками впродовж 2009–2013 рр. в Борщівському районі Тернопільської області.

Схема досліду включала два досліди.

Дослід № 1. Строки і 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.

Дослід № 2. Густота садіння та маса ризомів: *фактор А* – густота садіння, рослин/га (см): 25 тис. (70×55); 20 тис. (70×70); 15 тис. (70×105); 10 тис. (70×140); *фактор Б* – маса ризомів, г: 20–30; 30–60; 60–90; 90–120.

Площа посівної ділянки 190 м$^2$, облікової – 98 м$^2$, повторність – чотириразова. Дослід закладено рендомізовано за методом розщеплених ділянок, розміщення повторень – у два яруси.

Ґрунт світло-сірий опідзолений. За методом Кірсанова вміст рухомого фосфору у шарі ґрунту 0–30 см становить 9,5 мг/100 г ґрунту, вміст обмінного калію – 6 мг/100 г ґрунту, вміст азоту становить 28 мг/100 г ґрунту, кислотність ґрунту – 6,0.

Клімат району помірно континентальний з незначними амплітудами коливань температур, характеризується короткою м'якою зимою, теплим вологим літом і достатньою кількістю опадів. За період досліджень середньодобова температура повітря була вищою на 2–4 °С від середнього багаторічного значення.

Борщівський район розміщений у межах кліматичної зони помірних широт. За 2009 та 2012 роки випала мала кількість опадів – на 250 та 111 мм відповідно менше від середнього багаторічного, що спричинило посушливі умови вирощування. Особливо їх нестача спостерігалася впродовж березня–квітня у всі роки досліджень. Проте 2010 та 2013 роки відзначалися як дощові, особливо велика кількість опадів зареєстрована в травні – 108,6 мм та липні – 143,9 мм, що мало позитивний вплив на сходи, ріст і розвиток міскантусу, адже він належить до вологолюбних рослин. У загальному погодні умови були сприятливими для вирощування міскантусу.

Протягом періоду вегетації міскантусу щорічно проводили фенологічні, біометричні обліки та спостереження.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Ранні строки (перший та другий) садіння сприяли збільшенню врожайності на 19–45 % порівняно з третім (рис. 1). Тому вони є важливим фактором у збільшенні врожайності. Так, за першого строку садіння врожайність біомаси у перший рік вегетації в середньому становила 2,9 т/га, а за другого та третього – відповідно 2,4 та 2,1 т/га. Це пояснюється зниженням польової схожості на 16–18 % порівняно з першим строком садіння ризомів міскантусу [1, 2].

Зазначимо, що врожайність біомаси міскантусу збільшується із збільшенням глибини садіння ризомів. Так, за глибини садіння 6 см урожайність біомаси в середньому становила 2,3 т/га, а за глибини 10 см – 2,6 т/га. Збільшення глибини садіння до 12 см сприяє

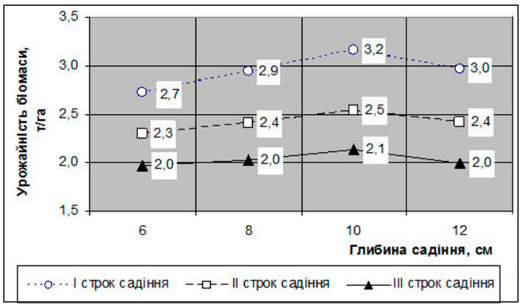


***Рис. 1. Урожайність біомаси міскантусу залежно від строків та глибини садіння ризомів у 2009–2013 рр. у перший рік вегетації***

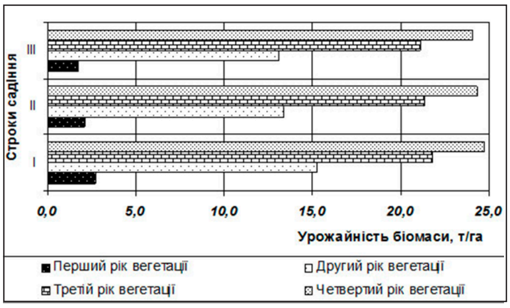


***Рис. 2. Урожайність біомаси міскантусу залежно від строків і глибини садіння ризомів***

незначному (в межах $НІР_{05}$) зниженню врожайності – 2,5 т/га. Підкреслимо, що вплив досліджуваних факторів на врожайність біомаси спостерігається тільки в перший рік вегетації, але тенденція зберігається за рахунок різниці густоти стояння рослин, вираженої через польову схожість, виживання в період несприятливих умов вегетації тощо.

Для отримання високих врожаїв біомаси міскантусу в другий і наступні роки вегетації необхідно дотримуватися необхідних агротехнічних вимог у перший рік вирощування. У подальші роки вплив строків та глибини садіння є надто малим або взагалі відсутнім.

