

УДК 633.9

© 2021

ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДИХ ВИДІВ ПАЛИВА НА СХИЛОВИХ УГІДДЯХ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

В.Г. Семенчук¹, В.О. Оліфірович², Т.М. Сандуляк³

^{1, 2}кандидати сільськогосподарських наук

*Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН
вул. Крижанівського Богдана, 21а, м. Чернівці, 58025, Україна
e-mail: ¹ysemenchuk15@gmail.com, ^{2, 3}buksaes@meta.ua
ORCID: ¹0000-0001-7762-9059, ²0000-0001-8868-0204,
³0000-0002-6966-1080*

Надійшла 4.08.2021

Мета. Визначити продуктивність міскантусу гігантського за вирощування його на схилових угіддях як сировини для виробництва твердих видів палива. **Методи.** Польовий — для визначення впливу експозиції схилу та удобрення на продуктивність міскантусу; лабораторний — для визначення вмісту сухої речовини; статистичний — для оцінки достовірності отриманих результатів; порівняльно-розрахунковий — для визначення енергетичної ефективності. **Результати.** При визначенні продуктивності міскантусу 3-го року життя (2018 р.) на різних фонах живлення та на різних експозиціях схилу встановлено зростання урожайності зеленої маси культури на 33% (6,2 т/га), сухої речовини — на 31% (2,8 т/га) на схилі північно-східної експозиції за використання 8 т/га вапнякового борошна та внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$, порівняно з показниками аналогічних варіантів за розміщення їх на ділянках південно-західної експозиції. Вихід енергії з одиниці площі при цьому становив 208 МДж/га. Така сама тенденція збереглася і при визначенні продуктивності міскантусу 4-го року вегетації (2019 р.). Урожайність зеленої маси на схилі південно-західної експозиції становила 29,8–33,8 т/га, а на схилі північно-східної експозиції — 38,7–43,7 т/га. Урожайність зеленої маси та сухої речовини за використання 8 т/га вапнякового борошна та внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ на схилі північно-східної експозиції були вищими порівняно з показниками аналогічних варіантів за розміщення їх на ділянках південно-західної експозиції відповідно на 29% (9,9 т/га) та 30,2% (5,2 т/га). Вихід енергії з одиниці площі при цьому становив 390,4 МДж. Дослідженнями, проведеними в 2020 р., найвищі показники продуктивності також встановлено на дослідних ділянках, де проведено вапнування та внесено $N_{60}P_{60}K_{60}$ на схилі північно-східної експозиції. За вирощування міскантусу 5-го року життя встановлено зростання урожайності зеленої маси культури на 23% (7,8 т/га), сухої речовини — на 35% (5,5 т/га). Вихід енергії з одиниці площі при цьому становив 369,6 МДж. У середньому за 2018–2020 рр. урожайність зеленої маси у найкращому варіанті становила 36,56 т/га, сухої

речовини — 18,4 т/га, енергії — 322,6 МДж/га. Висновки. За вирощування міскантусу на різних фонах живлення та на різних експозиціях схилю найвищі показники продуктивності та вихід енергії з одиниці площі встановлено на схилі північно-східної експозиції за використання 8 т/га вапнякового борошна та внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$, незалежно від років вегетації культури.

Ключові слова: енергетичні культури, вихід енергії, урожайність, зелена маса, суха речовина, вапнякове борошно.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202110-06>

Одним із найактуальніших завдань сьогодення є скорочення споживання викопних видів палива та поступовий перехід на використання альтернативних джерел енергії [1]. Тому виробництво енергії з відновлюваних джерел, зокрема біомаси рослин, активно розвивається в більшості європейських країн і в Україні.

Енергетичні культури — це рослини, які спеціально вирощують для використання безпосередньо як палива або для виробництва біопалива. Невиблагливість до ґрунтово-кліматичних умов сприяє вирощуванню багаторічних фітоенергетичних рослин на малопродуктивних землях [2]. Енергетичні культури характеризуються також низькою собівартістю вирощування, не потребують значного використання добрив і пестицидів, запобігають ерозії ґрунту [3].

