

УДК 633.17:581.1:551.583 (477.83)

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

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

А. А. Сітник¹, У. М. Карбівська²

У зв'язку з посиленням кліматичних змін, деградацією ґрунтів і необхідністю підвищення ефективності використання агроландшафтів, особливо в умовах Західного регіону України, актуальним є пошук технологічних рішень для стабілізації врожайності перспективних культур. Однією з таких культур є просо прутіподібне (*Panicum virgatum* L.) – багаторічна злакова рослина з високим потенціалом як біоенергетична та кормова культура, що характеризується стійкістю до посухи, здатністю зростати на малопродуктивних землях і ефективно реагувати на елементи агротехнології. Дослідження проводились на дослідному полігоні кафедри лісового і аграрного менеджменту Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Мета дослідження – оцінити вплив різних систем удобрення, зокрема внесення мінеральних добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$), регулятора росту Блек Джек КС та мікродобрива Інтермаг Титан, на ріст, біометричні параметри та врожайність вегетативної маси проса прутіподібного в агроекологічних умовах Івано-Франківської області протягом 2022–2024 років.

Методами досліджень були: польовий, лабораторний, статистичний і аналітично-розрахунковий.

У результаті досліджень встановлено істотний вплив погодних умов років досліджень на ріст і продуктивність культури. Найнижчу врожайність зафіксовано в контрольному варіанті:

12,2–16,8 т/га залежно від року. Внесення лише мінерального добрива підвищило врожайність до 18,7 т/га, використання лише мікродобрив – до 19,2–19,9 т/га. Максимальні показники отримано за комбінованого застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ із мікродобривами – 21,5–22,1 т/га, що на 31–44% вище за контроль. Найвищі результати були отримані за поєднання мінерального добрива з позакореневими препаратами. Наукова новизна роботи полягає у виявленні високої ефективності поєднання мінерального фонду з мікродобривами для підвищення біомаси проса прутіподібного в умовах регіональних кліматичних коливань. Практична значущість полягає в можливості використання результатів для розроблення адаптивних технологій вирощування енергетичних культур в умовах нестабільного зволоження та на низькопродуктивних землях.

Ключові слова: просо прутіподібне, *Panicum virgatum* L., урожайність, мінеральні добрива, регулятори росту, мікродобрива, біомаса, зміна клімату, агроекологічні умови, Західний регіон України.

PECULIARITIES OF SWITCHGRASS PRODUCTIVITY FORMATION UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS IN THE WEST REGION OF UKRAINE

A. A. Sitnyk, U. M. Karbivska

In the context of accelerating climate change, soil degradation, and the need to improve the efficiency of agrolandscape use – particularly in the conditions of the Western region of Ukraine – the search for technological solutions to stabilize the yield of promising crops has become highly relevant. One such crop is switchgrass (*Panicum virgatum* L.), a perennial cereal plant with high potential as both a bioenergy and forage crop, characterized by drought resistance, the ability to grow on low-productivity soils, and a positive response to agro-technological inputs. The study was conducted at the experimental site of the Department of Forestry and Agrarian Management of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University.

¹ аспірант кафедри лісового і аграрного менеджменту спеціальності

Н1 Агрономія

(Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ)

e-mail: sitnyk.19@pnu.edu.ua

ORCID: 0009-0007-5647-4239

² доктор сільськогосподарських наук, професор,

професор кафедри лісового і аграрного менеджменту

(Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ)

e-mail: uliana.karbivska@pnu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-0540-8887

The aim of the research was to evaluate the effect of different fertilization systems, namely the application of mineral fertilizers ($N_{30}P_{30}K_{30}$), the growth regulator Black Jack KS, and the micronutrient fertilizer Intermag Titan, on the growth, biometric parameters, and green biomass yield of switchgrass under the agroecological conditions of Ivano-Frankivsk Oblast during the 2022–2024 period.

The research methods included field, laboratory, statistical, and analytical-calculation approaches.

