

## АНОТАЦІЯ

Сітник А.А. Особливості формування продуктивності біоенергетичних культур в умовах зміни клімату Західного регіону України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство за спеціальністю 201 Агрономія. – Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, Міністерство освіти і науки України, м. Івано-Франківськ, 2025.

У дисертаційній роботі здійснено теоретичне узагальнення та запропоновано науково-практичне розв'язання проблеми збільшення врожайності біомаси, що полягає у встановленні закономірностей формування продуктивності енергетичних культур за різного удобрення. На основі експериментальних досліджень обґрунтовано оптимальні варіанти застосування мінеральних добрив, біостимулятора росту та титанового мікродобрива у технологіях вирощування багаторічних і однорічних культур на дерново-підзолистому ґрунті Західного регіону України.

У роботі подано результати наукових досліджень, які отримані у двох польових експериментах. Перший польовий дослід був спрямований на вивчення впливу віку насаджень та рівнів удобрення на продуктивність багаторічних енергетичних культур – міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus*) та проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.). Другий дослід передбачав визначення оптимальних варіантів удобрення для однорічних енергетичних культур, зокрема сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench) та кукурудзи звичайної (*Zea mays* L.).

Структура дисертаційної роботи визначена логікою проведення досліджень і поставленими завданнями та включає вступ, шість розділів, загальні висновки, рекомендації для виробництва, список використаних джерел і додатки.

Метеорологічні умови місця проведення досліджень упродовж 2022–2025 рр., зокрема температурний режим, кількість атмосферних опадів і відносна вологість повітря, характеризувалися міжрічною мінливістю. Водночас зазначені коливання не досягали критичних значень, проте мали істотний вплив на формування рівня врожайності біоенергетичних культур.

В умовах Західного регіону на дерново-підзолистому ґрунті застосування мінеральних добрив, біостимулятора росту та мікродобрива на основі титану у всіх дослідних варіантах позитивно впливало на ріст і продуктивність енергетичних культур. Висота основного пагона міскантусу істотно залежала від року вегетації та системи удобрення. У перший рік вирощування найменші показники зафіксовано на контролі (111 см). Застосування Інтермаг Титан сприяло підвищенню цього значення до 128 м., а у варіантах  $N_{30}P_{30}K_{30}+$  БЛЕК ДЖЕК КС та  $N_{30}P_{30}K_{30}+$  Інтермаг Титан – до 136–140 см. На другий рік вегетації висота зросла до 205 см на контролі та 255–259 см у варіантах з мінеральними добривами. Максимальні показники за період досліджень відмічено у третій рік вегетації (282–289 см). У четвертий рік спостерігалось незначне зниження висоти (209–271 см), однак варіанти з поєднаним застосуванням мінеральних і мікродобрив забезпечували стабільно вищі показники порівняно з контролем.

Доведено, що міскантус гігантський сорту Осінній зорецвіт характеризується високою реакцією на системи удобрення, що підтверджується зростанням врожайності в 1,2–1,4 раза порівняно з контролем. Найбільший вплив на формування біомаси мають макроелементи, тоді як мікродобрива виконують роль каталізаторів фізіологічних фізіолого-біохімічних процесів. Комбіновані варіанти із застосуванням мінеральних добрив (NPK) у поєднанні з мікродобривами забезпечують синергічний ефект живлення, створюючи найбільш сприятливі умови для росту та розвитку культури. А за всі роки досліджень найвищу продуктивність міскантусу гігантського (36,87 т/га) зафіксовано у варіантах  $N_{30}P_{30}K_{30}+$ БЛЕК ДЖЕК КС.

Установлено, що просо прутоподібне сорту Морозко як багаторічна злакова енергетична культура характеризується поступовим нарощуванням врожайності в

процесі формування травостою та стабільною реакцією на системи удобрення, що забезпечує приріст урожаю на 14–34 % залежно від застосованих препаратів. Максимальні показники продуктивності (20,15–20,33 т/га в середньому) отримано у комбінованих варіантах із внесенням NPK і мікродобрив. Основний приріст урожайності формувався через мінерального удобрення (NPK), тоді як мікродобрива виконували функцію підсилювального чинника. Стабільність продуктивності підвищувалася у варіантах із повним мінеральним живленням, що свідчить про зростання адаптивності культури до мінливих погодних умов. Щорічне зростання врожайності впродовж досліджуваного періоду підтверджує високу пластичність і значний продуктивний потенціал проса прутоподібного як енергетичної культури.

