

УДК [633.179:620.925]:631.5:631.8:631.559
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.24>

УРОЖАЙНІСТЬ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ ВИРОЩУВАННЯ ТА ПІДЖИВЛЕННЯ НАСАДЖЕНЬ В АГРОЛОГІСТИЦІ ВИРОБНИЦТВА БІОМАСИ

ТЕТЕРЮК Р.С. – аспірант

orcid.org/0009-0003-1715-8824

Полтавський державний аграрний університет

КУЛИК М.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор

orcid.org/0000-0003-0394-5846

Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Сьогоденні реалії життя все більше переконують людство у необхідності використання поновлюваних джерел енергії. При цьому використання місцевого рослинного ресурсу розглядається як один із перспективних та альтернативних шляхів вирішення зростаючих проблем забезпечення доступної енергії населення нашої країни [1–3].

Адже, поряд із сільськогосподарськими, енергетичні культури формують більшу високу врожайність біомаси яку можливо використати як сировину для виробництва біопалив. А їх подальше використання за енергоконверсії для потреб територіальних громад дозволить знизити енергетичну залежність та підвищити добробут населення [4–6]. У зв'язку з чим, вбачаємо необхідність більш широкого використання рослинного ресурсу енергетичних культур в нашій країні, що дозволить знизити залежність від зовнішніх непередбачуваних чинників та сприятиме розвитку власного виробництва біопалив.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З усього загалу енергетичних культур науковці виокремлюють міскантус гігантський (*Miscanthus × giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize), як невибагливу рослину до умов вирощування, перспективну та високоврожайну за біомасою [7–9]. Визначено, що вихід енергії з біомаси буде більшим з енергоплантацій міскантусу гігантського, порівняно з посівами проса прутіподібного. Автори, цю залежність пов'язали з більшим виходом з насаджень міскантусу гігантського обсягу біомаси й біопалива та його енергоємністю [10].

Нашими попередніми дослідженнями встановлено, що врожайність енергетичних культур, в т.ч. і міскантусу формується за рахунок біометричних показників біопаливної частини рослин. Визначено, що найбільшу врожайність біомаси забезпечують: міскантус гігантський, просо прутіподібне, мальва гібридна та щавнат. Що також залежить від вмісту сухої речовини в біомасі під час збирання. Водночас, обґрунтовано те, що визначальним у формуванні врожайності біомаси енергокультур з родини тонконогові є висоти рослин та густота стеблостою [11].

Результатами досліджень інших авторів визначено, що мінливість кількісних показників енергетичних культур залежать і від елементів технології вирощування. Що пов'язують і з погодними умовами вегетаційного періоду та видовими особливостями культури при багаторічному циклі вирощування. При цьому автори

відмічають збільшення кореневої системи, відростання нових пагонів зі сплячих бруньок та ін. [12].

Підживлення посівів також є важливим чинником збільшення врожайності за багаторічного вирощування енергетичних культур. Що досягається застосуванням різних доз і форм добрив, біологічно активних препаратів та способів й строків їх внесення на енергоплантаціях міскантусу [13].

У інших дослідженнях визначено ефективність сумісного вирощування бобових культур із просом прутіподібного [14], а також з міскантусом гігантським [15]. Що впливає як на збільшення врожайності біомаси цих енергокультур, так і на збільшення вмісту органічної речовини у ґрунті [16].

Встановлено, що сумісне вирощування міскантусу гігантського з бобовими культурами суттєво збільшує врожайність основного компоненту за сухою масою. При цьому прибавка врожаю культури на варіантах сумісного вирощування міскантусу з люпином становила у середньому за роки 1,2 т/га, за середньої врожайності 13,7 т/га. Прибавка врожаю біомаси міскантусу за вирощування з конюшиною та люцерною, порівняно із контролем (12,6 т/га) була 0,5 і 0,4 т/га за врожайності відповідно: 13,1 і 12,9 т/га [17].

Іншими дослідженнями обґрунтовано, що за вирощування міскантусу гігантського сумісно з люпином багаторічним у міжряддях й застосування мікоризного препарату Мікофренд для позакореневої обробки рослин при весняному підживленні можливо суттєво збільшити врожай біомаси до 20,7 т/га [18].

Поряд з цим, М. М., Харитонов і М. Г. Бабенко встановили, що при вирощуванні міскантусу на маргінальних і рекультивованих землях та застосуванні добрив та іригації насаджень можливо отримати більшу врожайність культури порівняно з контролем [19].

Вищезазначені дослідження переконливо доводять необхідність збалансованого живлення рослин міскантусу гігантського. Адже встановлено, що з урожаєм 20 т/га сухої біомаси міскантус виносить з ґрунту: азоту – близько 60 кг, фосфору – 16 кг, та 80 кг калію [20]. Тому, підживлення насаджень цією культури є однією із умов отримання щорічно високого врожаю біомаси.

Таким чином, встановлення рівня врожайності біомаси міскантусу гігантського на основі способу вирощування та підживлення насаджень навесні дозволить забезпечити сталість виробництва біомаси цієї культури.

Метою дослідження є встановлення рівня врожайності біомаси міскантусу гігантського третього–п'ятого років вегетації залежно від весняного підживлення рослин азотом на фоні різних способів вирощування культури (одновидовий та бінарний).

Матеріали та методи. Експеримент здійснено в умовах центральної частини Лісостепу України на полях агропромислового господарства при використанні методики дослідної справи в агрономії [21, 22]. Дослідження проведені з рослинами міскантусу гігантського зареєстрованого сорту Гулівер. Польовий експеримент трьохфакторний та поєднував вивчення наступних чинників:

– чинник А – рік (2020–2024 рр.): 2020–2022 рр. – третій рік вегетації, 2021–2023 рр. – четвертий рік вегетації, 2022–2024 рр. – п'ятий рік вегетації;

– чинник Б – вид насадження: Б.1 – одновидове вирощування (мононасадження міскантусу гігантського), Б.2. – бінарне вирощування міскантусу сумісно з багаторічним люпином (*Lupinus perennis* L.);

– чинник В – підживлення насаджень міскантусу гігантського: варіант 1 – без підживлення (контроль N_0), варіант 2 – весняне підживлення N_{30} , варіант 3 – весняне підживлення N_{60} , варіант 4 – весняне підживлення N_{90} , варіант 5 – весняне підживлення N_{120} .

Загальна площа ділянки становила 60 м², облікової – 50 м², загальна площа польового дослідження – 960 м². Дослід закладався за рандомізованого розміщення ділянок в кожному із чотирьох повторень (рис. 1).

Обробіток ґрунту, догляд за насадженнями, облік кількісних показників міскантусу гігантського здійснювали відповідно затверджених наукових рекомендацій [23–25] та методик [26]. Весняне підживлення насаджень міскантусу третього–п'ятого років вегетації проводили аміачною селітрою на початку весняного відновлення вегетації рослин розрахунковою дозою добрив відповідно схеми експерименту.

