



БІОЕНЕРГЕТИЧНІ КУЛЬТУРИ ТА ЦУКРОВІ БУРЯКИ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН: ВИКЛИКИ, РІШЕННЯ, ПЕРСПЕКТИВИ

МАТЕРІАЛИ

Всеукраїнської науково-практичної конференції
(м. Київ, 29 жовтня 2025 р.)



**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**

**БІОЕНЕРГЕТИЧНІ КУЛЬТУРИ
ТА ЦУКРОВІ БУРЯКИ
В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН:
ВИКЛИКИ, РІШЕННЯ, ПЕРСПЕКТИВИ**

**МАТЕРІАЛИ
Всеукраїнської науково-практичної конференції
(м. Київ, 29 жовтня 2025 р.)**

Київ 2025

УДК 633.63:620.91:631.5:551.583(477)(063)

*Рекомендовано до опублікування вченою радою
Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
(протокол № 15 від 13.10.2025)*

Біоенергетичні культури та цукрові буряки в умовах кліматичних змін: виклики, рішення, перспективи : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Київ, 29 жовтня 2025 р.) / НААН України, Ін-т біоенергет. культ. і цукр. буряків. Електрон. вид. Київ : ІБКіЦБ НААН, 2025. 84 с.

ISBN 978-617-8706-06-7 (PDF)

У збірнику представлено матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Біоенергетичні культури та цукрові буряки в умовах кліматичних змін: виклики, рішення, перспективи», організованої Інститутом біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН 29 жовтня 2025 року в м. Києві.

Публікації збірника охоплюють результати сучасних досліджень з актуальних проблем біоенергетики, селекції та технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату.

Для наукових працівників, викладачів, аспірантів та студентів ЗВО аграрного напрямку, спеціалістів сільського господарства.

УДК 633.63:620.91:631.5:551.583(477)(063)

ISBN 978-617-8706-06-7 (PDF)

© Інститут біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН, 2025
© Автори, 2025

ЗМІСТ

АДАПТАЦІЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН: СЕЛЕКЦІЯ СТІЙКИХ СОРТІВ, АГРОТЕХНІЧНІ ЗАХОДИ, МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ

Бобров В. С.

Оцінка адаптаційних властивостей квасолі різних груп стиглості
за фізико-хімічними і технологічними показниками 6

Буюн Є. В.

Вплив регуляторів росту на морфологічні процеси у рослин міскантусу 8

Вишинський А. В.

Адаптивний потенціал сочевиці (*Lens culinaris* Medik.) за морфофізіологічними
та біохімічними показниками в умовах кліматичних змін 9

Вітюк О. О., Ременюк С. О.

Вплив бур'янів на продуктивність квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) 12

Воробйов О. М., Ганженко О. М.

Особливості вирощування садивного матеріалу міскантусу гігантського 14

Данюк В. О.

Особливості формування вегетативної маси верби залежно від елементів технології 16

Злиденний І. І.

Вплив обробки насіння *Sorghum bicolor* (L.) Moench. біологічними препаратами
на посівні якості 19

Козаченко Д. М.

Вплив системи гербіцидного захисту та позакореневого удобрення на врожайність
кукурудзи 22

Кононенко Л. М.

Оцінка сортів кунжуту за біометричними та якісними показниками для підвищення
стійкості до кліматичних змін 23

Макух Д. Я.

Ефективність інтегрованих систем захисту павловнії від бур'янів і низьких температур 26

Продиус М. П., Ганженко О. М.

Покращення посівних якостей насіння буряка цукрового шляхом його обробки
цинкомістким препаратом 28

Макух Я. П., Мошківська С. В., Різник В. М., Кісілевська М. О.

Оцінка ефективності комплексних заходів контролю бур'янів на продуктивність
та насінневу здатність сегетальної флори 31

Слободянюк В. В.

Формування урожайності міскантусу гігантського залежно від основного
та позакореневого живлення в умовах Лісостепу України 33

ЦУКРОВІ БУРЯКИ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУР І ПОСУХИ — ЗМІНИ У ФІЗІОЛОГІЇ РОСЛИН, ВПЛИВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ, ОПТИМІЗАЦІЯ СІВОЗМІН

Іваніна В. В., Доронін В. В.

Продуктивність цукрових буряків за альтернативної органомінеральної системи
удобрення 35

Кисельов Д. О.

Оптимізація строків сівби цукрового буряка в короткоротаційних сівозмінах Західного
Лісостепу України 37

Кудря С. І., Тараріко Ю. О., Кудря Н. А., Личук Г. І.

Вплив погодних умов на врожайність цукрових буряків 39

БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА ГЕНЕТИКА В БУРЯКІВНИЦТВІ ТА БІОЕНЕРГЕТИЦІ — СУЧАСНІ МЕТОДИ СЕЛЕКЦІЇ, ГЕНОМНЕ РЕДАГУВАННЯ, БІОМАРКЕРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Войтовська В. І.

Вплив кадмієвих солей на морфофізіологічні параметри росту та розвитку сорго
(*Sorghum*) у культурі *in vitro* 42

Войтовська В. І., Потапович О. А., Левченко А. М., Єндружієвська Л. П.

Морфофізіологічні процеси росту й розвитку біоенергетичних культур за дії стресових
чинників в умовах *ex vitro* 45

Орлов С. Д., Войтовська В. І.

Подолання геномної несумісності та створення поліплоїдних форм у культурі *in vitro*..... 48

Роїк М. В., Войтовська В. І.

Розвиток насінників цукрових і кормових буряків з яровизованих *in vitro* рослин 51

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ І ҐРУНТОВИХ РЕСУРСІВ — ЗБЕРЕЖЕННЯ РОДЮЧОСТІ, ЗРОШЕННЯ, АГРОЕКОЛОГІЧНІ ПРАКТИКИ

Копитов О. В.

Вплив елементів технології вирощування на ріст та розвиток кукурудзи 54

Марків М. В.

Формування якості буряків цукрових за застосування позакореневого підживлення
в умовах Лісостепу України 55

Prysiashniuk O. I., Kononiuk N. O., Maliarenko O. A., Musich V. V.

Formation of winter bread wheat yield under the influence of weather conditions
in the Kyiv region 55

Сінченко В. М., Атаманюк О. М.

Продуктивність пшениці озимої залежно від довготривалого застосування добрив
у плодозмінній та зернопросапній сівозмінах 56

ІНТЕГРАЦІЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР В ЕНЕРГЕТИЧНУ СТРАТЕГІЮ УКРАЇНИ — БІОПАЛИВО, БІОГАЗ, ЕНЕРГЕТИЧНА НЕЗАЛЕЖНІСТЬ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Берещук О. О. Біоенергетичні культури як стратегічний ресурс для виробництва відновлюваних видів енергії	61
Бойко І. І., Данюк М. С. Вплив віку плантацій на продуктивність і якість деревини тополі чорної (<i>Populus nigra</i> L.) в умовах України	64
Крушець О. О. Вирощування кукурудзи на біоенергетичні цілі	67
Мандровська С. М. Біоенергетичний потенціал і формування продуктивності сортів проса прутоподібного (<i>Panicum virgatum</i> L.) в умовах України	68
Остапчук М. М. Особливості вирощування кукурудзи як сировини для виробництва біопалива	70

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ КУЛЬТУР — ВУГЛЕЦЕВИЙ СЛІД, БІОРІЗНОМАНІТТЯ, ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА

Борисенко Б. М. Вплив елементів технології вирощування на особливості росту й розвитку соняшнику ...	73
Михайловин Ю. М. Інвазійні види бур'янів та їхній екологічний вплив на продуктивність технічних і біоенергетичних культур	74
Бурба І. Є. Оцінка компонентів продуктивності як факторів формування врожайності рослин ячменю звичайного (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	77
Манзюк Я. В. Динаміка накопичення пігментів хлорофілів <i>a</i> та <i>b</i> у листі цукрових буряків різного генетичного походження	78
Качан М. В., Жемойда В. Л., Мокрієнко В. А., Спряжка Р. О. Добір гібридів кукурудзи за індексом ефективної продуктивності	79
Невгод Р. В., Захарчук Н. А. Формування фотосинтетичного потенціалу картоплі залежно від впливу біостимуляторів та біофунгіцидів за органічної системи удобрення	80

АДАПТАЦІЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН: СЕЛЕКЦІЯ СТІЙКИХ СОРТІВ, АГРОТЕХНІЧНІ ЗАХОДИ, МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ

ОЦІНКА АДАПТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КВАСОЛІ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ ЗА ФІЗИКО-ХІМІЧНИМИ І ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

В. С. Бобров, аспірант

Уманський національний університет, м. Умань

Квасоля (*Phaseolus vulgaris* L.) є однією з найбільш поширених і цінних продовольчих бобових культур, що має високу біологічну та харчову цінність завдяки збалансованому хімічному складу. Вона характеризується значним умістом білків, клітковини, мінеральних елементів, вітамінів і природних антиоксидантів, що зумовлює її важливе місце в раціоні людини [1].

Одним із провідних факторів, які визначають якість зерна квасолі, є група стиглості, що безпосередньо впливає на її фізико-хімічні та технологічні властивості. Зокрема, показники, такі як тривалість розварювання, вміст вологи, сухих речовин, цукрів, органічних кислот, білків та інших компонентів, є критеріями оцінки технологічної придатності зерна до різних напрямів перероблення [2, 3]. Вивчення цих параметрів дає змогу комплексно оцінити адаптивний потенціал різних груп стиглості квасолі в умовах мінливого клімату.