Однією з головних переваг застосування біомаси цих культур є мультिवаріантність. Це можливість використання місцевих ресурсів, зокрема й трудових (розвиток місцевої економіки). Це джерело енергії, яке дає змогу зменшити споживання викопних палив і розв'язати багато екологічних проблем. Це можливість використання еродованих земель для вирощування енергетичних культур, що дасть змогу мінімізувати ерозію ґрунту. Останнє особливо актуальне в умовах України.

Сучасний стан ґрунтового покриву нашої держави характеризується високими темпами деградації схиллових угідь, а, як відомо, одна з найнебезпечніших проблем сучасності — ерозія ґрунту. Площа сільськогосподарських угідь, які зазнають згубного впливу водної ерозії, в Україні становить 13,3 млн га (32% загальної площі), зокрема 10,6 млн га орних земель. У складі еродованих земель налічується 4,5 млн га із сильно- та

середньозмитими ґрунтами, 68 тис. га повністю втратили гумусовий горизонт. Втрати продукції землеробства від ерозії, за експертними оцінками, перевищують 9–12 млн т зернових одиниць, еколого-економічні збитки внаслідок ерозії перевищують 10 млрд дол. США щороку [3–7].

Нині в Чернівецькій обл. кожний 2-й гектар ріллі різного ступеня еродований (слабко-, середньо- або сильнозмитий). Урожайність культур на таких землях значно (на 20–60%) нижча, ніж на нееродованих ґрунтах. За інтенсивного обробітку сильнозмиті ґрунти приречені на цілковиту деградацію [4, 5].

Однією з перспективних багаторічних енергетичних культур є міскантус гігантський (*Miscanthus × giganteus* J.M. Greef.) — рослина родини тонконогові (*Poaceae*). Швидкоросла енергетична культура, багаторічна трава, яка вважається однією з енергетичних рослин європейської кліматичної зони. Рослина утворює великі, пухкі дернини з повзучими підземними пагонами. Стебла прямі. Листкові пластинки лінійні. Коренева система потужна, глибока та сягає до 2,5 м вглиб ґрунту. Це дає змогу вирощувати рослину на середньощільних ґрунтах із низьким рівнем ґрунтових вод.

Високі врожаї міскантусу отримують на різних ґрунтах — від піщаних до високопродуктивних. Оптимальний показник рН перебуває у межах між 5,5 і 7,5, хоча рослина стійка до широкого діапазону кислотності ґрунтів.

Міскантус добре росте за температури ґрунту вище 6°C, тому потенційний сільськогосподарський сезон значно більший, ніж для інших культур.

Уперше він випробований як біопаливо у Європі у 80-х роках минулого століття.

Це багаторічна рослина, що утворює C_4 шляхом фотосинтезу. Міскантус має високу фотосинтетичну активність та є посухостійкою рослиною [8–10].

Вивчення можливості та доцільності вирощування енергетичних культур на еродованих схиліх землях Прикарпаття для виробництва твердого біопалива актуальне та потребує поглиблених досліджень.

Мета роботи — визначити продуктивність міскантусу гігантського за вирощування його на схиліх угоддях як сировини для виробництва твердих видів палива.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили на схилах північно-східної і південно-західної експозицій на полях Буковинської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН упродовж 2018–2020 рр. Визначали особливості росту, розвитку і продуктивності міскантусу за використання різних фонів живлення.

Визначення фонових агрохімічних показників свідчить, що дослідні ділянки розміщено на сірому лісовому середньозмитому ґрунті з низьким умістом гумусу (1,38–1,60%) та слабокислою реакцією ґрунтового розчину (рН 4,8–5,0). Забезпеченість ґрунту легкогідролізованим азотом — низька (110 мг/кг ґрунту), фосфором — дуже низька (P_2O_5 — 30–50 мг/кг ґрунту) (за Кірсановим), калієм — середня (K_2O — 48 мг/кг ґрунту) (за Масловою).

Дослід закладено в 3-разовій повторності. Площа посівної ділянки — 25 м², облікової — 20 м². Загальна площа ділянок у досліді — 0,045 га.