The results of the study revealed a significant influence of weather conditions on the growth and productivity of the crop. The lowest yield was recorded in the control treatment (water only), ranging from 12,2 to 16,8 t/ha depending on the year. Application of mineral fertilizers alone increased yield to 18,7 t/ha, while the use of micronutrient fertilizers alone resulted in yields of 19,2–19,9 t/ha. The highest yields – 21,5 to 22,1 t/ha – were obtained from the combined application of $N_{30}P_{30}K_{30}$ with Black Jack KS or Intermag Titan, which exceeded the control by 31–44%. The most favorable results were achieved through the combination of mineral fertilizers with foliar treatments.

The scientific novelty of the study lies in identifying the high efficiency of combining a mineral background with micronutrient fertilizers for increasing switchgrass biomass under conditions of regional climatic variability. The practical significance of the findings is the potential application in the development of adaptive cultivation technologies for energy crops under unstable moisture conditions and on low-productivity lands.

Key words: switchgrass, *Panicum virgatum* L., yield, mineral fertilizers, growth regulators, micronutrient fertilizers, biomass, climate change, agroecological conditions, Western region of Ukraine.

Вступ

У контексті глобальних кліматичних змін спостерігається істотний вплив на природно-кліматичні умови України, що проявляється у стійкому підвищенні середньорічної температури повітря та зміні гідрологічного режиму водних ресурсів. Згідно з даними Українського гідрометорологічного інституту, протягом останніх трьох десятиліть середньорічна температура в Україні зросла приблизно на 1°C, що співвідноситься зі змінами температурного режиму, зафіксованими на глобальному рівні протягом останнього століття (Нікітенко і Аверчев, 2020).

У сучасних умовах перевага віддається сільськогосподарським культурам, які відзначаються високим рівнем урожайності, стійкістю до посушливих умов і невибагливістю до агротехніки вирощування. Особливий інтерес становлять злакові енергетичні культури, зокрема міскантус, свічграс, сорго й інші. Вимоги до таких культур у біоенергетичному секторі передбачають насамперед низькі витрати на виробництво та здатність формувати стабільну й надійну сировинну базу (Мулярчук, 2016; Мулярчук і Кобернюк, 2017; Karbivska et al., 2023).

Для отримання твердих форм біопалива найбільш ефективними є багаторічні злакові культури, які вже широко використовуються в різних країнах світу. Серед них на особливу увагу заслуговує свічграс (просо прутіоподібне), що добре пристосовується до агрокліматичних умов України. Ця культура вирізняється високою біомасовою продуктивністю, придатністю до переробки на паливні брикети та гранули, а також нале-

жить до рослин типу C4 за фотосинтезом (Мазур та ін., 2017; Енергетичні ..., 2023).

Просо (*Panicum*) є високопродуктивною сільськогосподарською культурою з високим економічним потенціалом, належить до родини тонконогових (Poaceae). Для цієї культури характерне формування добре розвиненої мичкуватої кореневої системи, яка проникає на значну глибину. Рослини здатні переносити короточасне затоплення і водночас вирізняються високою посухостійкістю. Залежно від сорту, висота рослин може досягати 3,0 м. Стебла та листки гладенькі, листкова пластинка має довжину понад 20 см. Одна рослина може формувати до 35 продуктивних пагонів. Суцвіття представлене розлогою волоттю з колосками, розміщеними на кінцях гілочок різного порядку. Плід – дрібна однонасінна зернівка (Ушкаренко і Аверчев, 2007; Беленіхіна, 2012; Кулик та ін., 2022).

Просо вирізняється серед зернових культур високою стійкістю до посухи та здатністю протистояти несприятливим умовам довкілля. На ранніх етапах вегетації воно потребує мінімальної кількості вологи – для проростання достатньо лише приблизно 25% вологи від маси насіння, що є суттєвою перевагою в умовах глобального потепління та водного дефіциту. Окрім того, просо демонструє відносну стійкість до ураження хворобами й шкідниками, а також здатне формувати стабільно високі врожаї навіть за пізніх строків сівби (Беленіхіна, 2012; Шевченко, 2024).

Просо прутіоподібне є невибагливою до ґрунтових умов культурою, що дозволяє його вирощування на деградованих і малопроду-

дуктивних землях із перспективою їх поступового відновлення. Завдяки цьому світч-грас не вступає в конкуренцію з основними сільськогосподарськими культурами в сіво-змінах. Тривалість вирощування на одному полі може становити до 15 років, після чого поступово спостерігається природне виродження насаджень. Найвищу якість насіння зазвичай отримують на посівах другого та наступних років вегетації. Період цвітіння триває з кінця липня до кінця серпня, тоді як дозрівання насіння відбувається у вересні. Водночас у жовтні існує ризик його осипання (Кулик, 2013).