Квасоля розглядається як одна з провідних бобових культур за харчовою цінністю, що зумовлено високим умістом білка, вуглеводів, жирів, макро- та мікроелементів, а також вітамінів. Установлено, що фізико-хімічні та технологічні властивості зерна істотно варіюють залежно від сорту і групи стиглості, що визначає не лише хімічний склад, але й ефективність технологічних процесів – зокрема, варіння, ферментації, сушіння та зберігання [4].

За даними вітчизняних дослідників, зокрема О. В. Овчарука [5], група стиглості квасолі істотно впливає на вміст білків і вуглеводів у зерні. Зокрема, ранньостиглі сорти характеризуються нижчим умістом сухих речовин та вищою вологістю (приблизно 13,6 %), тоді як пізньостиглі відзначаються підвищеним умістом сухих речовин (до 15 %), що забезпечує кращу лежкість зерна і стійкість до зберігання.

Згідно з даними зарубіжних авторів [6], у пізньостиглих сортів спостерігається вищий рівень цукрів, що може бути зумовлено тривалішим періодом фотосинтетичної активності й нагромадження вуглеводів у бобах. Це має важливе значення для промислової переробки, оскільки високий уміст цукрів підвищує ефективність ферментаційних і консервувальних процесів. Водночас у середньостиглих сортів підвищена концентрація органічних кислот може знижувати активність деяких ферментів у процесі бродіння, що обмежує їх використання у ферментованих продуктах [7, 8].

Технологічні властивості зерна, зокрема здатність до розварювання, мають вирішальне значення для вибору сортів квасолі в кулінарній та промисловій практиці. Результати іноземних досліджень свідчать, що ранньостиглі сорти зазвичай мають нижчу розварюваність, ніж середньо- та пізньостиглі, що зменшує їх придатність для певних напрямів кулінарної обробки [9, 10]. Водночас пізньостиглі форми, завдяки вищому вмісту сухих речовин і нижчій вологості, характеризуються кращою розварюваністю, що підвищує їх технологічну цінність для промислової переробки і тривалого зберігання [11, 12].

У дослідженнях було використано сорти квасолі 'Білосніжна', 'Галактика', 'Дар', 'Щедра', 'Панна', 'Перлина', 'Ассоль', 'Докучаєвська', 'Мавка', що належать до різних груп стиглості: ранньостиглої, середньостиглої та пізньостиглої. Їх вирощували на дослідних полях Уманського національного університету за загальноприйнятою технологією та аналізували згідно сучасних методів і методик [13–15].

Установлено, що вміст вологи у зерні квасолі варіює залежно від групи стиглості. Зокрема, у ранньостиглих сортів він становив у середньому 12,5 %, у середньостиглих — 13,0 %, тоді як у пізньостиглих досягав 13,5 %. Виявлена тенденція до поступового зростання вмісту вологи з пізнішими строками досягання є статистично достовірною ($p = 0,021$), що свідчить про функціональну залежність цього показника від фенологічної групи.

Зі збільшенням строку досягання спостерігається також зростання вмісту білка: у ранньостиглих сортів він становив 22,5 г/100 г, у середньостиглих — 24,0 г/100 г, а в пізньостиглих — 25,5 г/100 г. Таким чином, у пізньостиглих сортів кількість білка була на 13,3 % більшою порівняно з ранньостиглими, що підтверджено високим рівнем статистичної значущості ($p < 0,001$).

Уміст жиру також зростає з пізнішими строками досягання: у ранньостиглих сортів він становив 1,4 г/100 г, у середньостиглих — 1,6 г/100 г (+14,3 %), а в пізньостиглих — 1,8 г/100 г (+28,6 %). Виявлена динаміка є статистично значущою ($p = 0,003$) і може бути зумовлена активнішими процесами ліпідогенезу в пізньостиглих генотипах.

Водночас установлено зворотну залежність між строком досягання і вмістом вуглеводів: у ранньостиглих сортів цей показник становив 59,0 г/100 г, у середньостиглих — 57,5 г/100 г (–2,5 %), а в пізньостиглих — 56,0 г/100 г (–5,1 %). Зменшення вуглеводного резерву на тлі підвищення білкового й зольного компонентів свідчить про перерозподіл метаболітів у напрямі підвищення структурно-функціональної зрілості зерна ($p = 0,009$).

Відзначено, що пізньостиглі сорти мають найбільшу втрату маси ($7,5 \pm 0,5$ %), що може свідчити про більшу кількість води в зернах, порівняно з ранньостиглими ($5,8 \pm 0,3$ %). І ще вони мають найвищий вміст крохмалю ($52,1 \pm 2,3$ %), що робить їх більш енергетичними, порівняно з ранньостиглими ($40,2 \pm 1,8$ %) і середньостиглими ($45,8 \pm 2,0$ %) сортами.

Література

1. Овчарук О., Іванюк С. Квасоля цінне джерело рослинного білка, зумовлене сортовими особливостями. *Продовольча індустрія АПК*. 2015. № 1–2. С. 38–40.
2. Мазур О. В., Колісник О. М., Телекало Н. В. Генотипні відмінності сортозразків квасолі звичайної за технологічністю. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 7, т. 2. С. 33–39. URL: <http://repository.vsau.vin.ua/repository/getfile.php/19054.pdf>
3. Uebersax M. A., Hosfield G. L., Kelly J. D. et al. Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a vital component of sustainable agriculture and food security—A review. *Legume Science*. 2023. Vol. 5, Iss. 1. Article e155. <https://doi.org/10.1002/leg3.155>
4. Rubiales D., Mikic A. Introduction: legumes in sustainable agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2015. Vol. 34, Iss. 1–3. P. 2–3. <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.897896>
5. Овчарук О. В. Перспективи вирощування квасолі в Україні. *Сучасні агротехнології: тенденції та інновації*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Вінниця, 17–18 листопада 2021 р.). Вінниця, 2015. С. 282–284.
6. Broughton W. J., Hernández G., Blair M. et al. Beans (*Phaseolus* spp.) — model food legumes. *Plant and Soil*. 2003. Vol. 252. P. 55–128. <https://doi.org/10.1023/A:1024146710611>
7. Іванюк С. В., Глявин А. В. Оцінка сортозразків квасолі звичайної на основі кореляції кількісних ознак та індексів. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 101. С. 192–197.
8. Jensen E. S., Peoples M. B., Hauggaard-Nielsen H. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2012. Vol. 32. P. 329–364. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0056-7>
9. Kumar S., Nayyar H., Singh K. et al. Grain legumes: a diversified diet for sustainable livelihood, food, and nutritional security. *Advances in Legumes for Sustainable Intensification*.

Academic Press, 2022. P. 157–178. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85797-0.00007-0>

10. Legumes for Soil Health and Sustainable Management / edited by R. Meena, A. Das, G. Yadav, R. Lal. Singapore : Springer, 2018. 978 p. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-0253-4>

11. Kumar S., Meena R. S., Datta R. et al. Legumes for Carbon and Nitrogen Cycling: An Organic Approach. *Carbon and Nitrogen Cycling in Soil* / edited by R. Datta, R. Meena, S. Pathan. Singapore : Springer, 2020. P. 337–375. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7264-3_10

12. Mkanda A. V., Minnaar A., de Kock H. L. Relating consumer preferences to sensory and physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2007. Vol. 87, Iss. 15. P. 2868–2879. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3046>

13. Oomah B. D., Liang L. S. Y., Balasubramanian P. Volatile compounds of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Foods for Human Nutrition*. 2007. Vol. 62, Iss. 4. P. 177–183. <https://doi.org/10.1007/s11130-007-0059-3>

14. Burnside O. C., Wilson R. G., Weisberg S. Critical periods for weed control in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Science*. 1998. Vol. 46, Iss. 3. P. 301–306. <https://doi.org/10.1017/S0043174500089451>

15. Самойленко С. О., Губський С. М. Сучасні методи дослідження сировини та харчових продуктів : конспект лекцій. Харків : ХДУХТ, 2019. 73 с.

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА МОРФОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ У РОСЛИН МІСКАНТУСУ

Є. В. Буюн, аспірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Зміна клімату й наслідки, які передбаченні цим процесом, є певним викликом для галузі сільського господарства у всьому світі. Підвищення температури, зменшення кількості опадів і реакція рослин на ці процеси, це ті питання на які шукають відповідь чи не всі аграрії світу, адже мова іде не тільки про продовольчу безпеку але і біоенергетичну також.

Підбір культур, вибір посухостійких сортів, адаптація ґрунтообробних технологій з метою мінімізації втрат вологи, це ті прийоми, які сприяють до сталості такого виробництва. Ще одним не менш важливим напрямком є вибір елементів технологій вирощування який міг би мати вплив на можливість культур протистояти цим викликам. Для України у зв'язку з нестачею власних енергоресурсів важливим є створення власного відновлювального джерела енергії на основі вирощування рослинної біоенергетичної сировини, наприклад міскантусу [1]. А питання збільшення виходу такої сировини в зоні недостатнього зволоження, до якої вже відносять Південну і частину Центральної України є досить актуальним.

Міскантус хоч і являється досить посухостійкою енергетичною культурою і менш залежний до температурних коливань у порівнянні із іншими сільськогосподарськими культурами, однак застосування певних агротехнічних прийомів роблять цю стійкість ще вищою, і це відповідним чином відображається на показниках урожайності [2].

Одним із прийомів який може суттєво підвищувати стійкість рослин до кліматичних змін є внесення рістрегуляторів. Вплив регуляторів росту на фізіологічні, біохімічні та морфологічні процеси вивчений недостатньо, чим і пояснюється актуальність теми.