Сорго цукрове сорту Фаворит характеризується високим біоенергетичним потенціалом, формуючи 51,7–70,5 т/га зеленої маси залежно від системи живлення. Основним чинником підвищення врожайності є мінеральне удобрення, яке забезпечує +27 % приросту врожаю до контролю. Кукурудза гібриду Мантікора має високий генетичний потенціал продуктивності, що реалізується лише за умов оптимального мінерального та мікроелементного живлення. Застосування NPK дало найпотужніший ефект – +54 % прибавки порівняно з контролем, при цьому урожайність становила 10,36 т/га. Мікродобрива, що внесенні окремо забезпечували приріст +51 %, а найвищий вплив спостерігався при їхньому поєднанні з NPK, що підвищувало урожайність до  $\geq 10,63$  т/га. Визначено, що комбіноване удобрення формувало найвищу та найстабільнішу продуктивність, визначаючи його як оптимальний варіант для інтенсивних технологій вирощування гібриду кукурудзи Мантікора.

Усі досліджувані культури реагують позитивно на оптимізацію живлення, найбільше – міскантус гігантський і сорго цукрове. Комбіновані варіанти застосування  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + мікродобрива забезпечують для міскантусу: +35 % приросту біопалива, у проса прутоподібного: +20 %, у кукурудзи: +10 %, у сорго цукрового: +39 % біогазу та +39 % твердого залишку. Це демонструє, що

мікродобрива підсилюють ефект макроелементів і формують найвищу енергетичну продуктивність агрофітоценозів даних енергокультур.

Результати дослідження хімічного складу зерна кукурудзи свідчать про суттєвий вплив удобрення на формування його якісних показників. На контрольному варіанті без удобрення вміст крохмалю становив 66,90 %, сирого протеїну – 8,31 %, жиру – 4,03 %. Застосування повного мінерального добрива у нормі  $N_{90}P_{90}K_{90}$  забезпечило підвищення концентрації основних поживних компонентів зерна, зокрема крохмалю (1,2 %), протеїну (0,9 %) та жиру (0,4 %), порівняно з контрольним варіантом.

Позакореневі препарати БЛЕК ДЖЕК КС та Інтермаг Титан позитивно впливали на процеси цукронакопичення в рослинах сорго цукрового, однак їх ефективність була нижчою порівняно з дією основного мінерального удобрення. У фазі молочної стиглості вміст загальних цукрів за їх окремого застосування становив 14,5 та 14,7 % відповідно, що перевищувало контрольний варіант, але поступалося показнику варіанту з внесенням  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . Найвищі значення цукронакопичення сформувалися за поєднаного застосування мінеральних добрив із біостимуляторами.

Застосування мікродобрив істотно впливало на елементний склад рослин кукурудзи. Найвищий вміст фосфору зафіксовано у варіанті з Інтермаг Титан – 184 мг/100 г у листках та 114 мг/100 г у коренях, тоді як за внесення БЛЕК ДЖЕК КС максимальна концентрація фосфору відмічена у стеблах – 164 мг/100 г. Найбільший вміст калію сформувався за удобрення  $N_{90}P_{90}K_{90}$  і становив 1205 мг/100 г у листках, 1362 мг/100 г у стеблах та 725 мг/100 г у зерні. Використання мікродобрив також забезпечило підвищення концентрацій Fe, Mn, Ti, Zn і Ni, що підтверджує їх стимулюючу дію на поглинання та нагромадження елементів живлення рослинами кукурудзи.

Економічний аналіз показав, що досліджувані культури формують суттєво різні фінансові моделі виробництва. Найбільш високорентабельними виявилися вирощування кукурудзи та міскантусу гігантського, тоді як просо прутоподібне демонструвало помірну прибутковість, а сорго цукрове при існуючій ціні зеленої

маси було збитковим. Міскантус гігантський характеризувався найвищим рівнем накопиченого прибутку у довгостроковому періоді. Незважаючи на значні первинні інвестиції (~65 тис. грн/га), точка окупності наставала на 3–4-й рік вирощування, після чого культура генерувала 20–35 тис. грн чистого прибутку щорічно. Комбіновані варіанти внесення NPK + мікродобрива забезпечили найвищий сумарний прибуток як у 4-річній, так і 15-річній перспективі.