Відростання основного пагону навесні починається в один період незалежно від строків та глибини садіння у попередньому році.

Отже, урожайність біомаси (рис. 2) на всіх варіантах досліджень коливалася в межах 13,1–15,2 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.

За роки досліджень погодні умови були неоднаковими, тому по-різному впливали на формування біомаси. Як показують результати дисперсійного аналізу, визначальним на продуктивність міскантусу першого року вегетації був вплив фактора строків садіння ризомів – 24,1 %. Це пов'язано із великими запасами вологи у ґрунті та зі збільшенням вегетаційного періоду. Дещо менше впливала глибина садіння ризомів – 1,7 %, що є наслідком підвищеної вологості ґрунту. Значно впливав фактор року, який пов'язаний із погодними умовами (61,7 %). Взаємодія факторів: роки × строки – 1,2 %. Інші фактори – 11,3 % [3].

Додамо, що між сумою річних опадів та врожайністю біомаси міскантусу існує тісний кореляційний зв'язок з коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,892$. Залежність в межах досліджуваних величин має лінійний характер та описується рівнянням регресії: $y = 0,0048 \cdot x$.

До інших, не менш важливих елементів механізованої технології вирощування міскантусу можна віднести масу ризомів та їх густоту садіння [4,5]. Як підтверджують дані досліджень, урожайність сухої біомаси однієї рослини збільшується із зменшенням густоти стояння. Такий факт можна обґрунтувати збільшенням площі живлення, покращенням умов освітлення і зниженням конкуренції між рослинами [6].

Якщо розглядати врожайність біомаси міскантусу з одиниці площі в цілому, то вона буде збільшуватися зі збільшенням густоти стояння рослин.

Наприклад, за густоти стояння рослин 10 тис. шт./га урожайність біомаси в перший рік вегетації в середньому становила 2,0 т/га, а за густоти стояння 25 тис. – 3,6 т/га. Така сама тенденція зберігалася в другий, третій та наступні роки вегетації (рис. 3).

Досліди доводять, що за густоти стояння рослин 10 тис. шт./га збір біомаси з 1 га в середньому становив 12,3; 20,7 та 22,8 т/га, а за густоти стояння 25 тис. шт./га – 19,3; 29,4 та



52

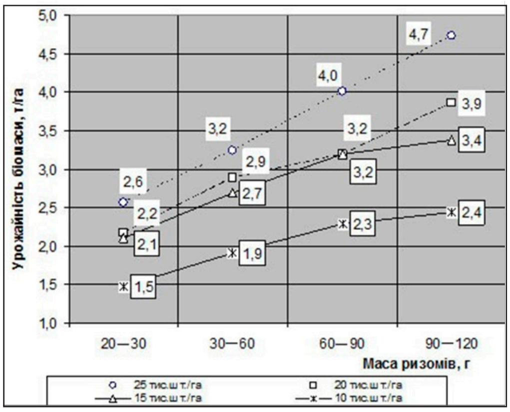


***Рис. 3. Урожайність біомаси міскантусу першого року вегетації залежно від маси ризомів та їх густоти садіння, 2009–2013 рр.***

16,8 т/га відповідно у другий, третій та четвертий роки (рис. 4).

Зауважимо, що з кожним наступним роком різниця між варіантами зменшується. Так, у перший рік вирощування різниця між варіантами знаходилася в межах 38–46 %, у другий, третій та четвертий роки знижувалася відповідно до 30–36; 24–34 та 17–23 %.

Ще одним дуже важливим фактором, який діє на врожайність міскантусу, є маса ризомів, збільшення якої примножує масу рослин. Наприклад, за маси ризомів 20–30 г урожайність біомаси становила 2,2; 12,3; 20,1 та 23,8 т/га, а за маси 90–120 г – 4,2; 19,5; 20,3 та 34,0 т/га відповідно в перший–четвертий роки вегетації (рис. 5).

Підвищення врожайності біомаси міскантусу зумовлене збільшеною масою ризомів, які утворюють під час проростання більше пагонів. Коли ризоми переходять на власне кореневе живлення і фотосинтез, такі рослини краще поглинають сонячну радіацію, вологу та елементи живлення з ґрунту, що й обумовлює підвищення продуктивності; рослини з ризоми малої маси утворюють малостеблові кущі з недостатньою вегетативною масою і витрачають енергію на утворення нових пагонів з молодих ризомів, щоб збільшити фотосинтезуючу поверхню.