У роботі наведено результати досліджень по вивченню впливу регуляторів росту на морфологічні процеси рослин міскантусу. Прямий вплив на висоту рослин мають і морфорегулятори. Власне ці продукти і розроблені для впливу на цей показник. Ефективність цих продуктів на різних культурах, злакових чи дводольних, також різна. Як засвідчують літературні данні, в залежності на які сайти працює продукт, інтеркалярний ріст (для злакових) чи на біосинтез етилену (для дводольних) є різниця по впливу цих продуктів на певні види рослин.

У ході аналізу динаміки зміни висоти рослин міскантусу гігантського до уваги взяли

чотири дати протягом вегетації, що відповідали певним фазам росту і розвитку рослин міскантусу гігантського. Загалом, перша половина вегетації рослин, фази BBCH 13–14 — BBCH 45–47 характеризувалися більш інтенсивними наростанням висоти ніж проміжок вегетації BBCH 45–47 — BBCH 90–92. Сприяли цьому процесу у першу чергу фактори фізіології самої рослини. При застосування морфорегуляторів Моддус і Церон спостерігається тенденція зниження висоти рослин у порівнянні із контролем, при цьому слід відмітити, що продукт Церон працював більш інтенсивно у порівнянні із продуктом Моддус.

Література

1. Блюм Я. Б., Григорюк І. П., Дмитрук К. В. та ін. Система використання біоресурсів у новітніх біотехнологіях отримання альтернативних палив. Київ : Аграр Медіа, 2014. 360 с.
2. Ivanyshyn V., Nedilka U. et al. Prospects of Growing *Miscanthus* as Alternative Source of Biofuel. Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation: ICORES 2017, 2018. P. 801–812. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72371-6_78

АДАПТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СОЧЕВИЦІ (*LENS CULINARIS* MEDIK.) ЗА МОРФОФІЗІОЛОГІЧНИМИ ТА БІОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

А. В. Вишинський, аспірант

Уманський національний університет, м. Умань

Сочевиця (*Lens culinaris* Medik.) належить до провідних представників зернобобових культур, що характеризуються підвищеним умістом білка, харчових волокон, мінеральних речовин і вітамінів. Такий склад зумовлює її високу харчову й дієтичну цінність, особливо у раціонах з обмеженим споживанням продуктів тваринного походження або за вегетаріанського типу харчування [1]. Водночас фізіолого-біохімічні властивості зерна суттєво залежать від ботанічного типу та кольору насіння, що зумовлює різницю у його кулінарних і технологічних характеристиках [2]. Тому актуальним є комплексне дослідження морфологічних, біохімічних і функціонально-технологічних параметрів зерна сочевиці з метою раціонального добору вихідного матеріалу та визначення перспективних напрямів його використання в харчових технологіях.

Оцінювання морфологічних, біохімічних і технологічних властивостей зерна сочевиці різних видів має істотне значення, оскільки ці параметри визначають якість та споживчі властивості харчових продуктів, виготовлених на її основі. Сочевиця є однією з найдавніших культур, що традиційно використовується в раціонах людини, тому інтерес до вивчення її якісних показників залишається стабільно високим [3].

Дослідження українських науковців, зокрема Н. В. Болгової та ін. [4], В. П. Резніченка та ін. [5], акцентують увагу на сортових і біохімічних особливостях сочевиці, які визначають її харчову цінність. У працях зарубіжних дослідників також наголошується на важливості кольору насіння як фактору, що впливає на біохімічний склад та технологічні властивості сочевиці. Установлено, що забарвлення оболонки корелює з водопоглинальною здатністю, тривалістю розварювання та збереженням смаку після термічної обробки [6–8].

За даними S. B. Dhull et al. [9], такі показники, як коефіцієнт розварювання та збереження форми зерна, суттєво варіюють залежно від виду та кольору насіння. Зазвичай сорти з більш світлим забарвленням мають ніжнішу текстуру, тоді як темнозабарвлені характеризуються вищою кулінарною стабільністю [10, 11].

Н. Ганді [12] у своїх роботах акцентує увагу на генотипній варіабельності сортів, яка зумовлює різницю у кількісних та якісних характеристиках зерна. Значну роль відіграють фенотипічні ознаки, зокрема форма та забарвлення насіння, що визначають його придатність для різних технологічних напрямів. Дослідження Alrosan Mohammad [13] доповнюють ці

дані, враховуючи екологічні аспекти вирощування, які безпосередньо впливають на якість зерна та його екологічну стійкість. Крім того, такі технологічні параметри, як водопоглинальна здатність та втрата сухої речовини під час кулінарної обробки, залежать не лише від генетичних особливостей сорту, а й від умов вирощування [14–17].

Отже, сукупність наукових даних свідчить, що біохімічний склад оболонки сочевиці суттєво варіює залежно від виду та забарвлення, що має важливе прикладне значення. Оболонка є цінним джерелом харчових волокон, фенольних сполук, мінералів і вітамінів, концентрація яких визначається кольором насіння та прямо впливає на його поживну й функціональну цінність.

Для проведення досліджень морфологічних, біохімічних і технологічних властивостей насіння сочевиці використовувалися стандарти, методи та норми, затверджені в державних стандартах України, що дозволяє забезпечити наукову точність та стандартизовані процедури [18–20].

У досліджах використовували насіння різних видів сочевиці, що різняться забарвленням (червона, зелена, чорна, коричнева). Насіння було відібрано відповідно до вимог ДСТУ 4413 : 2005 і ДСТУ 4916 : 2008 [21, 22]. Морфологічні властивості — форму, розмір, колір, текстуру оцінювали за допомогою мікроскопії та інших вимірювальних методів, що відповідають вимогам ISO 9796 : 2000 [21] і ДСТУ 4413 : 2005 [22].

Проведений аналіз вмісту харчових волокон засвідчив статистично достовірні міжвидові відмінності ($p < 0,0001$). Найвищий рівень клітковини виявлено у коричневої сочевиці ($6,0 \pm 0,4$ %), що визначає її доцільність для використання в раціонах функціонального харчування, зокрема для збагачення продуктів харчовими волокнами. Жовта сочевиця навпаки характеризувалася найнижчим показником ($3,8 \pm 0,2$ %), що частково пояснює її ніжну консистенцію після термічної обробки та нижчу структурну щільність клітинних стінок.

Морфометричний аналіз засвідчив, що зелена сочевиця має найбільшу масу 1000 насінин ($55,2 \pm 2,3$ г), що може бути технологічно вигідним під час механічного сортування та калібрування насіння.

Жовта форма відзначалася найменшим значенням цього показника ($38,9 \pm 1,7$ г), що зумовлено її дрібнозернистою морфоструктурою. Виявлена різниця між видами є статистично високодостовірною ($p < 0,0001$), що вказує на виражені морфологічні особливості досліджуваного матеріалу.

Аналіз вмісту жирової фракції показав, що чорна сочевиця характеризується максимальним рівнем жирів ($1,5 \pm 0,1$ %), що може бути пов'язано з більш інтенсивним ліпідним обміном і зумовлює виражений смаковий профіль цієї форми. Найнижчі показники встановлено у коричневої сочевиці ($1,1 \pm 0,1$ %), що може впливати на зниження енергетичної цінності зерна. Виявлені відмінності є статистично значущими ($p = 0,0247$).

Водночас чорна сочевиця продемонструвала найвищу антиоксидантну активність ($18,1 \pm 0,9$ мг/100 г), що вказує на підвищений вміст фенольних сполук і поліфенолів. Це визначає її потенційну цінність як джерела біологічно активних компонентів, придатних для використання у виробництві функціональних харчових продуктів і нутрицевтиків.

Встановлено достовірні ($p < 0,05$) міжвидові відмінності у тривалості теплової обробки та коефіцієнті розварювання сочевиці, що зумовлено морфологічними та структурними особливостями насіння. Тривалість варіння варіювала в широких межах — від 18,3 до 72,5 хв, тоді як коефіцієнт розварювання змінювався від 1,2 до 2,3.

Порівняльна характеристика показала, що червона сочевиця мала найменший час варіння (18,3 хв), високу водопоглинальну здатність (125,8 %) та найбільші втрати сухої маси (6,8 %), що вказує на її схильність до швидкого розм'якшення під час термічної обробки. Ці властивості роблять її технологічно придатною для виготовлення пюреподібних страв і супів.

Жовта форма мала високий коефіцієнт розварювання (2,3) за помірного часу варіння (20,5 хв), що робить її перспективною для виготовлення страв із м'якою консистенцією. Крім того, встановлено варіацію біохімічних параметрів залежно від забарвлення насіння: вміст сирого білка змінювався в межах 17,2–23,5 %, що відображає як генетичну специфічність, так і потенційну адаптивність різновидів сочевиці до умов вирощування та технологічної обробки.