Продуктивність агрофітоценозів проса прутноподібного залежить від низки чинників, що мають безпосередній вплив на ключові показники культури. Серед них варто виділити тривалість періоду появи сходів, рівень польової схожості насіння, морфологічні особливості рослин (зокрема, висоту, ширину, кількість стебел, пагонів і листків), щільність стояння рослин, а також урожайність зеленої та сухої біомаси (Van Beilen & Poirier, 2008; Sahoo et al., 2013; Мусіч і Присяжнюк, 2022).

Головним завданням вирощування сільськогосподарських культур є досягнення високої продуктивності, що забезпечує потреби у продовольстві та сировині для переробної промисловості. Вивчення процесів росту та розвитку проса дозволяє всебічно оцінити продуктивність як інтегральний показник ефективності використаних агротехнічних прийомів, а також визначити залежність урожайності від ґрунтово-кліматичних умов і застосованих систем удобрення для окремого сорту.

Метою проведеного дослідження було з'ясування особливостей формування біометричних характеристик і рівня врожайності проса прутноподібного залежно від варіантів удобрення.

Матеріал і методи

У 2022–2024 рр. дослід було проведено на навчально-дослідному полігоні кафедри лісового і аграрного менеджменту Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

У дослідженні вивчали шість варіантів удобрення проса прутноподібного: контроль (обробка водою), $N_{30}P_{30}K_{30}$, Блек Джек КС, Інтермаг Титан, $N_{30}P_{30}K_{30}$ + Блек Джек КС, $N_{30}P_{30}K_{30}$ + Інтермаг Титан.

Площа посівної ділянки – 50 м², облікової – 30 м², повторність дослідів – триразова. У досліді вивчали вплив удобрення

на продуктивність проса прутноподібного сорту Морозко, селекції ІБКІЦБ НААН. Ґрунт дослідного поля – дерново-підзолистий середньосуглинковий глеюватий, який характеризується такими агрохімічними показниками орного шару (0–30 см): вміст гумусу – 2,7%, рН – 4,7, лужногідролізованого азоту – 78,0 мг/кг ґрунту, рухомих форм P_2O_5 та K_2O – 43,0 і 98,0 мг/кг ґрунту відповідно.

Аналіз метеорологічних умов проводився на основі даних Івано-Франківської обласної метеостанції. У 2022 р. погодні умови відрізнялися від середньобаторічних показників: кількість опадів перевищила норму на 42,0 мм, а середня температура повітря була на 1,2°C вищою за середньобаторічну. У 2023 р. кількість опадів перевищила норму на 199,1 мм, а середньомісячна температура повітря виявилася вищою на 10,9°C порівняно з баторічним середнім значенням. Протягом вегетаційного періоду випало 636,1 мм опадів, найбільша кількість яких спостерігалася у квітні (116,9 мм), червні (187,9 мм) та липні (217,3 мм). У травні, навпаки, зафіксовано дефіцит вологи – кількість опадів була меншою за норму на 28,3 мм. Найвищі середні температури повітря спостерігалися в серпні (18,0°C) та вересні (13,1°C).

У 2024 р. ситуація змінилася: за вегетаційний період випало 235,5 мм опадів, що на 123,5 мм менше за середньобаторічну норму. Посушливі умови переважали впродовж усього вегетаційного періоду. Середня температура повітря за цей період перевищувала норму на 13,7°C, що свідчить про виражений температурний стрес для рослин.

Експериментальні дослідження проводилися відповідно до загальноприйнятих методик польового дослідів, а також із використанням спеціалізованих методичних підходів (Ермантраут та ін., 2007; Присяжнюк та ін., 2021).