Оскільки міскантус належить до багаторічних рослин, однорічні плантації цієї культури малопродуктивні для біомаси, але можуть використовуватись як розсадний матеріал [7]. У такому разі рослини активно нарощують потужну кореневу систему (кореневища), яка дозволить їм успішно перезимувати, а в наступні роки сформувати потужну надземну біомасу з доростанням кореневищ [8]. У перший рік вегетації маса кореневищ перевищує листково-стеблову масу в 1,8 раза. Так, за маси ризомів 20–30 г на кінець вегетаційного періоду маса кореневища становила 471 г, а за маси ризомів 90–120 г – 664 г.

Звернемо увагу на те, що маса кореневищ міскантусу зменшується зі збільшенням загальної густоти стояння рослин до найменших значень: за максимальної густоти в досліді 25 тис. шт./га – становить 471 г, а за густоти садіння 10 тис. сягає значення 637 г.

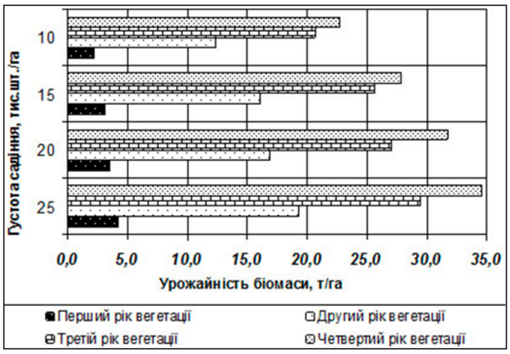


***Рис. 4. Урожайність біомаси міскантусу залежно від густоти садіння у різні роки вегетації рослин***

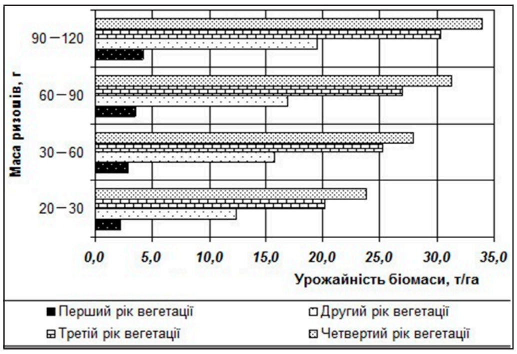


***Рис. 5. Урожайність біомаси міскантусу залежно від маси ризомів у різні роки вегетації рослин***

## Висновки

*1. Урожайність біомаси міскантусу збільшується завдяки садінню ризомів у ранні строки з оптимальною глибиною садіння 8–10 см.*

*2. Вплив факторів строків та глибини садіння на врожайність біомаси спостерігається лише в перший рік вегетації, у подальшому тенденція зберігається за рахунок різниці густоти стояння рослин (визначається польовою схожістю та перезимівлею).*

*3. Збільшення маси ризомів та їх густота садіння сприяє підвищенню врожайності біомаси. Оптимальною густотою стояння є 15–16 тис. шт./га і маса ризомів 30–50 г.*

## Бібліографія

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.* Схожість міскантусу залежно від варіювання глибини садіння ризомів / *М.Я. Гументик* // Зб. наук. праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – К., 2011. – Вип. 12. – С. 55–61.

3. *Гументик М.Я.* Оптимізація елементів технології вирощування міскантусу в умовах західного Лісостепу України / *М.Я. Гументик, В.М. Квак* // Зб. наук. праць Вінницького національного аграрного університету. – Вінниця, 2012. – Вип. 1(57). – С. 168–173. – (Серія: Сільськогосподарські науки).

4. *McKervey Z.* Miscanthus as an Energy Crop and Its Potential for Northern Ireland. A Review of Current Knowledge: Global Research Unit AFBI Hillsborough / *Z. McKervey, V.B. Woods, D.L. Easson.* – Hillsborough: Northern Ireland, Occasional publication, May 2008. – № 8. – 80 p.

5. Plant Crops Bioenergy Research UK: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.tsec-biosys.ac.uk/index.php?p=8&t=1&ss=4

6. *Newman R.* Miscanthus Practical Aspects of Biofuel Development / *R. Newman.* – United Kingdom: Department of Trade and Industry, 2003. – 79 p.

7. Agronomic Aspects of Future Energy Crops in Europe / *Zegada-Lizarazu W., Elbersen H.W., Salvatore L. Cosentino, Zatta A., Alexopoulou E., Monti A.* // Society of Chemical Industry and John Wiley & Sons, Ltd. – Biofuels, Bioprod., Bioref. – 2010. – № 4. – P. 674–691.

8. Energy Balances and Greenhouse Gas Mitigation Potentials of Bioenergy Cropping Systems (Miscanthus, Rapeseed, and Maize) based on Farming Conditions in Western Germany / *Felten D., Fröba N., Fries J., Emmerling C.* – Germany: Renewable Energy, 2013. – № 55. – P. 160–174.

***Рецензент*** – доктор сільськогосподарських наук, професор ***Я.Д. Фучило***