Література

1. Присяжнюк О. І., Топчій О. В., Слободянюк С. В. та ін. Сочевиця. Біологія та вирощування. Вінниця : ТВОРИ, 2020. 180 с. <https://doi.org/10.47414/978-966-949-472-6>
2. Янюк Т. І., Тракало Т. О., Ганзенко В. В. Вивчення властивостей зернобобової сировини для отримання функціональних продуктів. *Молодий вчений*. 2021. № 6. С. 108–113. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-6-94-24>
3. Войтовська В. І., Третякова С. О., Євчук Я. В., Кононенко Л. М. Безглютенові види борошна та їх використання у виробництві харчових виробів спеціального призначення. *The world of science and innovation : Abstracts of the 6th International scientific and practical conference*. London, United Kingdom : Cognum Publishing House, 2021. Р. 431–442.
4. Болгова Н., Самілик М., Назаренко Ю., Шмідт Б. Обґрунтування вибору білкової рослинної сировини для розробки сирного продукту. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2023. Вип. 13, № 2. URL: <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/426>
5. Резніченко В. П., Ковальов М. М., Корнічева Г. І. Вплив мінерального живлення та інокуляції на урожайність сочевиці. *The VIIIth International scientific and practical conference "Modern problems in science"* (Prague, Czech Republic, November 09–12, 2020). Prague, 2020. Р. 42–46.
6. Liberal Â., Gonçalves C., Andrade P. B. et al. Nutritional, chemical, and antioxidant screening of selected varieties of lentils (*Lens culinaris* spp.) from organic and conventional agriculture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2024. Vol. 104, Iss. 1. Р. 104–115. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12896>
7. Li M., Zhang Y., Yan Y. et al. Nutritional value, phytochemical potential, and biological activities in lentils (*Lens culinaris* Medik.): A review. *Food Reviews International*. 2024. Vol. 40, Iss. 7. Р. 2024–2054. <https://doi.org/10.1080/87559129.2023.2245073>
8. Prysiazniuk O., Maliarenko O., Biliavska L. et al. Measuring and alleviating drought stress in pea and lentil. *Agronomy Research*. 2023. Vol. 21, Iss. 2. Р. 560–576. <https://doi.org/10.159/AR.23.023>
9. Dhull S. B., Kinabo J., Uebersax M. A. Nutrient profile and effect of processing methods on the composition and functional properties of lentils (*Lens culinaris* Medik.): A review. *Legume Science*. 2023. Vol. 5, Iss. 1. Article e156. <https://doi.org/10.1002/leg3.156>
10. Abd El-Aziz A. R., Al-Othman M. R. Gold nanoparticles biosynthesis using Zingiber officinale and their impact on the growth and chemical composition of lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Pakistan Journal of Botany*. 2019. Vol. 51, Iss. 2. Р. 443–450. [https://doi.org/10.30848/PJB2019-2\(21\)](https://doi.org/10.30848/PJB2019-2(21))
11. Prashanth C. B., Babu S. G., Kumar R. A., Sriram S. Traditional uses, bioactive composition and pharmacological activities of *Lens culinaris*. *South African Journal of Botany*. 2024. Vol. 168. Р. 542–561. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.03.045>
12. Gandhi H., Toor B. S., Kaur M. et al. Effect of processing treatments on physicochemical, functional and thermal characteristics of lentils (*Lens culinaris*). *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2022. Vol. 16, Iss. 6. Р. 4603–4614. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01549-1>
13. Alrosan M., Tan T.-C., Mat Easa A. et al. Effects of fermentation on the quality, structure, and nonnutritive contents of lentil (*Lens culinaris*) proteins. *Journal of Food Quality*. 2021. Vol. 2021. Article 5556450. <https://doi.org/10.1155/2021/5556450>
14. Войтовська В. І., Євчук Я. В., Третякова С. О., Свідельська Н. М. Перспективи використання нішевих культур у виробництві безглютенової продукції. *World science: problems, prospects and innovations : Abstracts of the 5th International scientific and practical conference*. Toronto, Canada, 2021. Р. 424–434.
15. Kaale L. D., Siddiq M., Hooper S. Lentil (*Lens culinaris* Medik) as nutrient rich and versatile food legume: A review. *Legume Science*. 2023. Vol. 5, Iss. 2. Article e169. <https://doi.org/10.1002/leg3.169>

16. De Angelis D., Nardini M., Macchia M. et al. Data on the proximate composition, bioactive compounds, physicochemical and functional properties of a collection of faba beans (*Vicia faba* L.) and lentils (*Lens culinaris* Medik.). *Data in Brief*. 2021. Vol. 34. Article 106660. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106660>
17. Vus N. A., Bezuglaya O. N., Kobyzeva L. N. et al. A feature collection of lentil (*Lens culinaris* Medik.) by nutritious value of seeds. *Селекція і насінництво*. 2020. Вип. 117. С. 25–36. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2020.206962>
18. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Кононенко Л. М. та ін. Методологія і організація наукових досліджень в сільському господарстві та харчових технологіях. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2021. 300 с. <https://doi.org/10.47414/978-966-924-927-2>
19. Роїк М. В., Чернуський В. В., Войтовська В. І., Зінченко О. А. Методологія принципів формування параметричних баз метаданих (big dātā) онтогенетичних станів рослин для порівняння їх в цифровому форматі в селекційних розсадниках з метою оптимізації добору в технології селекції : науково-методичні рекомендації. Київ : Аграрна наука, 2024. 96 с.
20. ISO 23200:2012. Бобові. Методи визначення вмісту вологи. International Organization for Standardization, 2012.
21. ISO 9796:2000. Бобові культури. Оцінка якості. International Organization for Standardization, 2000.
22. ДСТУ 4413:2005. Квасоля. Технічні умови. Київ : Держстандарт України, 2005. 12 с.

ВПЛИВ БУР'ЯНІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ (*PHASEOLUS VULGARIS* L.)

С. О. Ременюк, кандидат с.-г. наук

О. О. Вітюк, аспірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) є однією з найважливіших бобових культур у світовому землеробстві, що має значне продовольче та економічне значення. Вона є цінним джерелом рослинного білка, вітамінів і мінералів, а також відіграє ключову роль у сівозмінах завдяки здатності до біологічної азотфіксації. Незважаючи на високий потенціал урожайності, реальні показники продуктивності часто обмежуються низкою абіотичних і біотичних факторів, серед яких рослини-бур'яни є одними з найбільш шкодочинних. Конкурентні взаємовідносини між квасолею та бур'янами можуть проявлятися на різних етапах вегетації та впливати на урожайність і якісні показники культури. Шкодочинність бур'янів у посівах квасолі є багатофакторним процесом, що включає пряму конкуренцію за життєво важливі ресурси, прихований хімічний вплив (алелопатію) та непрямий вплив на біологічні процеси культури. Розуміння цих механізмів є критично важливим для розробки ефективних методів контролювання бур'янів.

Метою досліджень було встановити вплив інокуляції насіння та різних заходів контролю бур'янів на рівень забур'яненості, ріст, розвиток і формування врожайності квасолі 'Білосніжка' в умовах Правобережного Лісостепу України.

Результати досліджень. Установлено, що інокуляція насіння та застосування гербіцидів істотно впливали на показники росту, біомасу і врожайність квасолі сорту 'Білосніжка' (табл. 1). У контрольному варіанті без інокуляції та гербіцидів спостерігалася найбільша забур'яненість посівів — 118 шт./м², що негативно позначалося на ростових процесах. Висота рослин становила лише 48,2 см, біомаса — 9,6 г/рослину, а врожайність — 2,12 т/га. Застосування інокулянтів сприяло покращенню ростових показників навіть за відсутності хімічного контролю бур'янів. Так, у варіанті з використанням Легум Фікс висота рослин збільшилася до 54,6 см, біомаса — до 12,8 г, а урожайність — до 2,45 т/га, що на

15,6 % вище порівняно з контролем. Дещо нижчі показники отримано за обробки Біоінокулянт-БТУ, де урожайність становила 2,32 т/га. Найбільше зменшення забур'яненості забезпечили гербіциди. За застосування ГЕЗАГАРД 500 FW (3 л/га) густина бур'янів зменшилася у 3,7 раза порівняно з контролем, а урожайність підвищилася до 2,76 т/га. Використання Корум (1,25–2,0 л/га) + ПАР Метолат (1,0 л/га) дало схожий результат — 2,84 т/га.

Таблиця 1

Вплив інокуляції насіння та заходів контролю бур'янів на забур'яненість, ріст і врожайність квасолі 'Білосніжка' (ДП «Ксаверівка 2», 2025 р.)

Варіант досліджу	Густина бур'янів, шт./м ²	Висота рослин, см	Біомаса, г/роsl.	Урожайність, т/га
Без інокуляції, без гербіцидів (контроль)	118	48,2	9,6	2,12
Інокулянт Легум Фікс (225–250 г/т), без гербіцидів	112	54,6	12,8	2,45
Біоінокулянт-БТУ (2 кг/т), без гербіцидів	115	52,3	11,9	2,32
ГЕЗАГАРД 500 FW (3 л/га), без інокуляції	32	60,4	15,6	2,76
ГЕЗАГАРД 500 FW + Легум Фікс	28	65,1	18,4	3,0
Корум (1,25–2 л/га) + ПАР Метолат (1 л/га), без інокуляції	22	61,0	16,1	2,84
Корум + Метолат + Легум Фікс	18	66,3	19,0	3,12

Поєднання інокуляції з гербіцидним контролем виявило синергічний ефект. Найвищі показники росту та продуктивності відзначено у варіантах ГЕЗАГАРД + Легум Фікс та Корум + Метолат + Легум Фікс. При цьому висота рослин становила 65,1–66,3 см, біомаса — 18,4–19,0 г, а урожайність досягала 3,0–3,12 т/га, що перевищує контроль на 40–47 %.

Висновки. Проведені дослідження показали, що поєднання інокуляції насіння з ефективним контролем бур'янів є одним із ключових чинників формування високої продуктивності посівів квасолі. За результатами спостережень встановлено, що в контрольному варіанті, де не застосовували інокулянтів і гербіцидів, спостерігалася надмірна забур'яненість (118 шт./м²), яка суттєво пригнічувала ріст рослин, знижувала їх біомасу та врожайність. Це свідчить про сильну конкурентну дію бур'янів за вологу, світло і поживні речовини, особливо на ранніх етапах розвитку культури. Найбільш ефективним варіантом технології для квасолі 'Білосніжка' є інокуляція насіння препаратом Легум Фікс у поєднанні з застосуванням гербіцидів ГЕЗАГАРД 500 FW або Корум + Метолат, що дає змогу підвищити урожайність культури на 40–50 % порівняно з контрольним варіантом та забезпечує оптимальний баланс між біологічними і хімічними чинниками продуктивності.