Результати та їх обговорення

Важливою агротехнологічною особливістю проса прутноподібного (*Panicum virgatum* L.) у першому році вегетації є його висока чутливість до температурного режиму та вологості ґрунту на початкових етапах росту й розвитку. Саме ці фактори визначають рівномірність і своєчасність появи сходів, що, своєю чергою, істотно впливає на ефективність подальшого механізованого догляду за посівами. Основні елементи технології вирощування суттєво

впливають на рівень урожайності, створюючи сприятливі умови для вегетації, що, своєю чергою, позитивно позначається на фізіологічному стані рослин і їхніх морфометричних показниках. Одним із важливих індикаторів реакції культури на умови вирощування є висота рослин, яка тісно корелює з рівнем мінерального живлення і свідчить про ступінь адаптивної здатності проса до впливу факторів зовнішнього середовища.

Результати спостережень за ростом і розвитком рослин проса прутіподібного засвідчили неоднакову динаміку формування рослин залежно від удобрення. У перший рік вегетації з'явилися сходи, які розвивалися повільно. Протягом вегетаційного періоду тривалістю 165 днів сформувалися рослини заввишки 30–40 см, які не становили господарської цінності для збирання. На другий рік вегетації рослини свічграсу сформували врожай, який можна використовувати як альтернативне джерело енергії.

Структура врожаю проса прутіподібного залежно від удобрення на другий рік вегетації, наведена в таблиці 1, свідчить про позитивний вплив добрив на ріст культури. У контрольному варіанті, де проводилось лише обприскування водою, рослини досягали висоти 97,3 см, мали в середньому 3,6 міжвузлів і 3,9 листка на одну рослину. Внесення мінерального добрива в дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило збільшення висоти до 111,2 см, кількість міжвузлів і листків становила відповідно 3,7 і 4,0.

Застосування біостимулятора Блек Джек КС сприяло зростанню висоти до 113,5 см за незначного збільшення кількості міжвузлів (3,8) і листків (4,1). Аналогічні показники були зафіксовані після застосування препарату Інтермаг Титан, однак висота рослин у цьому варіанті була більшою – 115,6 см.

Найкращі результати отримано за комбінованого внесення добрив: варіанти з поєднанням $N_{30}P_{30}K_{30}$ із Блек Джек КС та Інтермаг Титан сприяли максималь-

ному росту рослин – 117,5 см та 100,4 см відповідно. У цих варіантах також було зафіксовано найвищі показники кількості міжвузлів (3,9) за стабільного рівня кількості листків (4,0–4,1 шт.). Отже, використання мінерального удобрення в поєднанні з мікроелементами істотно покращує морфометричні показники проса прутіподібного, зокрема висоту рослин, що може позитивно впливати на загальну біомасу та потенціал урожайності.

У дослідженнях М.В. Радченко та З.І. Глупак встановлено, що впродовж вегетаційного періоду свічграсу найбільшу кількість міжвузлів на стеблі зафіксовано у варіанті із внесенням азоту в дозі 60 кг/га д. р. – 5,3 шт., що перевищувало контроль на 1,3 шт. та показник варіанту з дозою 30 кг/га д. р. на 0,5 шт. (Радченко і Глупак, 2021).

У контрольному варіанті, де обробку проводили лише водою, показники стеблостою були найнижчими впродовж усіх років дослідження: 60 шт./пог. м у 2022 р., 138 – у 2023 р. та 207 – у 2024 р. (рис. 1).

У процесі дослідження було вивчено вплив різних варіантів мінерального та позакореневого удобрення на кількість стебел проса прутіподібного сорту Морозко. Згідно з результатами, кількість стебел значною мірою залежала від рівня агрохімічного забезпечення рослин. Внесення мінерального добрива $N_{30}P_{30}K_{30}$ позитивно вплинуло на розвиток культури – кількість стебел зросла в середньому на 10–12% порівняно з контролем.

Застосування регулятора росту Блек Джек КС і мікродобрива Інтермаг Титан дало схожі результати: у 2023 р. ці варіанти забезпечили формування 170 та 165 стебел/пог. м відповідно, що свідчить про їхню ефективну дію на стимулювання кушніння. У 2024 р. ці показники зросли до 240 і 246 стебел/пог. м, що пов'язано як із погодними умовами року, так і з накопичувальним ефектом агрохімікатів.