Дисперсійний аналіз отриманих результатів досліджень здійснювали з використанням комп'ютерної програми *Statistica*.

Результати та обговорення. Кількість опадів і середньомісячні температури повітря за вегетаційні періоди міскантусу змінювалися в досить широких межах, що найбільш об'єктивно відображає гідротермічний коефіцієнт – ГТК (рис. 2).

Визначено, що протягом періоду вегетації міскантусу гігантського у 2024 році відмічена дуже сильна посуха (ГТК < 0,4), окремі роки (2020–2021 рр.) характеризувалися сильною посухою (ГТК = 0,4–0,5), а 2022 і 2023 роки – середньою посухою (ГТК = 0,6–0,7). Це дало можливість оцінити реакцію рослин досліджуваної культури на погодні умови періоду вегетації.

За результатами досліджень встановлено, що спосіб вирощування міскантусу гігантського та підживлення насаджень має суттєвий вплив на врожайність біомаси (табл. 1).

За результатами багаторічних досліджень встановлено, що врожайність сухої біомаси міскантусу гігантського залежить від способу вирощування культури та має чіткий тренд до щорічного збільшення від третього по п'ятий рік вегетації: від 15,2 до 23,7 т/га – у мононасадженнях, та від 16,8 до 24,8 т/га – у бінарних насадженнях (рис. 3).

Чіткі відмінності урожайності біомаси міскантусу гігантського за роками дослідження підтверджено статистичним обрахунком діаграми розмаху та наведено на коробковому графіку: «ящик з вусами» (рис. 4).

Діаграма розмаху вказує на величину мінливості за верхньою та нижньою межами квантиля, а відстань між різними частинами короба показують дисперсію вибірки. При цьому «вуса» трьох коробів не перекриваються, тому можна зробити припущення щодо суттєвої відмінності медіан та доказ статистично суттєвої різниці між ними в розрізі років дослідження. При цьому розмір варіації групи даних на третій рік – найбільший, з послідовним зниженням на четвертий та п'ятий рік вегетації міскантусу гігантського.

У середньому за роки проведення досліджень урожайність біомаси міскантусу гігантського за

Чинник А: вегетаційний рік (2020–2024 рр.): третій – п’ятий							
Чинник Б (вид насадження):							
Одновидове вирощування (мононасадження міскантусу)				Бінарне вирощування (міскантус + люпин)			
Чинник В: підживлення насаджень							
вар. 4	вар. 5	вар. 4	вар. 1	вар. 3	вар. 1	вар. 5	вар. 5
вар. 2	вар. 3	вар. 5	вар. 2	вар. 1	вар. 3	вар. 4	вар. 1
вар. 1	вар. 2	вар. 3	вар. 3	вар. 4	вар. 2	вар. 3	вар. 2
вар. 3	вар. 4	вар. 1	вар. 5	вар. 5	вар. 4	вар. 1	вар. 3
вар. 5	вар. 1	вар. 2	вар. 4	вар. 2	вар. 5	вар. 3	вар. 4

Рис. 1. Схема розміщення варіантів в досліді

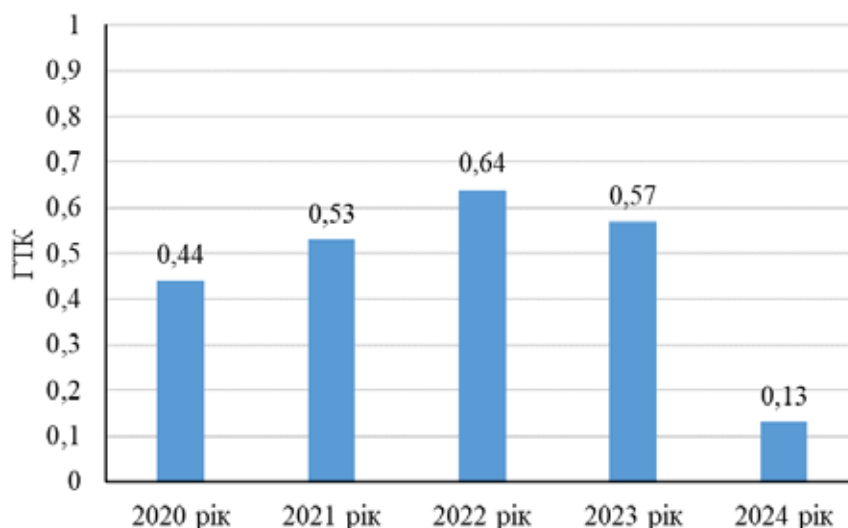


Рис. 2. Гідро-термічний коефіцієнт весняно-літньої вегетації міскантусу гігантського, 2020–2024 рр.

Таблиця 1

Урожайність міскантусу гігантського за сухою біомасою першого–п'ятого років вегетації (т/га), 2016–2021 рр.

Вид насадження (чинник Б)	Підживлення насаджень* (чинник В)	Рік(фактор А)			Середнє
		третій (2020-2022)	четвертий (2021-2023)	п'ятий (2022-2024)	
Одновидове	варіант 1	15,2	19,0	23,1	19,1
	варіант 2	15,7	19,3	23,4	19,5
	варіант 3	15,9	19,6	23,6	19,7
	варіант 4	16,2	19,8	23,7	19,9
	варіант 5	16,1	19,8	23,5	19,8
	Середнє	15,8	19,5	23,5	19,6
Бінарне	варіант 1	16,8	20,2	24,5	20,5
	варіант 2	17,7	20,8	25,0	21,2
	варіант 3	17,6	20,7	24,8	21,0
	варіант 4	17,4	20,5	24,6	20,8
	варіант 5	17,4	20,4	24,3	20,7
	Середнє	17,4	20,5	24,6	20,8
НІР ₀₅ чинник (А)		-	-	-	0,31
НІР ₀₅ чинник (Б)		0,22	0,17	0,15	1,12
НІР ₀₅ чинник (В)		0,95	0,63	0,72	1,85
НІР ₀₅ чинник (А і Б)		-	-	-	0,18
НІР ₀₅ чинник (А і В)		-	-	-	0,70
НІР ₀₅ чинник (Б і В)		0,12	0,11	0,92	2,58
НІР ₀₅ взаємодії чинників (АБВ)		-	-	-	0,88

*Примітка: варіант 1 – без підживлення (контроль N_0), варіант 2 – весняне підживлення N_{30} , варіант 3 – весняне підживлення N_{60} , варіант 4 – весняне підживлення N_{90} , варіант 5 – весняне підживлення N_{120} .