Для проса прутоподібного встановлено, що економічна ефективність значною мірою залежить від співвідношення ефекту та затрат удобрення. Мікродобрива збільшували врожайність при мінімальних витратах, це забезпечило прибутковість 3,5–7,9 тис. грн/га на рік. Внесення NPK у стандартній нормі було економічно недоцільним через високу собівартість продукції.

Сорго цукрове виявилось економічно збитковим при ціні зеленої маси 350 грн/т, незалежно від застосування добрив. Витрати на вирощування (27,5–33 тис. грн/га) не компенсувалися валовою виручкою. Технологія вирощування цієї культури стає прибутковою лише за умови підвищення ціни до 500–550 грн/т або переорієнтації продукції на енергетичну переробку (пелети, силос, брикетування). Кукурудза продемонструвала найвищу рентабельність серед однорічних культур завдяки двосторонньому потоку продукції: виробництва зерна та побічної біомаси. За оцінки останньої як повноцінної енергетичної продукції (1000 грн/т), чистий прибуток становив 17–35 тис. грн/га у різних варіантах, при внесенні БЛЕК ДЖЕК КС та Інтермаг Титан спостерігалось найвище співвідношення доходів і витрат, а також перевищення 100 % рентабельності.

Міскантус гігантський мав максимальні значення коефіцієнта енергетичної ефективності (КЕЕ) – 34–39, яка пояснюється високим виходом сухої біомаси (до 51 т/га у найкращі роки) та низькими енергетичними витратами після закладки плантації. Комбіновані варіанти удобрення забезпечували найвищі енерговиходи (до 886 тис. МДж/га). Просо прутоподібне мало КЕЕ у межах 15–18. Високі значення цього показника на варіантах застосування мікродобрив засвідчують, що ця культура є енергетично доцільною за умов мінімальних витрат і стабільного рівня продуктивності. Сорго цукрове після корекції енерговиходів із урахуванням

фактичної вологості біомаси характеризувалося КЕЕ 9–11. Це значно нижче показників багаторічних культур, але відповідає рівню однорічних зеленомасових культур. Найвищі значення фіксувалися у варіантах із мікродобривами. Кукурудза формувала КЕЕ на рівні 11–13. Висока енерговіддача зумовлена поєднанням енергетично цінного зерна та побічної біомаси. Культура залишалася енергетично ефективною у всіх варіантах удобрення, причому мікродобрива забезпечували максимальну віддачу енергії на вкладену одиницю ресурсів.

*Ключові слова:* біоенергетичні культури, міскантус гігантський, просо прутноподібне, сорго цукрове, кукурудза, зерно, побічна продукція, дерново-підзолистий ґрунт, удобрення, позакореневе підживлення, біометричні показники, урожайність та продуктивність, економічна та енергетична ефективність, зміна клімату, Західний регіон України.

## ABSTRACT

*Sitnyk A.A.* Features of Productivity Formation of Bioenergy Crops under Climate Change Conditions in the Western Region of Ukraine. Qualification scientific work submitted as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 20 *Agricultural Sciences and Food*, specialty 201 *Agronomy*. Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Ivano-Frankivsk, 2025.

The dissertation presents a theoretical generalization and proposes a scientific and practical solution to the problem of increasing biomass yields through identifying the patterns of productivity formation of bioenergy crops under different fertilization regimes. Based on experimental research, optimal options for the application of mineral fertilizers, growth biostimulants, and titanium-based micronutrient fertilizers in the cultivation technologies of perennial and annual crops on sod-podzolic soils of the Western region of Ukraine are substantiated.

The study is based on the results of two field experiments. The first experiment investigated the effects of plantation age and fertilization levels on the productivity of perennial bioenergy crops – giant miscanthus (*Miscanthus giganteus*) and switchgrass (*Panicum virgatum* L.). The second experiment focused on determining optimal fertilization regimes for annual bioenergy crops, namely sweet sorghum (*Sorghum saccharatum* (L.) Moench) and maize (*Zea mays* L.).

The structure of the dissertation follows the research logic and objectives and includes an introduction, six chapters, general conclusions, practical recommendations, a list of references, and appendices.

Meteorological conditions at the research site during 2022–2025, including air temperature, precipitation, and relative humidity, were characterized by interannual variability. Although these fluctuations did not reach critical levels, they had a significant effect on biomass yield formation in bioenergy crops.