Таблиця 1

Структура врожаю проса прутіподібного залежно від удобрення другого року вегетації (см)

№	Варіанти дослідів	Висота рослин, см	Кількість міжвузлів, шт.	Кількість листків на рослині, шт.
1	Контроль (обробка водою)	97,3	3,6	3,9
2	$N_{30}P_{30}K_{30}$	111,2	3,7	4,0
3	Блек Джек КС	113,5	3,8	4,1
4	Інтермаг Титан	115,6	3,8	4,0
5	$N_{30}P_{30}K_{30}$ + Блек Джек КС	117,5	3,9	4,1
6	$N_{30}P_{30}K_{30}$ + Інтермаг Титан	120,4	3,9	4,0

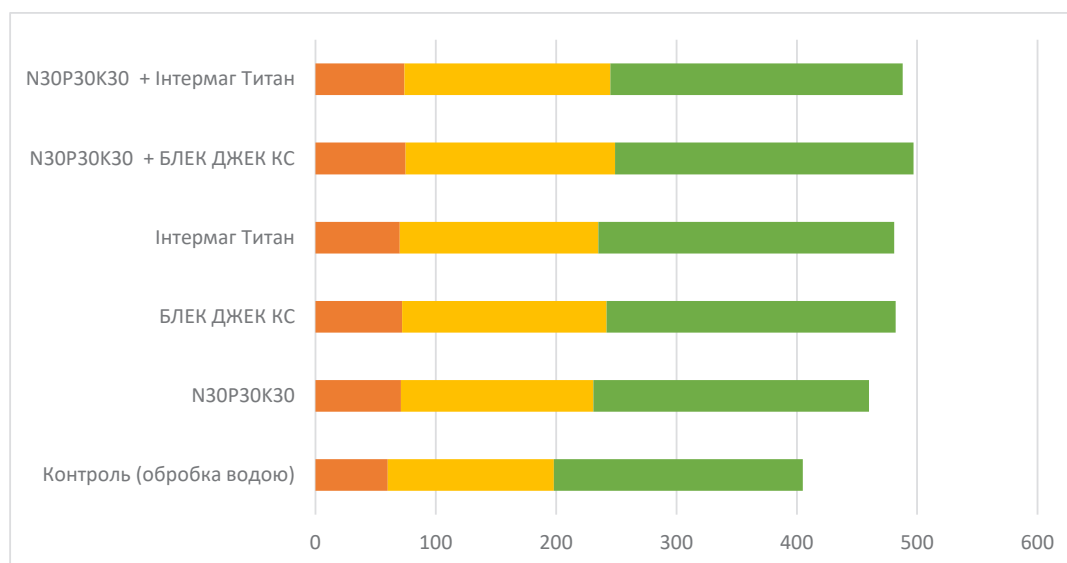


Рис. 1. Кількість стебел проса прутіоподібного залежно від удобрення, шт./пог. М

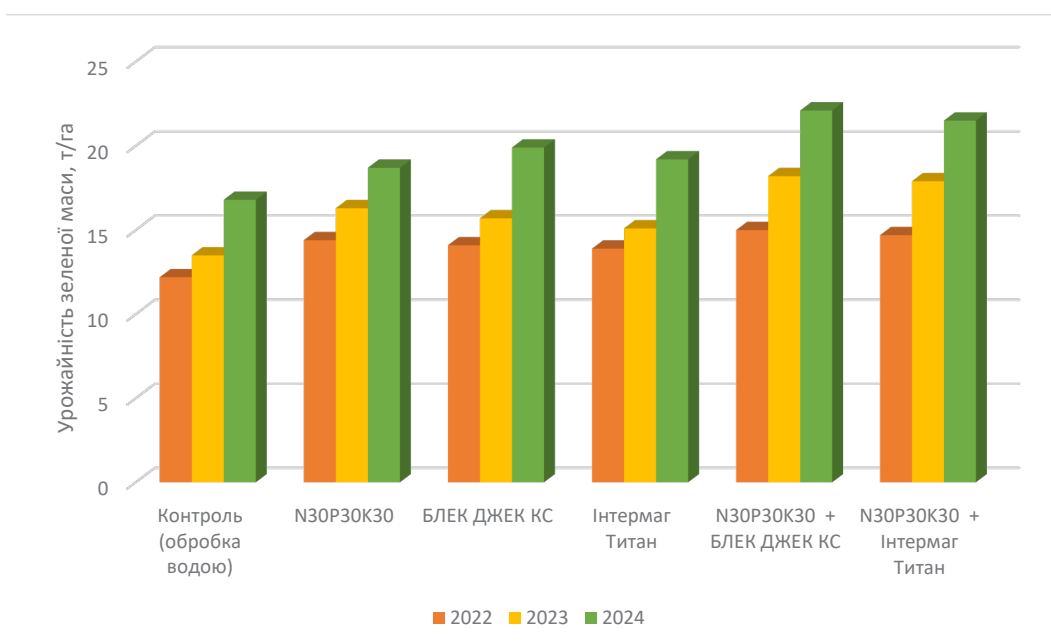


Рис. 2. Урожайність вегетативної маси проса прутіоподібного залежно від удобрення, т/га

Найвищі результати були отримані за поєднання мінерального добрива з позакореневими препаратами. Зокрема, варіант із внесенням $N_{30}P_{30}K_{30}$ + Блек Джекс КС у 2024 р. забезпечив формування 248 стебел/пог. м, а варіант $N_{30}P_{30}K_{30}$ + Інтермаг Титан – 243 стебел/пог. м. Це свідчить про синергетичну дію мінерального живлення та біологічно активних речовин на інтенсивність формування вегетативної маси.

Отже, застосування комплексних варіантів удобрення сприяло істотному підви-

щенню кількості стебел проса прутіоподібного, що є передумовою для формування високої врожайності зеленої маси.

Встановлено, що на контролі врожайність становила від 12,2 т/га у 2022 р. до 16,8 т/га у 2024 р., що є найнижчим показником серед усіх дослідних варіантів (рис. 2). Внесення мінерального добрива в дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ позитивно вплинуло на приріст зеленої маси, забезпечивши зростання врожайності до 18,7 т/га у 2024 р. Застосування