Література

1. Сінченко В. М., Макух Я. П., Ременюк С. О., Широкоступ О. В. Особливості захисту посівів квасолі від бур'янів. *Біоенергетика*. 2024. № 1. С. 11–13. <https://doi.org/10.47414/be.2024.No1.pp11-13>
2. Бажина Н. О. Особливості забур'янення посівів квасолі звичайної та ефективність контролювання бур'янів гербіцидами комбінованої дії. *Цукрові буряки*. 2015. № 6. С. 16–18.
3. Окрушко С. Є. Вплив водних витяжок із різних органів бур'янів на проростання *Phaseolus vulgaris* L. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 3. С. 94–109. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-3-9>
4. Кириченко А. М., Богдан М. М., Щербатенко І. С. Бур'ян-резерватори вірусів в агробіоценозах зернобобових в Україні. *Мікробіологічний журнал*. 2020. Т. 82, № 6. С. 94–106. <https://doi.org/10.15407/microbiolj82.06.094>
5. Методика випробування і застосування пестицидів. / за заг. ред. С. О. Трибеля. Київ : Світ, 2001. С. 174–175.

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО

О. М. Воробйов, аспірант,
О. М. Ганженко, доктор с.-г. наук

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Зміна клімату вважається найбільшою глобальною загрозою сталому розвитку [4]. Очікується, що підвищення використання відновлюваних джерел енергії допоможе пом'якшити зміну клімату та підвищити енергетичну безпеку [9]. Унаслідок кліматичних змін природна рослинність і культурні посіви зазнають зростаючих ризиків посух і екстремальних погодних явищ [3].

Вирощування енергетичних культур розглядається як перспективне рішення для майбутнього, оскільки воно забезпечує нейтральне, чисте та відновлюване джерело енергії [5]. У центрі досліджень останніх років опинилися багаторічні злакові культури другого покоління, які очікувано суттєво сприятимуть досягненню цілей зі скорочення викидів парникових газів [10].

Порівняно з продовольчими системами та типовими однорічними культурами, вирощування кореневищних багаторічних трав пропонує сталу альтернативу. Воно знижує конкуренцію за землю, що використовується для виробництва харчів, та водночас зменшує негативні впливи на продовольчу безпеку, викиди парникових газів і втрату біорізноманіття [7, 1].

Цілеспрямоване вирощування швидкорослих енергетичних культур може забезпечити зростання частки відновлюваних джерел енергії та сприяти сталому розвитку регіонів [6]. У рамках енергетичного переходу очікується значне розширення площ під культурами другого покоління [2]. Такі рослини мають значно нижчу потребу в ресурсах, продукують більше енергії та викидають менше парникових газів з гектара, ніж однорічні продовольчі культури [8]. Однією з найбільш перспективних багаторічних злакових біоенергетичних культур є міскантус гігантський (*Miscanthus × giganteus* J.M.Greef & Deuter ex Hodkinson) [15, 13].

Основним способом створення плантацій міскантусу гігантського в промислових масштабах є висаджування ризом — частин кореневища, які містять бруньки. Ризоми отримують із одно- або дворічних рослин міскантусу. Викопування маточних кореневищ міскантусу проводять, як правило, навесні, безпосередньо перед садінням (III декада березня — II декада квітня) залежно від погодних умов попередньо зібравши наземну біомасу. Викопані маточні кореневища міскантусу гігантського розділяють на ризоми і зберігають до садіння, але не більше 14 діб. Розділення кореневищ проводять вручну [15, 13]. Ризоми значно відрізняються між собою за формою і розмірами бруньок, що не дає можливості автоматизувати процес їх садіння без попереднього ручного калібрування [14].

Після розділення кореневищ міскантусу готові до садіння ризоми складають на поліетиленову плівку і змочують, щоб вони не пересихали. Зверху їх вкривають іншою плівкою, забезпечивши таким чином вологе середовище, де ризоми будуть зберігатись до садіння, так як сухі ризоми втрачають здатність до проростання, особливо за посушливої весни. У разі зберігання ризом у приміщені температура повітря має бути в межах від +4 до +15 °C. Низькі температури призведуть до підмерзання, що подовжує час проростання і знижує польову схожість ризом. Збільшення температури під час зберігання впродовж 10 діб, призводить до проростання ризом, внаслідок чого під час садіння пробуджені бруньки можуть травмуватись, що негативно впливає на їх проростання [15].

За наявності стаціонарних сховищ з регульованим температурним режимом, з метою зменшення часу на підготовку садивного матеріалу навесні або за інших організаційно-фінансових умов, викопування маточних кореневищ міскантусу можна проводити восени (у II–III декаді листопада залежно від погодних умов) і вже навесні, безпосередньо перед садінням їх розділяють на ризоми, які зберігають до садіння [15].

Материнські ризоми різної величини обумовлюють не тільки різницю в нормі витрат

садивного матеріалу, але і врожайність сухої біомаси. Тому необхідно формувати однорідний садивний матеріал за масою та кількістю бруньок. Під час розділення маточних кореневищ міскантусу гігантського отримують ризоми двох форм: лінійної та розгалуженої. Головною вимогою до садивного матеріалу є кількість потенційних бруньок, які можуть прорости. Їх кількість має бути не менше 4–8 шт. на одній ризомі [15].

Ризоми мають бути завдовжки 5...15 см та масою 20...30 г. Ризоми лінійної форми є більш продуктивними порівняно з ризомами розгалуженої форми. Це пояснюється тим, що на одиницю маси у ризом лінійної форми припадає більше сплячих бруньок і поживних речовин. У деяких випадках, якщо ризоми містять малу кількість бруньок або після поділу частини кореневища на дві ризоми, кількість бруньок на обох ризомах буде низькою (переважно для ризом розгалуженої форми), їх маса може перевищувати 30 г [14].

Під час розрізання кореневищ на ризоми слід пам'ятати, що обмежувальним фактором є розмір садильного апарату, тобто максимальний розмір ризоми не повинен перевищувати розміру поперечного перерізу садильної труби, щоб запобігти застряганню в ній ризом [13].

Під час перезимівлі маточні кореневища міскантусу можуть бути пошкоджені низькими температурами. Якщо кореневища пошкоджені більше ніж на 80 %, то їх вибраковуюють, в іншому випадку уражену частину кореневища вилучають, а решту – ділять на ризоми.

Упродовж зберігання в стаціонарних сховищах кореневища міскантусу гігантського можуть уражатися хворобами (гнилями) або пересихати. Масова частка таких ризом не повинна перевищувати 0,5 % від загальної маси. Окрім того, ризоми можуть бути пошкоджені механічно, шкідниками або гризунами. Частка таких ризом має бути не більше 5 % від загальної маси. Пошкоджені ризоми вибраковуюють.

Для підвищення показника приживлюваності ризоми міскантусу гігантського безпосередньо перед садіння обробляють регуляторами росту та поживними речовинами [11]. Це сприяє не лише кращій рівномірності розподілу рослин на площі, але й забезпечує їх потрібними мікро- та макроелементами на початкових етапах росту і розвитку. Відмічено позитивний вплив позакореневого підживлення рослин міскантусу гігантського на їх продуктивність. Позакореневе внесення макро- та мікроелементів значно підвищує рівень їх засвоєння рослинами міскантусу гігантського, сприяє підвищенню врожайності сухої біомаси та її енергетичної цінності [16].

Усі ці заходи були спрямовані на підвищення продуктивності сухої біомаси міскантусу гігантського, яка використовується в якості сировини для виробництва різних видів біопалива. Водночас, потребують додаткових досліджень питання удосконалення технологічних процесів під час закладання маточних плантацій міскантусу гігантського. Особливу увагу слід звернути на вивчення впливу фракційного складу ризомів та їх передсадивної підготовки, застосування позакореневих підживлень та міжрядних обробітків (формування гребенів) на продуктивність садивного матеріалу міскантусу гігантського [13].

Література

1. Clifton-Brown J., Hastings A., von Cossel M. et al. Perennial Biomass cropping and use: Shaping the policy ecosystem in European countries. *Global Change Biology Bioenergy*. 2023. Vol. 15, Iss. 5. P. 538–558. <https://doi.org/10.1111/gcbb.13038>
2. Cvetković S., Kaluđerović Radoičić T., Vukadinović B., Kijevčanin M. Potentials and status of biogas as energy source in the Republic of Serbia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014. Vol. 31. P. 407–416. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.005>
3. Dželetović Ž., Simić A. A critical review of the current state of climate change impact research on sustainable use of land. *Ecologica*. 2024. Vol. 31(114). P. 119–128. <https://doi.org/10.18485/ecologica.2024.31.114.1>
4. Hou D. Sustainable soil management and climate change mitigation. *Soil Use and Management*. 2021. Vol. 37, Iss. 2. P. 220–223. <https://doi.org/10.1111/sum.12718>
5. Janković B., Manić N., Popović M., Cvetković S. et al. Kinetic and thermodynamic compensation phenomena in C₃ and C₄ energy crops pyrolysis: Implications on reaction mecha-

nisms and product distributions. *Industrial Crops and Products*. 2023. Vol. 194. Article e116275. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116275>

6. Kotrla M., Mandalová K., Prčík. M Regional disparities in Slovakia and the Czech Republic in the context of sustainable growing of energy plants. *European Journal of Sustainable Development Research*. 2017. Vol. 6, Iss. 2. P. 165–180. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2017.v6n2p165>