Схема досліді:

Фактор А — удобрення:

1. Без добрив (контроль).
2. Унесення вапнякового борошна ($CaCO_3$) 8 т/га.
3. Унесення вапнякового борошна ($CaCO_3$) 8 т/га + $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Фактор В — експозиція схилу:

1. Південно-західна.
2. Північно-східна.

Усі інші елементи технології вирощування міскантусу — загальноприйняті для вирощування багаторічних злакових трав для виробництва твердих видів палива.

Обліки та спостереження даних проводили за загальноприйнятими методиками в рослинництві.

Вихід енергії визначали згідно з методичними рекомендаціями з технології вирощування і перероблення міскантусу гігантського [11].

Статистичний аналіз отриманих результатів проводили методом дисперсійного аналізу [12].

Результати досліджень. Велике значення під час вирощування біоенергетичних культур мають ресурси ґрунтової вологи, особливо на схиліх землях. На жаль, останнім часом спостерігається погіршення водного режиму ґрунту і вологозабезпеченості рослин через прояв аномальних явищ погоди. Характеризуючи забезпеченість ґрунту вологою в різні роки досліджень і періоди вегетації культури, варто зазначити про відносно невисокі запаси загальної і продуктивної вологи в 2018–2020 рр. Запаси вологи в ґрунті були значно вищими в першій половині вегетації культур на схилі північно-східної експозиції — 172,3–186,9 мм, на схилі південно-західної експозиції — 156,7–173,1 мм, що позитивно вплинуло на ріст і розвиток рослин. Нестача опадів на фоні підвищених температур повітря в серпні — вересні зумовила різке зниження запасів вологи у ґрунті, через що відбір зразків для визначення показників продуктивної вологи став неможливим.

Нашими дослідженнями виявлено вищі запаси продуктивної вологи на схилі північно-східної експозиції порівняно зі схилом південно-західної експозиції. Це було одним із основних чинників формування вищої продуктивності досліджуваних агрофітоценозів на схилі північно-східної експозиції.

При вивченні динаміки наростання вегетативної маси міскантусу встановлено, що протягом вегетації показники висоти рослин і кількості пагонів у куці були вищими на схилі північно-східної експозиції порівняно з аналогічними показниками з дослідних ділянок на схилі південно-західної експозиції. Найвищі показники були у варіантах з унесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$.

При визначенні продуктивності міскантусу 3-го року життя (2018 р.) на різних

фонах живлення та на різних експозиціях схилу встановлено зростання урожайності зеленої маси культури на 33% (6,2 т/га), сухої речовини — на 31% (2,8 т/га) на схилі північно-східної експозиції за використання 8 т/га вапнякового борошна та внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$, порівняно з показниками аналогічних варіантів за розміщення їх на ділянках південно-західної експозиції. Вихід енергії з одиниці площі при цьому становив 208 МДж (табл. 1).

Така сама тенденція збереглася і при визначенні продуктивності міскантусу 4-го року вегетації (2019 р.). Урожайність зеленої маси на схилі південно-західної експозиції становила 29,8–33,8 т/га, а на схилі

північно-східної експозиції — 38,7–43,7 т/га. Урожайність зеленої маси та сухої речовини за використання 8 т/га вапнякового борошна та внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ кг д. р. на схилі північно-східної експозиції були вищими порівняно з показниками аналогічних варіантів за розміщення їх на ділянках південно-західної експозиції відповідно на 29% (9,9 т/га) та 30,2% (5,2 т/га). Вихід енергії з одиниці площі при цьому становив 390,4 МДж.