лише позакореневих добрив – Блек Джек КС та Інтермаг Титан – також сприяло підвищенню врожайності, проте дещо поступалося варіанту з базовим мінеральним удобренням. Зокрема, максимальний ефект серед цих варіантів відмічено у варіанті із препаратом Блек Джек КС – 19,9 т/га у 2024 році.

Найвищу врожайність отримано за комбінованого застосування мінерального фону ($N_{30}P_{30}K_{30}$) з позакореневими добривами. У варіантах $N_{30}P_{30}K_{30}$ + Блек Джек КС і $N_{30}P_{30}K_{30}$ + Інтермаг Титан урожайність досягла відповідно 22,1 і 21,5 т/га у 2024 р. Це свідчить про синергетичну дію макро- та мікродобрив на формування вегетативної маси культури.

Отримані дані вказують на ефективність комплексного удобрення в технології вирощування проса прутіподібного. Застосування комбінованих варіантів сприяло збільшенню врожайності зеленої маси на

31,5–35,7% порівняно з контролем, що може бути важливим з огляду на підвищення кормової продуктивності цієї культури.

Висновки

У ґрунтово-кліматичних умовах Західного регіону України на дерново-підзолистих ґрунтах встановлено позитивний вплив внесення мінеральних добрив, гуматного регулятора росту та титановмісного мікродобрива на ріст і продуктивність проса прутіподібного сорту Морозко в усіх дослідних варіантах. Максимальна врожайність зеленої маси – 22,1 т/га – була досягнута за умов сумісного застосування $N_{30}P_{30}K_{30}$ та препарату Блек Джек КС.

Отже, найефективнішими системами удобрення проса прутіподібного для отримання високої врожайності зеленої маси є ті, що включають комплексне використання мінерального живлення в поєднанні з гуматними стимуляторами росту та мікроелементними препаратами на основі титану.