Under the conditions of the Western region on sod-podzolic soils, the application of mineral fertilizers, growth biostimulants, and titanium-based micronutrient fertilizers positively influenced plant growth and productivity across all experimental treatments. The height of the main shoot of giant miscanthus was significantly affected by both the year of vegetation and the fertilization system. In the first year of cultivation, the lowest plant height was recorded in the unfertilized control (111 cm). Application of Intermag Titan increased plant height to 128 cm, while treatments with  $N_{30}P_{30}K_{30}$  + Black Jack KS and  $N_{30}P_{30}K_{30}$  + Intermag Titan resulted in heights of 136–140 cm. In the second year, plant height increased to 205 cm in the control and to 255–259 cm under mineral fertilization. The maximum values were observed in the third year of vegetation (282–289 cm). In the fourth year, a slight decrease in plant height (209–271 cm) was recorded; however, combined mineral and micronutrient fertilization consistently ensured higher values compared with the control.

Giant miscanthus cv. *Osinnii Zoretsvit* exhibited a high responsiveness to fertilization systems, with biomass yield increasing by 1,2–1,4 times compared with the control. Macronutrients played a dominant role in biomass formation, while micronutrients acted as catalysts of physiological and biochemical processes. Combined

application of mineral fertilizers (NPK) and micronutrients produced a synergistic nutritional effect, creating optimal conditions for plant growth and development. Over the entire research period, the highest productivity of giant miscanthus (36,87 t/ha) was recorded under the treatment  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . + Black Jack KS.

Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) cv. *Morozko*, as a perennial grass bioenergy crop, demonstrated a gradual increase in yield during sward establishment and a stable response to fertilization systems, resulting in yield increases of 14–34 % depending on the applied treatments. The highest average productivity (20,15–20,33 t/ha) was obtained under combined NPK and micronutrient fertilization. Yield increases were primarily driven by mineral fertilization, while micronutrients served as yield-enhancing factors. Treatments with complete mineral nutrition improved yield stability, indicating enhanced adaptability of the crop to variable weather conditions. Annual yield increases throughout the study period confirmed the high plasticity and substantial productive potential of switchgrass as a bioenergy crop.

Sweet sorghum cv. *Favorit* exhibited a high bioenergy potential, producing 51,7–70,5 t / ha of green biomass depending on the fertilization system. Mineral fertilization was the main factor contributing to yield increase, providing a 27 % gain over the control. Maize hybrid *Manticora* showed a high genetic yield potential, which was fully realized only under optimal mineral and micronutrient nutrition. Application of NPK resulted in the strongest effect, increasing yield by 54 % compared with the control (10,36 t / ha). Micronutrient fertilizers applied alone increased yield by 51 %, while their combination with NPK produced the highest and most stable yields ( $\geq 10,63$  t / ha), identifying combined fertilization as the optimal strategy for intensive maize cultivation. It was determined that combined fertilization produced the highest and most stable yield, making it the optimal option for intensive cultivation technologies for the Manticore corn hybrid.

All studied crops responded positively to optimized nutrition, with giant miscanthus and sweet sorghum showing the greatest responsiveness. Combined application of  $N_{90}P_{90}K_{90}$  with micronutrient fertilizers increased biofuel yield of miscanthus by 35 %, switchgrass by 20 %, maize by 10 %, and sweet sorghum biogas

and solid residue yields by 39 %. These results demonstrate that micronutrients enhance the effectiveness of macronutrients and ensure maximum energy productivity of bioenergy crop agrophytocenoses.

Fertilization significantly affected the chemical composition of maize grain. In the unfertilized control, starch content was 66,90 %, crude protein 8,31 %, and fat 4,03 %. Application of  $N_{90}P_{90}K_{90}$  increased starch content by 1,2 %, protein by 0,9 %, and fat by 0,4 % compared with the control.

Foliar application of Black Jack KS and Intermag Titan positively influenced sugar accumulation in sweet sorghum plants; however, their effect was weaker than that of mineral fertilization. At the milk stage, total sugar content under separate application of these preparations reached 14,5–14,7 %, exceeding the control but remaining lower than in the  $N_{30}P_{30}K_{30}$  treatment. The highest sugar accumulation was achieved under combined mineral fertilization and biostimulant application.