7. Pulighe G., Bonati G., Colangeli M. et al. Ongoing and emerging issues for sustainable bioenergy production on marginal lands in the mediterranean regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019. Vol. 103. P. 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.043>

8. Schrama M., Vandecasteele B., Carvalho S. et al. Effects of first and second-generation bioenergy crops on soil processes and legacy effects on a subsequent crop. *Global Change Biology Bioenergy*. 2016. Vol. 8, Iss. 1. P. 136–147. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12236>

9. Taylor G., Donnison I. S., Murphy-Bokern D. et al. Sustainable bioenergy for climate mitigation: Developing drought tolerant trees and grasses. *Annals of Botany*. 2019. Vol. 124, Iss. 4. P. 513–520. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz146>

10. Dželetović Ž. S., Brajević S. M., Simić A. S et al. Expanding perennial grass bioenergy crops and influence on allergenic burden: A short review. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2025. Vol. 53, Iss. 3. Article 14681. <https://doi.org/10.15835/nbha53314681>

11. Гончарук О. М., Присяжнюк О. І. Ріст і розвиток міскантусу гігантського під впливом елементів агротехніки в умовах Правобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10, № 2. <https://doi.org/10.47414/na.10.2.2022.270411>

12. Кравчук В., Новохацький М., Кожушко М. та ін. На шляху до створення плантацій енергетичних культур. *Техніка і технології АПК*. 2013. № 2. С. 31–34.

13. Кравчук В. І., Квак В. М., Цвігун Г. В. та ін. Проблематика виробництва садивного матеріалу міскантусу гігантського. *Біоенергетика*. 2022. № 1–2. С. 35–42. <https://doi.org/10.47414/be.1-2.2022.271353>

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

15. Роїк М. В., Сінченко В. М., Іващенко О. О. та ін. Міскантус в Україні. Київ : ФОП Ямчинський О. В., 2019. 256 с. <https://doi.org/10.47414/978-617-7804-11-5>

16. Присяжнюк О. І., Пенькова С. В. Вплив азотного удобрення та позакореневого підживлення на продуктивність та енергетичну ефективність плантацій міскантусу гігантського. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2022. Вип. 30. С. 70–79. <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.268946>

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВЕГЕТАТИВНОЇ МАСИ ВЕРБИ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ

В. О. Данюк, аспірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Екологічні та кліматичні проблеми спонукають світову спільноту до пошуку альтернативних легко відновлюваних джерел енергії [1, 2]. Паризькою кліматичною угодою, ратифікованою Україною, передбачено у другій половині XXI століття сповільнити темпи зростання температури повітря до рівня, який здатна контролювати природа. Для цього планується знизити викиди парникових газів, щорічно залучаючи по 100 млрд доларів на заміну традиційних джерел енергії відновлювальними [3].

Біометричні дослідження восьмирічних пагонів з плантацій верби виявили відмінності в їх висоті, діаметрі та масі [4]. Сорт ‘Inger’ мав найвищі значення: 6,42 м, 3,3 см та 1,76 кг відповідно. Значення були дещо нижчими для сорту ‘Tordis’: 6,25 м, 3,1 см та 1,67 кг. Висота інших сортів коливалася від 5,90 (‘Warm-maz’) до 6,13 м (‘Wilhelm’), діаметри — від 1,85

(‘Gigantea’) до 2,55 см (‘Марзенцінський’), а суха маса пагонів — від 0,89 (‘Gigantea’) до 1,05 кг (‘Марзенцінський’). Продуктивність сухої біомаси коливалася від 9,55 (‘Gigantea’) до 36,9 т/га (‘Inger’) [5]. Значне зниження річного приросту у висоту спостерігалось у всіх досліджуваних сортів: через п’ять років у ‘Tordis’, через чотири роки у сортів ‘Wilhelm’, ‘Inger’, ‘Gigantea’ та ‘Marzencinski’, і через три роки у ‘Warm-maz’. Значне зниження приросту в діаметрі спостерігалось через п’ять років у ‘Wilhelm’, через три роки у ‘Tordis’ і через чотири роки у решти [6].

Дослідження проводили з двома видами енергетичної верби української селекції: тритичинкова (*Salix triandra* L.) ‘Панфільська’ і прутівидна (*Salix viminalis* L.) ‘Збруч’. Оригіаторами сорту ‘Збруч’ є Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН і Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН». Польові досліді проводили на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (с. Ксаверівка 2, Київська обл.) упродовж 2023–2025 рр. яке розміщене в центральній частині Правобережного Лісостепу України, в зоні нестійкого зволоження. Дослідження проводили з рослинами верби другого циклу росту і розвитку (4–5-й роки вегетації). Для садіння заготівлю живців проводили восени та навесні, які були висаджені в квітні 2020 р. Після трьох років вегетації було здійснено скошування енергетичної верби та проведено підживлення рослин аміачною селітрою з нормою витрати N_{105} перед початком нового вегетаційного періоду. Приріст біометричних показників енергетичної верби проводити шляхом вимірювання висоти та діаметру пагонів на одну і ту ж дату кожного місяця починаючи з травня до закінчення вегетаційного періоду.

Загальна площа ділянок — 990,88 м², повторність — чотирикратна. Розміщення варіантів та повторень — рандомізоване.

Зона нестійкого зволоження, де проводили дослідження, характеризується помірно континентальним кліматом. Рельєф дослідного поля слабкохвилястий рівнина з невеликим нахилом поверхні. Ґрунт дослідного поля — чорнозем типовий вилугуваний, середньоглибокий, малогумусний, грубопилувато-легкосуглинковий на карбонатному лесі. Вміст гумусу — 2,64 % (за Тюрініа), рухомих форм фосфору та обмінного калію (за Чириковим) — відповідно 180 та 160 мг/кг, вміст азоту, що легко гідролізується (за Корнфілдом), — 280 мг/кг. Кислотність ґрунту (рН) — 6,6. Глибина гумусового горизонту — 100–120 см.

Погодні умови вегетаційного періоду у 2023–2025 років за температурним режимом був спекотним середня добова температура повітря становила 15,34–16,45 °С та перевищувала середнє багаторічне значення на 2,74–3,85 °С, а за вологозабезпеченістю ці роки були засушливими, дефіцит вологи становив 150,8–154,81 мм. Дефіцит вологи негативно вплинув на ріст та розвиток рослин.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методом дисперсійного аналізу за методом Фішера з використанням методичних рекомендацій [7].

Встановлено, достовірне збільшення висоти пагонів залежно від застосування підживлення аміачною селітрою обох сортів енергетичної верби як на початку, так і по завершенню вегетації незалежно від строку заготівлі живців.

Так, якщо на початку вегетації висота пагонів за підживлення рослин сорту ‘Панфільська’, які вирощені з живців заготовлених восени збільшилася на 8,3 см, а заготовлених навесні — на 17,41 см ($HP_{0,05}$ добрива = 3,70 см), то на кінець вегетації ці показники збільшилися, відповідно на 26,8 та 16,63 см. Аналогічні результати отримані по сорту ‘Збруч’ ($HP_{0,05}$ добрива = 6,96 см). Доцільно зазначити, що на початку вегетації інтенсивність приросту висоти пагонів значно більшою була в сорту ‘Збруч’, порівняно з ‘Панфільська’, яка в контролі становила 7,13 та 7,99 см, а за підживлення добривами — 3,56 і 12,18 см. Водночас в кінці вегетації аналогічної залежності не виявлено. Залежно від строку заготівлі живців не виявлено закономірного збільшення або зменшення висоти пагонів як на початку, так і в кінці вегетації верби в контролі — без підживлення азотними добривами та за їх підживлення. Аналогічне збільшення товщини (діаметру) пагонів обох сортів верби виявлено залежно від підживлення добривами.

Так, якщо на початку вегетації верби товщина пагонів сорту 'Панфільська' в контролі становила 2,64 см (заготівля живців восени), то за підживлення добривами вона збільшилася на 0,51 см ($HP_{0,05} \text{ добрива} = 0,18 \text{ см}$), на закінчення вегетації збільшення товщини становило 0,81 см ($HP_{0,05} \text{ добрива} = 0,48 \text{ см}$). Аналогічні результати збільшення товщини пагонів отримані при заготівлі живців навесні. На початку вегетації достовірної різниці з приросту товщини пагонів залежно від сортових особливостей та строку заготівлі живців не виявлено. Водночас наприкінці вегетації інтенсивніше проходив приріст товщини пагонів в сорту 'Збруч', ніж сорту 'Панфільська' як у контролі, так і за підживлення добривами за обох строків заготівлі живців.

Установлено, що за підживлення рослин верби аміачною селітрою на початку вегетації забезпечило збільшення кількості стебел сорту 'Панфільська' в 1,2–1,4, а сорту 'Збруч' в 1,5–1,6 рази більше порівняно з контролем не залежно від строку заготівлі живців.

Інтенсивніше приріст кількості стебел був в сорту 'Збруч', ніж сорту 'Панфільська' як в контролі, так і за підживлення рослин добривами. Залежно від строку заготівлі живців не виявлено закономірного збільшення чи зменшення кількості стебел обох сортів.

Не виявлено закономірного збільшення або зменшення висоти пагонів, їх товщини та кількості стебел залежно від строку заготівлі живців як на початку, так і в кінці вегетації верби. Достовірне збільшення висоти пагонів, їх товщини та кількості стебел забезпечило підживлення рослин верби обох сортів на початку вегетації аміачною селітрою.