Список використаної літератури

- Беленіхіна А.В. Фактори підвищення врожайності проса: дослідження. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 6. С. 28–30.
- Енергетичні культури: сортимент, біологія, екологія, агротехнологія : колективна монографія / за ред. М.І. Кулика. Полтава : Аструя, 2023. 220 с.
- Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.А. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті Statistica 6.0. Київ : Поліграф-Консалтинг, 2007. 56 с.
- Кулик М.І. Вплив умов вирощування на врожайність фітомаси світчграсу (*Panicum virgatum* L.) другого року вегетації. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 2. С. 30–35. <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.02.07>
- Кулик М.І., Рожко І.І., Білявська А.Г. Мінливість елементів продуктивності та врожайності насіння проса прутіподібного залежно від сорту. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 125. С. 63–72. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.125>.
- Мазур В.А., Браніцький Ю.Ю., Поліщук І.С. Особливості вирощування проса лозовидного в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісництво*. 2017. № 7. Т. 1. С. 19–26.
- Мулярчук О.І. Технологія вирощування сорго цукрового для виробництва біопалива. *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківській області*. 2016. № 20. С. 54–60.
- Мулярчук О.І., Кобернюк О.Т. Вплив мінерального живлення на вихід біоетанолу сорго цукрового. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2017. № 26. Ч. 1. С. 94–101.
- Мусіч В.В., Присяжнюк О.І. Особливості формування продуктивності та якості біомаси проса прутіподібного на кислих ґрунтах. *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10. № 1. <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.265661>.
- Нікітенко М.П., Аверчев С.В. Вирощування проса в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 116. Ч. 2. С. 47–55. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.2.7>.
- Методологія і організація наукових досліджень у сільському господарстві та харчових технологіях / О.І. Присяжнюк та ін. Київ : Нілан-ЛТД, 2021. 300 с.
- Радченко М.В., Глупак З.І. Особливості вирощування світчграсу залежно від елементів технології. *East European Scientific Journal*. 2021. № 1 (65). С. 19–24.
- Ушкаренко В.О., Аверчев О.В. Просо – на півдні України. Херсон : Олді-плюс, 2007. 196 с.
- Шевченко Н.В. Сортіві ресурси проса в Україні. *Аграрні інновації*. 2024. № 25. С. 102–107. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.15>.
- 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.

Sahoo S., Misra M., Mohanty A. Biocomposites from Switchgrass and Lignin Hybrid and Poly (butylene succinate) Bioplastic: Studies on Reactive Compatibilization and Performance Evaluation. *Macromolecular Materials and Engineering*. 2013. Vol. 299, Iss. 2. P. 178–189. <https://doi.org/10.1002/mame.201300038>.

Van Beilen J.B., Poirier Y. Production of renewable polymers from crop plants. *The Plant Journal*. 2008. Vol. 54. Iss. 4. P. 684–701. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03431.x>.

References

Belenikhina, A. (2012). Faktory pidvyshchennia urozhainosti prosa: doslidzhennia [Factors to increase the yield of millet: research]. *Ahrobiznes s'ohodni [Agribusiness today]*, 6, 28–30 [in Ukrainian].

Enerhetychni kultury: sortyment, biolohiia, ekolohiia, ahrotekhnolohiia: kolektyvna monohrafiia (2023). [Energy crops: assortment, biology, ecology, agrotechnology: a collective monograph] / za red. M.I. Kulyka. Poltava. 220 p. [in Ukrainian].

Ermantaut, E.R., Prysiazniuk, O.I., & Shevchenko, I.L. (2007). Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh u paketi Statistica 6.0 [Statistical analysis of agronomic study data in the Statistica 6.0 software suite]. Kyiv : Polihraf-Konsal'tynh [in Ukrainian].

Kulyk, M.I. (2013). Vplyv umov vyroshchuvannia na vrozhaunist fitomasy svitchhrasu (*Panicum virgatum* L.) druhoho roku vechetatsii [The influence of growing conditions on the yield of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) phytomass in the second year of vegetation]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]*, 2, 30–35. <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.02.07> [in Ukrainian].

Kulyk, M.I., Rozhko, I.I., & Biliavska, L.H. (2022). Minlyvist elementiv produktyvnosti ta vrozhaunist nasinnia prosa prutopodibnoho zalezho vid sortu [Variability of yield components and seed productivity of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) depending on the variety]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk [Tavriya Scientific Bulletin]*, 125, 63–72. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.125> [in Ukrainian].

Kulyk, M.I., et al. (2023). Enerhetychni kultury: sortyment, biolohiia, ekolohiia, ahrotekhnolohiia: kolektyvna monohrafiia [Energy crops: assortment, biology, ecology, agrotechnology: collective monograph]. Poltava : Astraia [in Ukrainian].