Micronutrient fertilizers significantly affected the elemental composition of maize plants. The highest phosphorus content was recorded under Intermag Titan application (184 mg/100 g in leaves and 114 mg /100 g in roots), whereas Black Jack KS resulted in the highest phosphorus concentration in stems (164 mg/100 g). The highest potassium content was observed under  $N_{90}P_{90}K_{90}$  fertilization. Micronutrient application also increased the concentrations of Fe, Mn, Ti, Zn, and Ni, confirming their stimulatory effect on nutrient uptake and accumulation.

Economic analysis revealed substantial differences in production efficiency among the studied crops. Maize and giant miscanthus were the most profitable, switchgrass showed moderate profitability, and sweet sorghum was unprofitable at the current green biomass price. Giant miscanthus demonstrated the highest long-term profitability. Despite significant initial investments (~65,000 UAH/ha), the break-even point was reached in the third or fourth year of cultivation, after which the crop generated 20,000–35,000 UAH in net profit annually. Combined NPK and micronutrient fertilization ensured the highest cumulative profit over both 4- and 15-year periods.

Switchgrass profitability depended on the balance between yield response and fertilization costs. Microfertilizers increased yields at minimal cost, ensuring profitability

of 3,5–7,9 thousand UAH/ha per year. Applying NPK at the standard rate was economically unfeasible due to the high cost of production.

Sugar sorghum proved to be economically unprofitable at a green mass price of 350 UAH/t, regardless of fertilizer use. The costs of cultivation (27,5–33,0 thousand UAH/ha) were not offset by gross revenue. The technology for growing this crop becomes profitable only if the price increases to 500–550 UAH/t or the product is reoriented towards energy processing (pellets, silage, briquetting). Corn showed the highest profitability among annual crops due to the two-way flow of products: grain production and by-product biomass. When the latter was estimated as a full-fledged energy product (1,000 UAH/t), the net profit was 17–35 thousand UAH/ha in different variants. When BLACK JACK KS and Intermag Titan were applied, the highest ratio of income to expenses was observed, as well as a profitability exceeding 100 %.

Giant miscanthus showed the highest energy efficiency coefficient (EEC) of 34–39, attributed to high dry biomass yields and low energy inputs after plantation establishment. Switchgrass exhibited an EEC of 15–18, confirming its energy feasibility under low-input conditions. Sweet sorghum showed an EEC of 9–11 after moisture correction, while maize formed an EEC of 11–13. In all crops, micronutrient fertilization ensured the highest energy return per unit of input.

*Keywords:* bioenergy crops, giant miscanthus, switchgrass, sweet sorghum, corn, grain, by-products, sod-podzolic soil, fertilization, foliar feeding, biometric indicators, yield and productivity, economic and energy efficiency, climate change, Western region of Ukraine.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

**Статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України категорії Б:**

1. Карбівська У.М., Сітник А.А. Продуктивність міскантусу залежно від елементів агротехнології на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Прикарпаття. *Таврійський науковий вісник*. 2024. №137. С. 111–116.

DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.14>

URL: [https://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/137\\_2024/16.pdf](https://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/137_2024/16.pdf)

2. Сітник А.А. Особливості формування продуктивності сорго цукрового в умовах Західного регіону України. *Український журнал природничих наук*. 2025. №12. С. 232–239.

DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.23>

URL: <https://naturaljournal.zu.edu.ua/index.php/ujns/article/view/316>

3. Карбівська У.М., Сітник А.А. Оптимізація удобрення як чинник підвищення врожайності та якості рослин сорго цукрового і кукурудзи в Західному регіоні України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Вип. 78 (1). С. 69–78.

DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(78\)-1-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(78)-1-6)

URL: <https://journals.isgkr.science/index.php/phzt/article/view/404>

4. Сітник А.А., Карбівська У.М. Особливості формування продуктивності проса прутоподібного в умовах зміни клімату Західного регіону України. *Український журнал природничих наук*. 2025. №13. С. 310–317.

DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.29>

URL: <https://naturaljournal.zu.edu.ua/index.php/ujns/article/view/361>

#### Тези наукових доповідей

5. Сітник А.А. Продуктивність сорго цукрового залежно від елементів агротехнології в умовах Передкарпаття. *Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Winter Debates: Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Internet Conference, February 8–9, 2024*. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine, 2024. P. 188–190.