Література

1. Сторожик Л. І., Войтовська В. І., Любич В. В., Рогальський С. В. Посівні властивості зерна сорго цукрового залежно від тривалості його зберігання та оброблення препаратами. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. Вип. 28. С. 129–139. <https://doi.org/10.47414/np.28.2020.211064>
2. Любич В. В., Сторожик Л. І., Войтовська В. І. та ін. Агробіологічні параметри різних сортів і гібридів сорго цукрового. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 3. С. 193–198. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.3.2021.242966>
3. Willow Varietal Identification Guide / edited by B. Caslin, J. Finnan, A. McCracken. Carlow, Ireland : Teagasc, 2012. 64 p. URL: https://www.afbini.gov.uk/sites/afbini.gov.uk/files/publications/Willow%20variety%20guide_0.pdf.
4. Сінченко В. М., Мельничук Г. А. Економічна ефективність вирощування енергетичної верби в Україні. *Біоенергетика*. 2021. № 1. С. 41–45. <https://doi.org/10.47414/be.1.2018.229204>
5. Фучило Я. Д., Зелінський Б. В., Іванюк І. Д., Зелінська Л. Г. Вирощування енергетичних плантацій верби на маргінальних землях Київського Полісся. Житомир : НОВОград, 2023. 144 с. URL: <https://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/9890>
6. Фучило Я. Д., Сінченко В. М., Гументик М. Я. Особливості вирощування енергетичної верби. *Біоенергетика*. 2016. № 1. С. 11–13. URL: <http://be.bio.gov.ua/issue/view/15250>
7. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6: методичні вказівки. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.

ВПЛИВ ОБРОБКИ НАСІННЯ *SORGHUM BICOLOR* (L.) MOENCH. БІОЛОГІЧНИМИ ПРЕПАРАТАМИ НА ПОСІВНІ ЯКОСТІ

І. І. Злиденний, аспірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Посівні якості — сукупність показників якості насіння, що характеризують його придатність до сівби [1]. До основних показників відносять лабораторну схожість, енергію проростання, чистоту, масу 1000 насінин, рівень вологості та життєздатність. Саме від цих властивостей значною мірою залежить рівномірність появи сходів і подальша врожайність культури. На посівні якості впливають як біологічні особливості сорту, так і технологічні чинники — умови вирощування, строки та способи збирання, особливості зберігання насіння [2].

Посівні якості насіння, це одні з основних показників які забезпечують високу врожайність насіння. В умовах різких коливань клімату, перепаду температур рівномірність сходів і швидкість їх проростання дає можливість отримати якісний врожай в кінцевому результаті. Одними з ключових посівних якостей насіння є енергія проростання і схожість насіння.

Сорго звичайне є культурою, що добре адаптується до посушливих умов і здатна стабільно плодоносити навіть за обмежених ресурсів вологи. Завдяки потужній кореневій системі рослина може ефективно використовувати вологу з глибших шарів ґрунту, що забезпечує її стійкість до високих температур і нестачі опадів. Сорго також має широкий спектр використання: воно придатне для отримання зерна, кормової маси, силосу, а також як енергетична сировина, що робить його перспективною культурою в умовах зміни клімату.

Одним із важливих елементів технології вирощування є передпосівна обробка насіння різними препаратами. Використання стимуляторів росту, мікроелементних композицій, біопрепаратів чи протруйників сприяє активації обмінних процесів у насінні, підвищує схожість, енергію проростання та забезпечує кращу стійкість до дії патогенів і несприятливих факторів середовища. Завдяки цьому формуються більш рівномірні сходи, що позитивно позначається на продуктивності посівів. У цьому досліді застосовували біопрепарати — мікоризоутворюючий препарат Мікофренд і Біочар, препарат на основі вугілля.

Мікофренд — це препарат на основі мікоризних грибів. Застосування цього препарату позитивно впливає на засвоєння поживних речовин і води кореневою системою, при цьому покращує стресостійкість культур до біотичних (шкідники, хвороби) та абіотичних (посуха) факторів. Біочар — це препарат на основі біовугілля. Застосування даного препарату покращує розмноженню корисної мікрофлори та позитивно впливають на структуру ґрунту й утримання вологи в ньому.

У 2023–2025 рр. проведено дослідження впливу різних доз біопрепаратів Мікофренд та БМ-нанобіочар на енергію проростання насіння сорго звичайного (двокольорового). Аналіз результатів наведений в табл. 1 засвідчив, що застосування цих препаратів сприяло істотному підвищенню енергії проростання порівняно з контролем, що свідчить про стимулювальний вплив біологічних компонентів на фізіологічні процеси насіння.

При внесенні Мікофренду у дозах 3–6 г/кг енергія проростання насіння становила 89,33–88,90 %, що достовірно перевищувало контрольний показник — 85,96 % ($HP_{0,05} = 1,21$ %). Високі значення енергії проростання у цих варіантах вказують на сприятливий вплив препарату на активізацію ферментативних процесів у насінні та поліпшення початкових умов його розвитку. Проте за збільшення дози Мікофренду до 9 г/кг спостерігалось поступове зниження показників до 87,04 %. Це може бути зумовлено надлишковим насиченням насіння біологічними речовинами, що частково пригнічує проростання або змінює баланс фізіологічних процесів.

Аналогічна закономірність встановлена і для застосування БМ-нанобіочару. Обробка насіння у дозах 3–6 г/кг забезпечила найвищі значення енергії проростання за всі роки досліджень — 89,42–88,71 %, що істотно перевищувало контроль (87,23 %, $HP_{0,05} = 1,21$ %). Встановлено, що оптимальні дози біовуглецевих препаратів сприяють покращенню водопог-

ливання насіння, створюють більш сприятливе середовище для розвитку мікрофлори та забезпечують швидке й дружнє проростання. Водночас збільшення дози до 9 г/кг призвело до зниження енергії проростання до 85,88 %, що свідчить про наявність порогового ефекту: надмірна кількість біопрепарату не лише не покращує показники, а й може мати зворотний вплив.

Найбільша за три роки спостережень енергія проростання — 92,42 % — зафіксована при обробці насіння сорго сумішшю препаратів: Мікофренд у дозі 6 г/кг та БМ-нанобіочар у дозі 3 г/кг. Такий ефект можна пояснити синергетичною дією препаратів: поєднання мікробіологічного комплексу та біовуглецевого носія створює оптимальні умови для активації проростання, що значно перевищує ефект від застосування кожного препарату окремо. Навпаки, найнижчий показник енергії проростання (82,58 %) спостерігався у контрольному варіанті без жодної обробки, що підтверджує важливу роль біопрепаратів у покращенні якості посівного матеріалу.

Таблиця 1

**Енергія проростання насіння сорго звичайного (двокольорового)
залежно від дози Мікофренду та БМ-нанобіочару (середнє за 2023–2025 рр.)**

Фактор А: Доза Мікофренду, г/кг	Фактор В: Доза БМ-нанобіочару, г/кг				Середнє за фактором А
	0	3	6	9	
0	82,58	88,17	87,83	85,25	85,96
3	89,08	90,25	90,42	87,58	89,33
6	88,58	92,42	89,83	84,75	88,90
9	88,67	86,83	86,75	85,92	87,04
Середнє за фактором В	87,23	89,42	88,71	85,88	87,81
НІР _А = 1,21 %; НІР _В = 1,21 %; НІР _{АВ} = 3,14 %					

У 2023–2025 рр. проведено вивчення впливу біопрепаратів Мікофренд та БМ-нанобіочар на показники лабораторної схожості насіння сорго звичайного (двокольорового). Отримані результати, що наведені в табл. 2 свідчать, що передпосівна обробка насіння сприяла покращенню фізіологічного стану насіння, забезпечувала більш дружнє проростання та підвищувала потенціал формування продуктивних сходів.

Зокрема, обробка насіння Мікофрендом у дозі 3–6 г/кг сприяла суттєвому підвищенню лабораторної схожості до 91,58–91,73 %, тоді як у контрольному варіанті цей показник становив лише 88,10 % (НІР_{0,05} = 0,96 %). Це свідчить про активізацію обмінних процесів у насінні під впливом біопрепарату, що забезпечує кращу схожість. За збільшення дози Мікофренду до 9 г/кг спостерігалось незначне, але помітне зниження лабораторної схожості до 90,21 %. Подібна динаміка є типовою для біопрепаратів: ефект максимальний у межах оптимальної дози, тоді як надмірна кількість може уповільнювати окремі фізіологічні процеси проростання.

Обробка насіння сорго звичайного (двокольорового) БМ-нанобіочаром також позитивно впливала на лабораторну схожість. За внесення препарату у дозі 3–6 г/кг схожість підвищувалася до 91,56–91,52 %, що перевищувало контрольний показник 89,73 % (НІР_{0,05} = 0,96 %). Біовуглецеві матеріали здатні створювати навколо насінини сприятливе мікросередовище, полегшуючи доступ вологи й кисню, що є критично важливим на початкових етапах проростання. Водночас, збільшення дози до 9 г/кг спричинило істотне зменшення лабораторної схожості до 88,81 %. Це вказує на наявність оптимального діапазону дозування препарату, перевищення якого може мати негативний ефект.

Найвищий рівень лабораторної схожості за весь період досліджень — 94,08 % — був відмічений при поєднанні Мікофренду у дозі 6 г/кг та БМ-нанобіочару у дозі 3 г/кг. Такий результат можна пояснити синергетичною дією препаратів: Мікофренд забезпечує активізацію біохімічних процесів у насінні, а БМ-нанобіочар покращує умови проростання за рахунок структурного й вологоутримувального ефекту. У результаті насіння проростає більш дружнє, швидко та рівномірно, що створює передумови для формування вирівняних сходів і подальшої високої врожайності.