Дослідженнями, проведеними в 2020 р., найвищі показники продуктивності також установлено на дослідних ділянках, де проведено вапнування та внесено $N_{60}P_{60}K_{60}$ кг д. р. на схилі північно-східної

1. Урожайність зеленої маси і сухої речовини та вихід енергії рослин міскантусу 3–5-го років вегетації

Удобреньня	Урожайність, т/га						Вихід енергії, МДж/га		
	зеленої маси			сухої речовини					
	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.
<i>Схил південно-західної експозиції</i>									
Без удобрення	12,3	29,8	30,10	6,1	15,1	13,2	107,2	265,6	232,0
Вапнування	15,2	31,8	32,60	7,3	16,2	14,7	128,0	284,8	259,2
Вапнування + $N_{60}P_{60}K_{60}$	18,6	33,8	33,40	9,0	17,2	15,5	158,4	302,4	273,6
<i>Схил північно-східної експозиції</i>									
Без удобрення	16,5	38,7	36,50	8,3	19,7	18,9	145,6	345,6	332,8
Вапнування	20,3	41,2	33,80	10,5	20,9	19,2	185,6	366,4	337,6
Вапнування + $N_{60}P_{60}K_{60}$	24,8	43,7	41,20	11,8	22,4	21,0	208,0	390,4	369,6
HIP_{05}	1,8	1,5	2,0	1,0	1,3	1,1	–	–	–

2. Урожайність зеленої маси і сухої речовини та вихід енергії рослин міскантусу (середнє за 2018–2020 рр.)

Удобреньня	Урожайність, т/га		Вихід енергії, МДж/га
	зеленої маси	сухої речовини	
<i>Схил південно-західної експозиції</i>			
Без удобрення	24,06	11,46	201,6
Вапнування	26,53	12,7	224,0
Вапнування + $N_{60}P_{60}K_{60}$	28,6	13,9	244,8
<i>Схил північно-східної експозиції</i>			
Без удобрення	30,56	15,63	274,66
Вапнування	31,76	16,86	296,53
Вапнування + $N_{60}P_{60}K_{60}$	36,56	18,4	322,6

експозиції. За вирощування міскантусу 5-го року життя встановлено зростання урожайності зеленої маси культури на 23% (7,8 т/га), сухої речовини — на 35% (5,5 т/га). Вихід енергії з одиниці площі при цьому становив 369,6 МДж.

Отже, за вирощування міскантусу на різних фонах живлення та на різних експозиціях схилу найвищі показники продуктивності

та вихід енергії з одиниці площі встановлено на схилі північно-східної експозиції за використання 8 т/га вапнякового борошна та внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ кг д. р., незалежно від років вегетації культури. У середньому за 2018–2020 рр. урожайність зеленої маси становила 36,56 т/га, сухої речовини — 18,4 т/га, відповідно вихід енергії — 322,6 МДж (табл. 2).

Висновки

За вирощування міскантусу гігантського на різних фонах живлення та на різних експозиціях схилу найвищі показники продуктивності та вихід енергії з одиниці

площі встановлено на схилі північно-східної експозиції за використання 8 т/га вапнякового борошна та внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ кг д. р., незалежно від років вегетації культури.

Semenchuk V.¹, Olifirovych V.², Sanduliak T.³
Bukovyna state agricultural experimental station of Institute of agriculture of Carpathian region of National academy of agrarian sciences of Ukraine 21 «А» Kuznechova Str., Chernivtchi, Ukraine, 58025; e-mail: ¹vsemenchuk15@gmail.com, ²buk-saes@meta.ua; ORCID: ¹0000-0001-7762-9059, ²0000-0001-8868-0204, ³0000-0002-6966-1080

Growing miscanthus gigantic as a raw material for the production of solid fuels on the sloping land of the South-West Forest-Steppe

Goal. To establish miscanthus gigantic productivity at growing on slope lands, as a raw material for producing solid kinds of fuel. **Methods.** Field, laboratory, statistic, comparative-calculation. **Results.** During the determination of third-year (2018) miscanthus productivity on various nutrition backgrounds and on various slope expositions, the crop green mass yield increase by 33% (6,2 t/ha) was established, as well as the dry matter — by 31% (2,8 t/ha) on the northeastern exposition slope, using 8 t/ha of limestone flour and $N_{60}P_{60}K_{60}$ introduction, compared to analogic variants indicators when locating them on southwestern exposition sites. Energy output per unit area herewith made 208 MJ. The same trend persisted in the definition of the fourth-year vegetation (2019) miscanthus productivity. The green mass yield on the southwestern exposition