варіантами підживлення варіювала – від 19,5 до 19,9 т/га – у мононасадженнях, та від 20,7 до 21,2 т/га – у бінарних насадженнях з істотною перевагою на варіантах бінарного насадження порівняно з одновидовим (рис. 5).

Найбільшу врожайність сухої біомаси міскантусу за роки дослідження отримали на варіантах весняного підживлення дозою N_{30} та N_{60} (відповідно 21,2 та 21,0 т/га) за вирощування міскантусу в бінарних посівах. Істотно

нижчим цей показник виявився при застосуванні збільшених норм N_{90-120} та контролі (20,5–20,8 т/га). У одновидових насадженнях міскантусу гігантського спостерігався чіткий тренд збільшення врожайності біомаси за внесення доз азоту N_{60-120} (19,7–19,9 т/га) із її суттєвим зниженням на варіантах N_{30} (19,5 т/га), а також на контролі (19,1 т/га). Що чітко відображено на графіку багатомірних залежностей та описується рівнянням регресії (рис. 6).

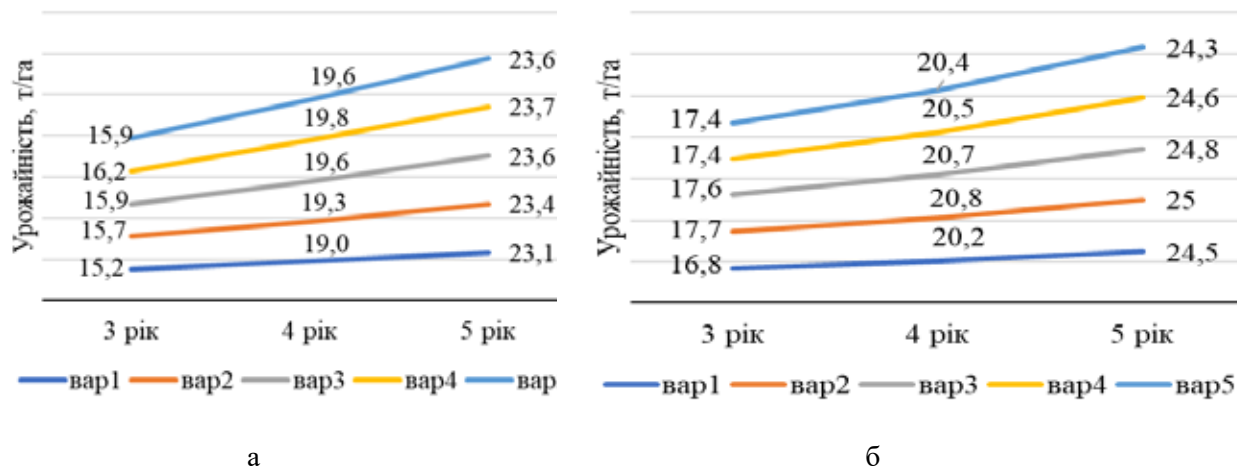


Рис. 3. Динаміка урожайності за сухою біомасою міскантусу гігантського залежно від способу вирощування: а – одновидові та б – бінарні, з урахуванням підживлення насаджень третього–п'ятого років вегетації, 2020–2024 рр.

Примітка: варіант 1 – без підживлення (контроль N_0), варіант 2 – весняне підживлення N_{30} , варіант 3 – весняне підживлення N_{60} , варіант 4 – весняне підживлення N_{90} , варіант 5 – весняне підживлення N_{120} .

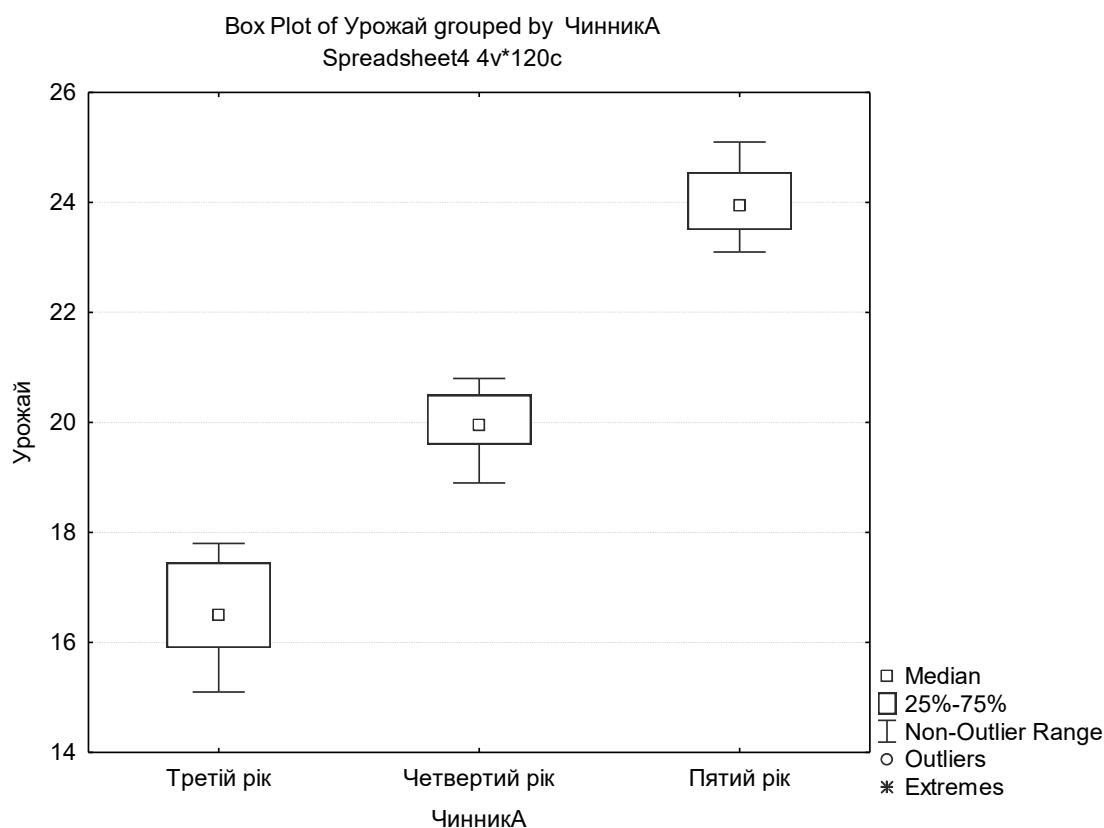


Рис. 4. Коробковий графік «з вусами» із групуванням даних вибірки урожайності біомаси гігантського за роки дослідження, 2020–2024 рр.