URL: [Conference-Proceedings-February-8-9-2024.pdf](https://www.fopmarenichenko.com.ua/Conference-Proceedings-February-8-9-2024.pdf)

6. Karbivska U.M., Hryhoriv Ya. Ya., **Sitnyk A.A.** Impact of fertilization on the productivity of sugar sorghum in the conditions of the Carpathian. *Topical aspects of modern scientific research: The 4th International Scientific and Practical Conference*, December 21–23, 2023. CPN Publishing Group, Tokyo, Japan, 2023. P. 15–19.

URL: <https://surl.li/hoxdtg>

7. **Сітник А.А.** Перспективи вирощування біоенергетичних культур в умовах Прикарпаття. *Історія освіти, науки і техніки в Україні: матеріали XX Всеукр. наук. конф. молодих учених та спец., присвяч. ювіл. датам від дня народж. видатних учених в галузі аграрних наук, зокрема: Георгія Миколайовича Висоцького (1865–1940); Левка (Лева) Платоновича Симиценка (1855–1920); Петра Івановича Прокоповича (1775–1850)*, Київ, 21–22 травня 2025 р. / НААН, ННСГБ, Ін-т історії аграр. науки, освіти та техніки; наук. ред. В.А. Вергунов. Вінниця: ТВОРИ, 2025. С. 168–170.

URL: [file:///C:/Users/DELL/Desktop/zbirnik-konf-22\\_05\\_2025.pdf](file:///C:/Users/DELL/Desktop/zbirnik-konf-22_05_2025.pdf)

8. Карбівська У.М., **Сітник А.А.** Особливості росту та розвитку багаторічних енергетичних культур в умовах Прикарпаття. *Науково-інноваційний розвиток агровиробництва як запорука продовольчої безпеки України: вчора, сьогодні, завтра: матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. конф., присвяченої ювілейним датам: 160-річчю Полтавського товариства сільського господарства, 105-річчю Полтавського державного аграрного університету, 90-річчю від дня народження Героя України С. С. Антонця (1935–2022)*, м. Київ, 17–18 вересня 2025 р. / НААН, ННСГБ і ін; наук. ред. В.А. Вергунов. Вінниця: ТВОРИ С. 322–324.

URL: [konf\\_16\\_09\\_2025.pdf](konf_16_09_2025.pdf)

9. **Сітник А.А.**, Карбівська У.М. Ефективність застосування добрив у вирощуванні міскантусу гігантського на дерново-підзолистих ґрунтах. *Інноваційні аспекти збереження і підвищення родючості ґрунтів у воєнний та повоєнний періоди: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 60-річчю тривалого стаціонарного дослідження Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, м. Оброшине, 18 вересня 2025 р.* Оброшине, Львів, 2025. С. 210–212.

URL: [https://drive.google.com/file/d/1m3u0JSXWSMdTa5iOFPiC53Fxb-7\\_H3j2/view](https://drive.google.com/file/d/1m3u0JSXWSMdTa5iOFPiC53Fxb-7_H3j2/view)

10. Карбівська У.М., Сітник А.А. Адаптивні стратегії формування врожайності проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) в умовах кліматичних змін Західного регіону України. *Актуальні питання розвитку сільського господарства: теорія і практика*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 9 жовтня 2025 р. / НААН, Інститут сільського господарства Карпатського регіону. Оброшине: Вид-во ІСГКР, 2025. С. 99–103.

URL: [ЗБІРНИК тез ПДСГДС 09.10.2025.pdf](#)

11. Баланюк С.І., Карбівська У.М., Сітник А.А. Перспективи вирощування енергетичних культур на низькопродуктивних ґрунтах Західного Лісостепу України. *Адаптація агровиробництва до змін клімату та грантової родючості*: матеріали міжнар. наук.-прак. конф., с. Полігон, Миколаївський район, Миколаївська область, 9 жовтня 2025 р. / ДУ “Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція ІКОСГ НААН”. Полігон: Вид-во ІКОСГ, 2025. С. 15–17.

URL: <https://surl.li/lsrccto>

#### **Методичні вказівки**

12. Карбівська У.М., Сітник А.А. Методичні вказівки для самостійного вивчення дисципліни «Новітні біоенергетичні рослинні ресурси» для денної та заочної форм навчання здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти навчання зі спеціальності Н1 ”Агрономія”, ОНП ”Агрономія”. Івано-Франківськ. 2025. 30 с.

URL: <https://kag.cnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/27/2025/12/novitni-bioenerhetychni-roslynni-resursy-karbivska-sitnyk.pdf>