slope made 29,8–33,8 t/ha, and on the northeastern exposition slope — 38,7–43,7 t/ha. Green mass and dry matter yield at using 8 t/ha of limestone flour and $N_{60}P_{60}K_{60}$ introduction on the northeastern exposition slope were higher, compared to indicators of similar options with their location on sites of southwestern exposition, by 29% (9,9 t/ha) and 30,2% (5,2 t/ha), respectively. Energy output per unit area herewith made 390,4 MJ. According to the research carried out in 2020, the highest productivity indicators were also established on trial sites where liming was conducted, and $N_{60}P_{60}K_{60}$ introduced on the northeastern exposition slope. When growing the fifth-year miscanthus, the increase of crop green mass yield by 23% (7,8 t/ha), and dry matter by 35% (5,5 t/ha) was established. Energy output per unit area herewith made 369,6 MJ. One should note that averagely for 2018–2020, green mass yield on the best variant made 36,56 t/ha, dry matter — 18,4 t/ha, energy — 322,6 MJ/ha. **Conclusions.** When growing miscanthus on various nutrition backgrounds and on various slope expositions, the highest productivity indicators and the energy output per unit area were established on the northeastern exposition slope, using 8 t/ha of limestone flour and introducing $N_{60}P_{60}K_{60}$, regardless of the crop vegetation years.

Key words: energy crops, energy output, yield, green mass, dry matter, limestone flour.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk202110-06>

Бібліографія

1. Роїк М.В., Курило В.Л., Гадженко О.М., Гуменик М.Я. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні. *Біоенергетика: вирощування*

біоенергетичних культур, виробництво та використання біопалива: зб. наук. праць. 2011. Вип. 12. С. 14–24.

2. Хіврич О., Курило В., Квас В., Каськів В. Енергетичні рослини як сировина для біопалива. *Пропозиція*. 2011. № 6. С. 68–73.

3. *Альтернативні джерела енергії у підвищенні енергоефективності та енергонезалежності сільських територій*: колективна монографія; за ред. І.О. Яснолоб, Т.О. Чайки, О.О. Горба. Полтава: Видавництво ПП «Астрая», 2019. 276 с.

4. Cherlinka V., Dmytruk Y. Water erosion modelling in areas with absent soil maps in GRASS GIS. Asia-EC JRC Joint Conference 2017 on «All That Soil Erosion the Global Task to Conserve Our Soil Resources», Seoul, Korea, December 4–7. 2017. P. 55–56.

5. Дмитрук Ю.М., Черлінка В.Р. Використання моделей водної ерозії при розв'язанні прикладних завдань землеустрою: геоінформаційний підхід. *Землеустрій і кадастр*. 2012. № 1. С. 12–18.

6. Чернявський О.А., Сівак В.К. Ефективне й раціональне використання деградованих земель: монографія. Чернівці: Зелена Буковина, 2003. С. 5–29.

7. Козюк П.Ф., Куліш В.І., Чернявський О.А.

Земельні ресурси Буковини: монографія. Чернівці: Букрек, 2007. С. 222–228.

8. Осадчук В.Д., Семенчук В.Г., Гунчак Т.І., Сандуляк Т.М. Продуктивність міскантусу залежно від площі живлення в умовах Лісостепу західного. *Захист і карантин рослин: міжвід. темат. наук. зб.* 2018. Вип. 64. С. 128–133.

9. Зинченко В., Яшин М. Энергия мискантуса. *Леспротоминформ*. 2011. № 6. С. 134–140.

10. Зінченко В., Мариур В., Жайвороновський В. Вирішення «енергетичних» і екологічних проблем людства шляхом глобального розповсюдження «енергетичних» швидкоростучих рослин. *Пропозиція*. 2007. № 9. С. 99–103.

11. Курило В.Л., Ганженко О.М., Гументик М.Я. та ін. Методичні рекомендації з технології вирощування і перероблення міскантусу гігантського. Київ: ЦП «Компринт», 2016. 40 с.

12. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон: Айлант, 2013. 272 с.