Відмічено чітку тенденцію збільшення врожайності за внесення підвищених доз азоту (N_{60-90}) в одновидових насадженнях міскантусу гігантського (до 20,0 т/га), та виокремлено варіанти підживлення при застосуванні N_{30-60} ($\geq 21,0$ т/га) – в бінарних. Наші результати

підтверджують закономірності попередніх досліджень, в яких встановлено, що вирощування енергетичних культур з бобовим компонентом не тільки сприяє очищенню ґрунтів від важких металів, але і збільшує врожайність біомаси [27]. Іншими авторами визначено, що

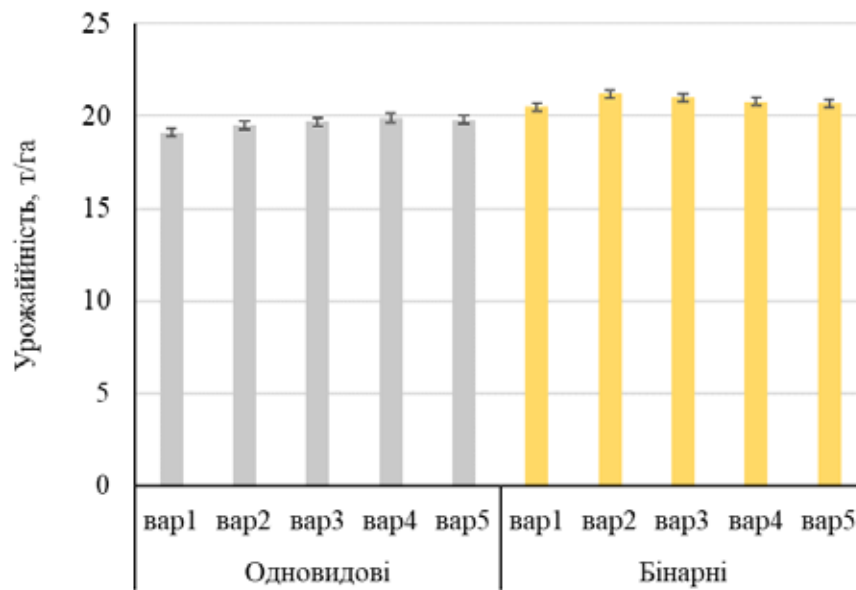


Рис. 5. Урожайність за сухою біомасою міскантусу гігантського залежно від способу вирощування та підживлення насаджень, середня за 2020–2024 рр.

Примітка: варіант 1 – без підживлення (контроль N_0), варіант 2 – весняне підживлення N_{30} , варіант 3 – весняне підживлення N_{60} , варіант 4 – весняне підживлення N_{90} , варіант 5 – весняне підживлення N_{120} .

$$\text{Урожай} = -115,8029 + 1,25 \cdot x + 0,0888 \cdot y$$

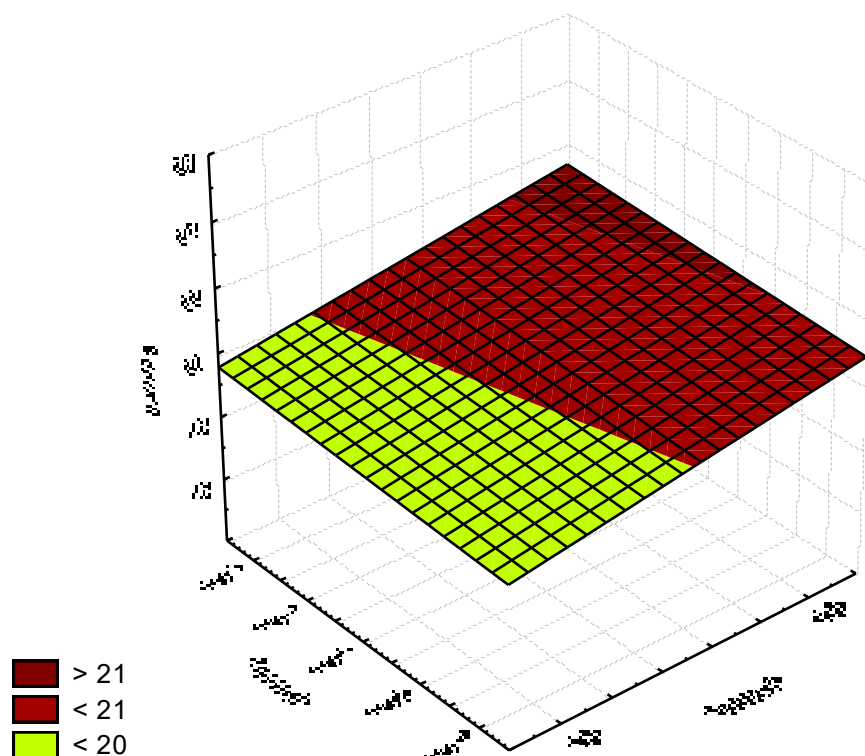


Рис. 6. Багатомірна залежність урожайності міскантусу гігантського за варіантами підживлення насаджень, 2020–2024 рр.

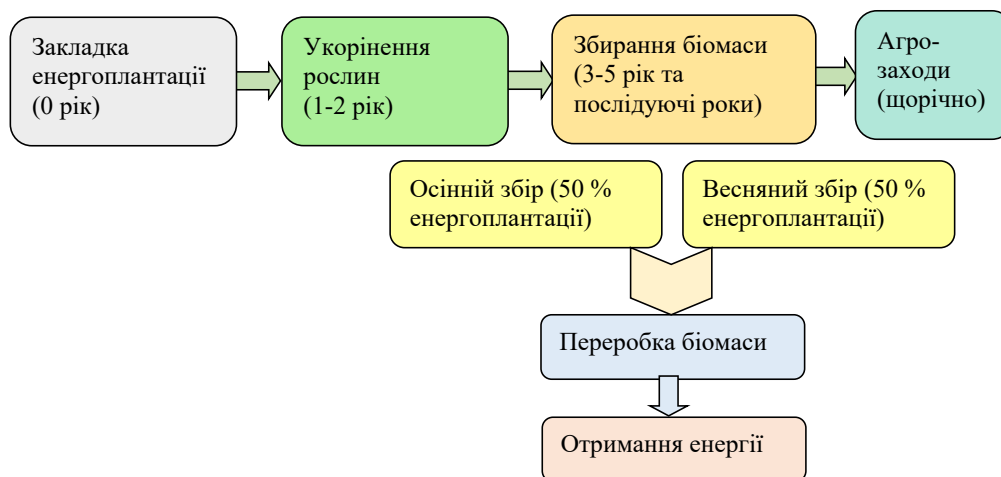


Рис. 7. Логістичний ланцюг агровиробництва та постачання до споживача біомаси міскантусу гігантського

за вирощування культур з родини тонконогові сумісно із бобовими сприяє утворенню щільного ценозу та збільшення врожайності [28, 29]. Що цілком узгоджується з дослідженнями Н. В. Пришляк, яка стверджує, що вирощування енергетичних культур, отримання достатнього обсягу біомаси та її використання в якості сировини для виробництва біопалива в Україні є перспективним інноваційним напрямом для розвитку альтернативної енергетики, що сприятиме поліпшенню екологічного та енергетичного стану країни та її енерго-незалежності [30].