Mazur, V.A., Branitskyi, Yu.Yu., & Polishchuk, I.S. (2017). Osoblyvosti vyroshchuvannia prosa lozovydnoho v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho [Peculiarities of cultivation of bristly millet in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisnytstvo [Agriculture and Forestry]*, 7 (1), 19–26 [in Ukrainian].

Muliarchuk, O.I. (2016). Tekhnolohiia vyroshchuvannia sorho tsukrovoho dlia vyrobnytstva biopalyva [Technology of sweet sorghum cultivation for biofuel production]. *Visnyk tsentru naukovooho zabezpechennia APV Kharkivskoi oblasti [Bulletin of the Center for Scientific Support of the Agro-Industrial Complex of Kharkiv Region]*, 20, 54–60 [in Ukrainian].

Muliarchuk, O.I., & Koberniuk, O.T. (2017). Vplyv mineralnoho zhyvlennia na vykhid bioetanolu sorho tsukrovoho [Effect of mineral nutrition on bioethanol yield from sweet sorghum]. *Podilskyi visnyk: sil'ske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika [Podilian Bulletin: Agriculture, Technology, Economics]*, 26 (1), 94–101 [in Ukrainian].

Musich, V.V., & Prysiazniuk, O.I. (2022). Peculiarities of the productivity formation and biomass quality of switchgrass on acid soils. *Advanced Agritechnologies*, 10 (1). <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.265661> [in Ukrainian].

Nikitenko, M.P., & Averechev, S.V. (2020). Vyroshchuvannia prosa v umovakh pivdnia Ukrainy [Cultivation of millet under the conditions of Southern Ukraine]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk [Tavriya Scientific Bulletin]*, 116 (2), 47–55. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.2.7> [in Ukrainian].

Prysiazniuk, O.I., Klymovych, N.M., Polunina, O.V., Yevchuk, Ya.V., Tretiakova, S.O., Kononenko, L.M., Voitovska, V.I., & Mykhailovyn, Yu.M. (2021). Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u sil'skomu hospodarstvi ta kharchovykh tekhnolohiiakh [Methodology and organization of scientific research in agriculture and food technologies]. Kyiv : Nilan-LTD [in Ukrainian].

Radchenko, M.V., & Hlupak, Z.I. (2021). Osoblyvosti vyroshchuvannia svitchhrasu zalezho vid elementiv tekhnolohii [Peculiarities of switchgrass cultivation depending on technological elements]. *East European Scientific Journal*, 1 (65), 19–24 [in Ukrainian].

Ushkarenko, V.O., & Averchev, O.V. (2007). Proso – na pivdni Ukrainy [Millet in Southern Ukraine]. Kherson : Oldi-plus [in Ukrainian].

Shevchenko, N.V. (2024). Sortovi resursy prosa v Ukraini [Varietal resources of millet in Ukraine]. *Ahrarni innovatsii [Agrarian Innovations]*, 25, 102–107. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.15> [in Ukrainian].

Karbivska, U.M., Hryhoriv, Ya.Ya., & Sitnyk, A.A. (2023). Impact of fertilization on the productivity of sugar sorghum in the conditions of the Carpathian [Impact of fertilization on the productivity of sugar sorghum in the conditions of the Carpathian]. The 4th International Scientific and Practical Conference “Topical Aspects of Modern Scientific Research”. December 21–23, 2023. Tokyo: CPN Publishing Group, pp. 15–19 [in English].

Sahoo, S., Misra, M., & Mohanty, A. (2013). Biocomposites from switchgrass and lignin hybrid and poly (butylene succinate) bioplastic: Studies on reactive compatibilization and performance evaluation [Biocomposites from switchgrass and lignin hybrid and poly (butylene succinate) bioplastic: Studies on reactive compatibilization and performance evaluation]. *Macromolecular Materials and Engineering*. 299 (2), 178–189. <https://doi.org/10.1002/mame.201300038> [in English].

Van Beilen, J.B., & Poirier, Y. (2008). Production of renewable polymers from crop plants [Production of renewable polymers from crop plants]. *The Plant Journal*, 54 (4), 684–701. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03431.x> [in English].

Отримано: 29.07.2025

Прийнято: 01.09.2025

Опубліковано: 17.10.2025