Таким чином, встановлено, що в агрологістиці забезпечення біомаси міскантусу гігантського важливим є дотримання ланцюга виробництва: закладка енергоплантації, укорінення рослин, збирання біомаси (осіннє / весняне), агрозаходи (щорічне весняне підживлення), постачання на переробку та отримання енергії (рис. 7).

Дотримання агрологістики виробництва біомаси міскантусу гігантського дозволить отримувати щорічно значний обсяг рослинної сировини для виробництва біопалив. В подальшому, на основі енергоконверсії – дешева енергія для місцевого використання, що сприятиме зниженню енергозалежності територіальних громад сільських територій.

Висновки.

1. Визначено, що вирощування міскантусу гігантського у бінарних посівах з люпином багаторічним суттєво збільшує врожайність за сухою біомасою. Прибавка врожаю міскантусу гігантського на варіантах бінарного вирощування з люпином була найбільшою і становила за роки 1,2 т/га, за середньої врожайності 20,8 т/га на противагу одновидовим насадженням – де цей показник варіював у межах 19,1–19,9 т/га (середня 19,6 т/га).

2. Обґрунтовано, що застосування весняного підживлення насаджень збільшує врожайність біомаси міскантусу гігантського: у бінарних насадженнях до 21,0–21,2 т/га при застосуванні N_{30-60} порівняно з контролем (20,5 т/га); суттєво нижчим цей показник був у одновидових – на рівні 19,5–19,9 т/га за внесення збільшених доз азоту N_{60-90} , що на 0,4–0,8 т/га нижче порівняно з контролем (19,1 т/га).

3. Встановлено, що в агрологістиці енерговиробництва важливим є дотримання ланцюга виробництва біомаси міскантусу гігантського: закладка енергоплантації, укорінення рослин, збирання біомаси (осіннє / весняне), агрозаходи (щорічне весняне підживлення), постачання на переробку та отримання енергії.

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у вивченні впливу комплексного застосування кореневого та позакореневого підживлень залежно від виду насаджень на формування врожайності міскантусу гігантського.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Блюм Я. Б., Гелетука Г. Г., Григорюк І. П. та ін. Новітні технології біоенергоконверсії. К: Аграр Медіа Груп. 2010. 326 с.
2. Роїк М. В., Ганженко О. М., Тимошук В. Л. Концепція виробництва і використання твердих видів біопалива в Україні. *Біоенергетика*. 2015. Вип. 1. С. 5–8.
3. Kulyk M. I., Kurylo V. L., Kalinichenko O. V., Galytska M. A. Plant energy resources: agroecological, economic and energy aspects. *Monograf*. 2019. 119 p.
4. Писаренко П. В., Курило В. Л., Кулик М. І. Агробіомаса та фітомаса енергетичних культур для виробництва біопалива. *Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії: колективна монографія* / за ред. О. О. Горба, Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб. П. : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс». 2017. С. 258–266.
5. Kalinichenko A., Kalinichenko O., Kulyk M. Assessment of available potential of agro-biomass and energy crops phytomass for biofuel production in Ukraine. *Odnawialne źródła energii: teoria i praktyka. Monograph* / pod red. I. Pietkun-Greber, P. Ratusznego, Uniwersytet Opolski : Opole, Kijów, 2017. (tom II) : 163–179.
6. Kulyk Maksym, Kalinichenko Oleksandr, Dekovetz Vitalii. Efficiency of energy crops cultivation for business development in Ukraine. *Organization and management in the services' sphere on selected examples* / Editors: Tetyana Nestorenko, Tadeusz Pokusa. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2020:

- 36–45. ISBN 978-83-66567-02-3. http://pedagogika.wszia.opole.pl/ebook/3_2020.pdf
7. Хіврич О. Б., Курило В. Л., Квак В. М. Енергетичні рослини, як сировина для біопалива. *Пропозиція*. 2011. Вип. 6. С. 68.
 8. Курило В. Л., Гументик М. Я., Квак В. М. Міскантус – перспективна енергетична культура для виробництва біопалива. *Агробіологія*. 2010. Вип. 4 (80). С. 62–66.
 9. Міскантус в Україні: *колективна монографія*. Колектив авторів. К.: ТОВ ЦП «Компрінт». 2019. 256 с.
 10. Кулик М. І., Падалка В. В. Розвиток біоенергетики на основі рослинного енергетичного ресурсу (на прикладі Полтавської області). *Управління стратегіями випереджаючого інноваційного розвитку: монографія* / за ред. к.е.н., доцента Н. С. Ілляшенко. Суми : Тритонія, 2020. С. 109–118.
 11. Kulyk Maksym, Shokalo Natalia, Dinets Olha. Morphometric indices of plants, biological peculiarities and productivity of industrial energy crops. *Development of modern science: the experience of European countries and prospects for Ukraine: monograph* / edited by authors. 3rd ed. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2019: 411–431. URL: <https://doi.org/10.30525/978-9934-571-78-7>
 12. Гументик М. Я., Квак В. М., Замойський О. І., Морозова Є. В. Вплив елементів механізованої технології вирощування на продуктивність біомаси міскантусу. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2015. Вип. 4. С. 50–54.
 13. Енергетичні культури : сортимент, біологія, екологія, агротехнологія: *колективна монографія* / за ред. док. с.-г. наук., проф. М. І. Кулика. Полтава: «Астрая», 2023. 220 с.
 14. Taranenko A., Kulyk M., Galytska M., Taranenko S. (2019) Effect of cultivation technology on switchgrass (*Panicum virgatum* L.) productivity in marginal lands in Ukraine. *Acta Agrobot*, 72 (3), pp. 1786. DOI: <https://doi.org/10.5586/aa.1786>
 15. Дековець В. О., Кулик М. І., Галицька М. А. Біологізація технології вирощування міскантусу гігантського на біопаливо. *Аграрні інновації*. 2021. Вип. 10. С. 23–28. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.4>
 16. Галицька М. А., Писаренко П. В., Кулик М. І. Гуміфікаційно-мінералізаційні процеси як показник акумуляції карбону в ґрунтах. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2018. Вип. № 102. С. 130–136.
 17. Дековець В. О., Кулик М. І., Сиплива Н. О., Руденко О. А. Залежність врожайності біомаси міскантуса гігантського від кількісних показників рослин при вирощуванні з бобовими культурами. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2022. Вип. 4 (50). С. 21–28. DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.4.4>
 18. Дековець В. О., Кулик М. І. Вплив удосконалення елементів технології вирощування на врожайність надземної вегетативної маси міскантусу гігантського. *Науковий журнал «Аграрні інновації»*. 2023. Вип. № 17. С. 46–53. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.6>
 19. Харитонов М. М., Бабенко М. Г. Придатність різних едафічних конструкцій моделей техноземів для вирощування *Miscanthus × giganteus*. *Рациональное* використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій : *колективна монографія* / за ред. П.В. Писаренка, Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб. П. : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс». 2018. С. 106–113.
 20. Романчук Л. Д., Зінченко В. О., Василюк Т. П. Особливості вирощування енергетичних культур в умовах Полісся України: з кн. *Перспективи розвитку альтернативної енергетики на Поліссі України* / відп. ред. О. В. Скидан. К. : Центр учбової літератури, 2014. С. 81–111.
 21. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб.: у 2 кн. – *Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи*; за ред. А. О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 316 с.
 22. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії: навч. посіб.: у 2 кн. – *Кн. 2. Статистична обробка результатів досліджень*; за ред. А. О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 352 с.
 23. Курило В. Л., Ганженко О. М., Гументик М. Я., Квак В. М., Замойський О. І., Зиков П. Ю. Методичні рекомендації з проведення передсадильного обробітку ґрунту і садіння ризомів міскантусу. ІБКІЦБ НААН. К. 2012. 15 с.
 24. Курило В. Л., Ганженко О. М., Гументик М. Я., Квак В. М., Зиков П. Ю., Фучило Я. Д., Хіврич О. Б., Гончарук Г. С., Смірних В. М., Горобець А. М., Дубовий Ю. П., Замойський О. І. Методичні рекомендації з технології вирощування і перероблення міскантусу гігантського. Київ: Компрінт, 2016. 40 с.
 25. Рахметов Д. Б., Каленська С. М., Федорчук М. І., та ін. Методичні рекомендації з оптимізації технології вирощування міскантусу в різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Видавничий центр «Колос»: ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет». 2017. 22 с.
 26. Зінченко В. О., Роїк М. В., Рахметов Д. Б., Гончаренко С. М., Курило В. Л., Гументик М. Я., Ганженко О. М., Квак В. М. Методика проведення експертизи сортів міскантусу гігантського (*Miscanthus × giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize) на відмінність, однорідність і стабільність. *УІЕСР*. 2012. 16 с.
 27. Taranenko Anna, Taranenko Serhiy, Kulyk Maksym, Rytchenko Andriy, Teteriuk Roman (2025). Assessment of the soil microbial community under energy crops (*Panicum Virgatum* L. and *Miscanthus x Giganteus*): a case study in Ukraine. *Soil Science Annual*. 2025, 76 (1): 199764 <https://www.soilsa.com/Assessment-of-the-soil-microbial-community-under-energy-crops-Panicum-virgatum-L,199764,0,2.html>
 28. Шувар А. М., Рудавська Н. М., Беген Л. Л. Особливості формування елементів структури сумішок зернових і зернобобових культур. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69 (2). С. 108–122. DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-2-7
 29. Голодна А. В., Олійник К. М. Формування продуктивності люпину вузьколистого і пшениці ярої за сумісного вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2016. Вип. 82. С. 142–148.
 30. Пришляк Н. В. Потенційні можливості вирощування біоенергетичної сировини на виробництво твердого біопалива. *Агросвіт*. 2021. Вип.1–2. С. 33–45. DOI: 10.32702/2306-6792.2021.1-2.33

REFERENCES:

- Blum, Ya. B., Geletukha, G. G., Grigoryuk, I. P., et al. (2010). Novitni tekhnologii bioenerhokonversii. [Advanced Bioenergy Conversion Technologies]. Kyiv: Agrar Media Hrup. [in Ukrainian].
- Roik, M. V., Ganzhenko, O. M., Tymoshchuk, V. L. (2015). Konceptsiya vyrobnytstva i vykorystannya tvardyh vydiv biopaliva v Ukraini. [The Concept of Production and Utilization of Solid Biofuels in Ukraine]. *Bioenerhetyka*, (1), 5–8. [in Ukrainian].
- Kulyk, M. I., Kurylo, V. L., Kalinichenko, O. V., Galytska, M. A. (2019). Plant energy resources: agro-ecological, economic and energy aspects. *Monograph*. 119 p. [in Ukrainian].
- Pysarenko, P. V., Kurylo, V. L., Kulyk, M. I. (2017). Agrobiomasa ta fitomasa enerhetychnykh kultur dlya vyrobnytstva biopaliva. [Agrobiomass and Phytomass of Energy Crops for Biofuel Production]. Rozrobka ta vdoskonalennya enerhetychnykh system z urakhuvannym nayavnogo potentsialu alternatyvnykh dzherel enerhii. In O. O. Horb, T. O. Chayka, I. O. Yasnolob (Eds.), *Kolektyvna monohrafiya* (pp. 258–266). Poltava: TOV NVP Ukrpromtorgservis. [in Ukrainian].
- Kalinichenko, A., Kalinichenko, O., Kulyk, M. (2017). Assessment of available potential of agro-biomass and energy crops phytomass for biofuel production in Ukraine. In I. Pietkun-Greber, P. Ratuszny (Eds.), *Odnawialne źródła energii: teoria i praktyka* (Vol. 2, pp. 163–179). Opole: Uniwersytet Opolski. [in Poland].
- Kulyk, M., Kalinichenko, O., Dekovets, V. (2020). Efficiency of energy crops cultivation for business development in Ukraine. In T. Nestorenko, T. Pokusa (Eds.), *Organization and management in the services' sphere on selected examples* (pp. 36–45). Opole: The Academy of Management and Administration in Opole. https://pedagogika.wszia.opole.pl/ebook/3_2020.pdf [in Poland].
- Khivrych, O. B., Kurylo, V. L., Kvak, V. M. (2011). Enerhetychni roslyny, yak syrovyna dlya biopaliva. [Energy Crops as Raw Materials for Biofuel]. *Propozytsiya*, (6), 68. [in Ukrainian].
- Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., Kvak, V. M. (2010). Miskantus – perspektyvna enerhetychna kultura dlya vyrobnytstva biopaliva. [Miscanthus as a Promising Energy Crop for Biofuel Production]. *Ahrobiolohiia*, (4), 62–66. [in Ukrainian].
- Kolektyv avtoriv. (2019). Miskantus v Ukraini. [Miscanthus in Ukraine]. Kyiv: TOV TsP Komprint. [in Ukrainian].
- Kulyk, M. I., Padalka, V. V. (2020). Rozvytok bioenerhetyky na osnovi roslynnoho enerhetychnoho resursu (na prykladi Poltavskoi oblasti). [Development of Bioenergy Based on Plant Energy Resources (on the Example of Poltava Region)]. In N. S. Illyashenko (Ed.), *Upravlinnia stratehiiami vyperedzhaiuchoho innovatsiinoho rozvytku: Monohrafiia* (pp. 109–118). Sumy: Trytoriia. [in Ukrainian].
- Kulyk, M., Shokalo, N., Dinets, O. (2019). Morphometric indices of plants, biological peculiarities and productivity of industrial energy crops. In *Development of modern science: the experience of European countries and prospects for Ukraine* (3rd ed., pp. 411–431). Riga: Baltija Publishing. <https://doi.org/10.30525/978-9934-571-78-7> [in Riga].
- Humentyk, M. Ya., Kvak, V. M., Zamoyskyi, O. I., Morozova Y. V. (2015). Vplyv elementiv mekhanizovanoi tekhnologii vyroshchuvannya na produktyvnist biomasy miskantusu. [The Impact of Mechanized Cultivation Technology Elements on the Productivity of Miscanthus Biomass]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu*, (4), 50–54. [in Ukrainian].
- Kulyk, M. I. (Ed.). (2023). Enerhetychni kultury: sortyment, biolohiia, ekolohiia, ahrotekhnolohiia. [Energy Crops: Assortment, Biology, Ecology, Agrotechnology]. Poltava: Astraia. [in Ukrainian].
- Taranenko, A., Kulyk, M., Galytska, M., Taranenko, S. (2019). Effect of cultivation technology on switchgrass (*Panicum virgatum* L.) productivity in marginal lands in Ukraine. *Acta Agrobotanica*, 72(3), 1786. <https://doi.org/10.5586/aa.1786>
- Dekovets, V. O., Kulyk, M. I., Galytska, M. A. (2021). Biolohizatsiia tekhnologii vyroshchuvannya miskantusu hihantskoho na biopalyvo. [Biologization of the Cultivation Technology of Giant Miscanthus for Biofuel Production]. *Ahrarni innovatsii*, (10), 23–28. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.4> [in Ukrainian].
- Galytska, M. A., Pysarenko, P. V., Kulyk, M. I. (2018). Humifikatsiino-mineralizatsiini protsesy yak pokaznyk akumulatsii karbonu v gruntakh. [Humification/Mineralization Processes as an Indicator of Carbon Accumulation in Soils]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, (102), 130–136. [in Ukrainian].
- Dekovets, V. O., Kulyk, M. I., Sypliva, N. O., Rudenko, O. A. (2022). Zalezhnosti vrazhaiuchosti biomasy miskantusu hihantskoho vid kilkyshykh pokaznykiv roslin pry vyroshchuvanni z bobovymy kulturamy. [Dependency of Giant Miscanthus Biomass Yield on Quantitative Plant Parameters When Cultivated with Leguminous Crops]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya «Ahrarni innovatsii i biolohiia»*, (4), 21–28. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.4.4> [in Ukrainian].
- Dekovets, V. O., Kulyk, M. I. (2023). Vplyv udoskonalennia elementiv tekhnologii vyroshchuvannya na vrazhaiuchist nadzemnoi vechetatyvnoi masy miskantusu hihantskoho. [Impact of Improving Cultivation Technology Elements on the Above-Ground Vegetative Mass Yield of Giant Miscanthus]. *Naukovyi zhurnal «Ahrarni innovatsii»*, (17), 46–53. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.6> [in Ukrainian].
- Kharytonov, M. M., Babenko, M. G. (2018). Prydatnist riznykh edafichnykh konstruktiv modeliei tekhnosoliv dlya vyroshchuvannya Miscanthus × giganteus. [Suitability of Different Edaphic Model Technosols for the Cultivation of *Miscanthus × giganteus*]. In P. V. Pysarenko, T. O. Chayka, I. O. Yasnolob (Eds.), *Ratsionalne vykorystannia resursiv v umovakh ekolohichno stabilnykh terytorii* (pp. 106–113). Poltava: TOV NVP Ukrpromtorgservis. [in Ukrainian].
- Romanchuk, L. D., Zinchenko, V. O., & Vasyliuk, T. P. (2014). Osoblyvosti vyroshchuvannya enerhetychnykh kultur v umovakh Polissia Ukrainy. [Specifics of Energy Crop Cultivation Under the Conditions of Ukrainian Polissia]. In O. V. Skydan (Ed.), *Perspektyvy rozvytku alternatyvnoi enerhetyky na Polissi Ukrainy* (pp. 81–111). Kyiv: Tsentр uchbovoi literatury. [in Ukrainian].

21. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., & Kalenska, S. M. (Eds.). (2016). *Doslidna sprava v ahronomii: navchalnyi posibnyk*. [Experimental Work in Agronomy: A Textbook]. Knyha 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy. Kharkiv: Maidan. [in Ukrainian].
 22. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., & Kalenska, S. M. (Eds.). (2016). *Doslidna sprava v ahronomii: navchalnyi posibnyk*. [Experimental Work in Agronomy: A Textbook]. Knyha 2. Statystychna obrobka rezultatov doslidzhen. Kharkiv: Maidan. [in Ukrainian].
 23. Kurylo, V. L., Ganzhenko, O. M., Humentyk, M. Ya., Kvak, V. M., & Zamoyskyi, O. I. (2012). *Metodychni rekomendatsii z provedennia peredsadynoho obrobтку gruntu i sadinnia ryzomiv miskantusu*. [Methodological Recommendations for Pre-Plant Soil Treatment and Planting of Miscanthus Rhizomes]. Kyiv: IBKiTsB NAAN. [in Ukrainian].
 24. Kurylo, V. L., Ganzhenko, O. M., Humentyk, M. Ya., Kvak, V. M., & Zamoyskyi, O. I., et al. (2016). *Metodychni rekomendatsii z tekhnologii vyroshchuvannia i pererobiannia miskantusu hihantskoho*. [Methodological Recommendations for the Cultivation and Processing Technology of Giant Miscanthus]. Kyiv: Kompyrnt. [in Ukrainian].
 25. Rakhmetov, D. B., Kalenska, S. M., Fedorchuk, M. I., et al. (2017). *Metodychni rekomendatsii z optymizatsii tekhnologii vyroshchuvannia miskantusu v riznykh gruntovo-klimatychnykh zonakh Ukrainy*. [Methodological Recommendations for Optimizing the Cultivation Technology of Miscanthus in Various Soil and Climatic Zones of Ukraine]. Kherson: Vydavnychiy tsentr «Kolos». [in Ukrainian].
 26. Zinchenko, V. O., Roik, M. V., Rakhmetov, D. B., Gontarenko, S. M., Kurylo, V. L., Humentyk, M. Ya., Ganzhenko, O. M., & Kvak, V. M. (2012). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv miskantusu hihantskoho na vidminnist, odnorodnist i stabilnist*. [Methodology for the Examination of Giant Miscanthus (*Miscanthus × giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize) Varieties for Distinctness, Uniformity, and Stability]. Kyiv: UIESR. [in Ukrainian].
 27. Taranenko, A., Taranenko, S., Kulyk, M., Rytchenko, A., & Teteriuk, R. (2025). Assessment of the soil microbial community under energy crops (*Panicum Virgatum* L. and *Miscanthus x Giganteus*): A case study in Ukraine. *Soil Science Annual*, 76(1), 199764. <https://www.soilsa.com/Assessment-of-the-soil-microbial-community-under-energy-crops-Panicum-virgatum-L,199764,0,2.html>
 28. Shuvar, A. M., Rudavska, N. M., & Begen, L. L. (2021). Osoblyvosti formuvannia elementiv struktury sumishok zernovykh i zernobovykh kultur. [Peculiarities of the Formation of Structural Elements in Grain and Grain-Legume Mixtures]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*, 69(2), 108–122. [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(69\)-2-7](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(69)-2-7) [in Ukrainian].
 29. Holodna, A. V., & Oliinyk, K. M. (2016). Formuvannia produktyvnosti liupynu vuzkolystoho i pshenytsi yaroї za sumisnogo vyroshchuvannia. [Formation of the Productivity of Narrow-Leaf Lupin and Spring Wheat Under Joint Cultivation]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 82, 142–148. [in Ukrainian].
 30. Pryshlyak, N. V. (2021). Potentsiini mozhlyvosti vyroshchuvannia bioenerhetychnoi syrovyny na vyrobnytstvo tverdogo biopalyva. [Potential Opportunities for Cultivating Bioenergy Raw Materials for Solid Biofuel Production]. *Ahrosvit*, 1–2, 33–45. <https://doi.org/10.32702/2306&6792.2021.1–2.33> [in Ukrainian].
- Тетерюк Р.С., Кулик М.І. Урожайність міскантусу гігантського залежно від способу вирощування та підживлення насаджень в агрологістичній виробництва біомаси**
- У статті визначено особливості формування врожайності міскантусу гігантського (*Miscanthus × giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize) сорту Гулівер залежно від виду та підживлення насаджень в агрологістичній виробництва біомаси. Дослідження проведені в умовах центральної частини Лісостепу з використанням методичних рекомендацій українських і зарубіжних авторів. Експеримент поєднував вивчення наступних чинників: чинник А – рік вегетації (2020–2024 рр.): 2020–2022 рр. – третій рік вегетації, 2021–2023 рр. – четвертий рік вегетації, 2022–2024 рр. – п'ятий рік вегетації; чинник Б – вид насадження: Б.1 – одновидове вирощування (мононасадження міскантусу гігантського), Б.2. – бінарне вирощування міскантусу сумісно з багаторічним люпином (*Lupinus perennis* L.); чинник В – підживлення насаджень міскантусу гігантського: варіант 1 – без підживлення (контроль N₀), варіант 2 – весняне підживлення N₃₀, варіант 3 – весняне підживлення N₆₀, варіант 4 – весняне підживлення N₉₀, варіант 5 – весняне підживлення N₁₂₀. Рівень врожайності біомаси визначали – ваговим методом шляхом збору з кожної ділянки та зважування біомаси.
- За результатами досліджень встановлено суттєвий вплив бінарних насаджень та підживлення дозою N₃₀ на збільшення врожайності біомаси міскантусу гігантського (21,2 т/га), вищі дози азоту (N₆₀₋₉₀) істотно не збільшують цей показник. Високу врожайність (19,5–19,9 т/га) культура формує і в одновидових насадженнях, але потребує збільшених доз внесення добрив (N₆₀₋₉₀). Суттєво меншим цей показник був на варіантах збільшеної норми мінерального підживлення рослин (N₁₂₀) за одnorазового весняного підживлення: як в одновидових, так і в бінарних насадженнях міскантусу гігантського.
- Таким чином, бінарне вирощування міскантусу гігантського з бобовим компонентом (люпин багаторічний) є найбільш впливовим чинником на врожайність біомаси. При цьому визначено, що висока врожайність міскантусу третього–п'ятого років вегетації формується за рахунок підживлення низькою дозою азотних добрив N₃₀ на фоні післядії біологічного азоту, що накопичила в ґрунті бобова культура у бінарних посівах.
- Ключові слова:** Міскантус гігантський, бінарні посіви, багатомірна залежність, логістика, біомаса, урожайність.
- Teteriuk R.S., Kulyk M.I. Yield of miscanthus giganteus depending on the cultivation method and fertilisation of plantations in agrologistics of biomass production**
- The article defines the peculiarities of yield formation of miscanthus giganteus (*Miscanthus × giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize) variety Huliver depending on the type and fertilization of plantations in the agrologistics of biomass production. The research was conducted in the central part of the Forest-Steppe using the methodological recommendations of national and foreign authors. The experiment combined the study of the following factors: factor A – year of vegetation (2020–2024):

2020-2022 – the third year of vegetation, 2021-2023 – the fourth year of vegetation, 2022-2024 – the fifth year of vegetation; factor B – type of plantation: B.1 – single-species cultivation (mono-plantation of *miscanthus giganteus*), B.2 binary cultivation of *miscanthus* in combination with perennial lupine (*Lupinus perennis* L.); factor C – fertilization of *miscanthus giganteus* plantations: variant 1 – no fertilization (control N_0), variant 2 – spring fertilization N_{30} , variant 3 – spring fertilization N_{60} , variant 4 – spring fertilization N_{90} , variant 5 – spring fertilization N_{120} . The level of biomass yield was determined using the weight method by harvesting and weighing biomass from each plot.

The research results revealed a significant impact of binary plantations and fertilization with a dose of N_{30} on the growth of the biomass yield of *miscanthus giganteus* (21.2 t/ha), while higher doses of nitrogen (N_{60-90}) do not significantly increase this parameter. The crop also forms

high yields (19.5-19.9 t/ha) in single-species plantations, but requires the increased doses of fertilizer (N_{60-90}). This parameter was considerably lower in the variants with the increased rate of mineral fertilization of plants (N_{120}) with one-time spring fertilization: both in single-species and binary plantations of *miscanthus giganteus*.

Therefore, the binary cultivation of *miscanthus giganteus* with a legume component (perennial lupine) is the most influential factor on the biomass yield. It was found that the high yield of *miscanthus* in the third to fifth years of vegetation is formed as a result of fertilization with a low dose of nitrogen fertilizer N_{30} against the background of the aftereffect of biological nitrogen accumulated by the legume in the soil in binary plantations.

Key words: *Miscanthus giganteus*, binary plantations, fertilization, multidimensional dependence, logistics, biomass, yield.