Найнижчі показники лабораторної схожості відмічалися у контрольному варіанті без застосування біопрепаратів, що підтверджує ефективність їх використання в агротехнологіях вирощування сорго. Таким чином, передпосівна обробка насіння біопрепаратами сприяє покращенню якості посівного матеріалу, підвищує його життєздатність та забезпечує стабільні результати упродовж декількох років досліджень.

Отримані результати дають підстави рекомендувати поєднане використання Мікофренду в дозі 6 г/кг та БМ-нанобіочару в дозі 3 г/кг як ефективний прийом для забезпечення максимальної лабораторної схожості насіння сорго звичайного (двокольорового) у виробничих умовах.

Таблиця 2

Лабораторна схожість насіння сорго звичайного (двокольорового) залежно від дози Мікофренду та БМ-нанобіочару (середнє за 2023–2025 рр.)

Фактор А: Доза Мікофренду, г/кг	Фактор В: Доза БМ-нанобіочару, г/кг				Середнє за фактором А
	0	3	6	9	
0	84,50	89,25	91,08	87,58	88,10
3	91,17	92,67	92,75	89,75	91,58
6	92,25	94,08	92,00	88,58	91,73
9	91,00	90,25	90,25	89,33	90,21
Середнє за фактором В	89,73	91,56	91,52	88,81	90,41
НІР _А = 0,96 %; НІР _В = 0,96 %; НІР _{АВ} = 3,33 %					

Висновки. Передпосівна обробка насіння сорго звичайного (двокольорового) біопрепаратами Мікофренд і БМ-нанобіочар позитивно впливає на енергію проростання та лабораторну схожість, що свідчить про покращення фізіологічного стану насіння та підвищення його життєздатності.

Найвищі показники енергії проростання — 92,42 % — зафіксовані при поєднанні Мікофренду в дозі 6 г/кг та БМ-нанобіочару в дозі 3 г/кг. Це на 9,84 % вище контролю (82,58 %), що підтверджує ефективність використання оптимальних доз препаратів. Найвищий показник лабораторної схожості — 94,08 % — також отримано за сумісного застосування Мікофренду (6 г/кг) та БМ-нанобіочару (3 г/кг), що на 5,98 % перевищує контрольний варіант (88,10 %). Встановлено чітку дозову залежність ефекту: оптимальні дози (3–6 г/кг) забезпечують максимальний позитивний результат, тоді як перевищення цих норм (9 г/кг) призводить до зниження як енергії проростання, так і лабораторної схожості. Це вказує на наявність оптимального інтервалу дії біопрепаратів.

Комбіноване застосування Мікофренду та БМ-нанобіочару забезпечує синергетичний ефект — поєднання мікробіологічного стимулятора та біовуглецевого носія створює сприятливі умови для швидкого та дружного проростання насіння.

Застосування цих біопрепаратів є ефективним, екологічно безпечним та економічно доцільним елементом технології вирощування сорго, що дає змогу підвищити якість посівного матеріалу, забезпечити рівномірні сходи та потенційно підвищити врожайність культури.

Література

1. Насіннєзнавство та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур / за ред. С. М. Каленської. Вінниця : ФОП Данилюк, 2011.
2. Технологія вирощування сільськогосподарських культур / за ред. В. Ф. Петриченка. Київ : Аграрна освіта, 2015. 512 с.
3. Ткаченко О. М. Соргові культури в Україні. Дніпро : Аграрна наука, 2018. 286 с.
4. Костюк І. І. Фізіологія та біохімія сільськогосподарських культур. Київ: Урожай, 2017. 384 с.
5. Насінництво сільськогосподарських культур / за ред. М. В. Роїка. Київ, 2016. 456 с.
6. Шевченко С. М. Сорго: біологія, вирощування, використання. Харків, 2019. 304 с.

ВПЛИВ СИСТЕМИ ГЕРБІЦИДНОГО ЗАХИСТУ ТА ПОЗАКОРЕНЕВОГО УДОБРЕННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ

Д. М. Козаченко, аспірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Кукурудза (*Zea mays* L.) є однією з ключових зернових культур у світовому та українському землеробстві. Вона використовується як харчова, кормова та промислова культура, а її продуктивність значною мірою визначає ефективність аграрного виробництва. Урожайність кукурудзи залежить від багатьох факторів: генетичного потенціалу гібридів, агротехнічних прийомів, контролю бур'янів, живлення рослин та умов вирощування, включно з кліматичними та ґрунтовими факторами.

Однією з основних проблем сучасного вирощування кукурудзи є забур'яненість посівів, що значно знижує продуктивність. Бур'яни конкурують з культурою за воду, поживні речовини та світло, впливають на якість зерна та створюють сприятливі умови для розвитку шкідників і хвороб. Особливо небезпечними є однорічні та багаторічні злакові і дводольні бур'яни, здатні швидко відновлюватися після традиційних механічних обробок. Відсутність ефективного контролю бур'янів може призвести до зниження врожайності кукурудзи на 30–50 %.

Таким чином, комплексне дослідження взаємодії генетичного потенціалу гібридів, хімічного контролю бур'янів та позакореневого удобрення є актуальним і науково обґрунтованим заходом для підвищення ефективності виробництва кукурудзи та забезпечення стабільної врожайності в сучасних агроекологічних умовах.

Мета дослідження: оцінити вплив різних гібридів кукурудзи, систем хімічного захисту від бур'янів та позакореневого удобрення на продуктивність та агрофітосанітарний стан посівів кукурудзи в умовах Правобережного Лісостепу України.

Дослідження проводилось на трьох гібридах кукурудзи: 'ДБ Хотин' (ФАО 250, середньоранній, виробник Рост Агро) — ранньостиглий гібрид, адаптований до Правобережного Лісостепу; 'ДН Аншлаг' (ФАО 420, середньопізній, виробник Маїс) — гібрид з високим потенціалом врожайності; 'ДКС 4014' (ФАО 310, середньостиглий, виробник Монсанто) — гібрид із стабільною продуктивністю в різних умовах. Використовувалися чотири системи гербіцидного захисту: контроль (без гербіцидів) — природна забур'яненість посівів; Контроль 2 (посіви без бур'янів) — бур'яни видалені механічно для оцінки максимального потенціалу гібридів; Лаудіс, в. г. — системний гербіцид для контролю однорічних дводольних та злакових бур'янів, 0,4–0,5 кг/га + Мєро, 1–2 л/га; Стеллар Плюс (топрамезон + дикамба, 1,25 л/га) — системний гербіцид проти однорічних і багаторічних злакових та дводольних бур'янів.

Позакореневе удобрення проводилося у фазі BBCH 85 (воскова стиглість): без удобрення, Райкат Фінал Atlantica Agricola, 1,0 л/га, Текамін Брікс, 3 л/га + EGROW, 1,0 л/га.

Оцінювали врожайність зерна, масу 1000 зернин, забур'яненість, стан рослин, а також морфологічні ознаки.

Результати. За результатами досліджень 2023–2024 рр. найвищу врожайність показав гібрид 'ДН Аншлаг' (ФАО 420) — до 11,2 т/га при застосуванні системного гербіциду і позакореневого удобрення. 'ДБ Хотин' (ФАО 250) мав добрі результати на фоні Лаудіс та Райкат Фінал — врожайність до 9,5 т/га. 'ДКС 4014' (ФАО 310) продемонстрував стабільну продуктивність (9,7–10,0 т/га) при використанні Стеллар Плюс та Текамін Брікс + EGROW. Середньопізні гібриди (ФАО 420) більш чутливі до конкуренції бур'янів, але ефективна система захисту повністю компенсує цей фактор. Використання Лаудіс та Стеллар Плюс дозволило зменшити забур'яненість на 65–80 % порівняно з контролем. Максимальний урожай зафіксовано у варіанті контроль без бур'янів, що підтверджує високий негативний вплив конкуренції бур'янів на продуктивність. Райкат Фінал підвищував врожайність на 5–7 % та покращував масу 1000 зернин. Комбінація Текамін Брікс + EGROW забезпечувала

інтенсивний ріст зерна та поліпшення якісних показників крохмалю. Відсутність удобрення призводила до зниження врожаю на 8–10 % навіть при ефективному контролі бур'янів.

Висновки. Для підвищення продуктивності та стабільності врожаю кукурудзи в умовах Правобережного Лісостепу України рекомендується використання середньопізніх гібридів ('ДН Аншлаг'), застосування системного гербіциду Лаудіс або Стеллар Плюс та позакореневого удобрення в фазу воскової стиглості (Райкат Фінал або Текамін Брікс + EGROW). Така система дозволяє ефективно контролювати бур'яни, підвищувати врожайність до 11 т/га та поліпшувати якість зерна.

Література

1. Ящук А. І., Косолап М. П. Вплив системи хімічного захисту від бур'янів на урожайність кукурудзи. *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика* : матеріали III Міжнародної наукової інтернет-конференції (м. Київ, 20–22 жовтня 2021 р.). Київ, 2021. С. 308–309.
2. Міленко О. Г., Горячун К. В., Звягольський В. В. та ін. Ефективність застосування ґрунтових гербіцидів у посівах кукурудзи на зерно. *Scientific Progress & Innovations*. 2020. № 2. С. 72–78. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.09>
3. Рудська Н. О. Ефективність системи захисту посівів кукурудзи від бур'янів за різних способів обробітку ґрунту. *Напрями досліджень в аграрній науці: стан та перспективи* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Вінниця, 5–6 листопада 2019 р.). Вінниця, 2019. 3 с.
4. Макух Я. П., Козаченко Д. М. Вплив гербіцидів на продуктивність гібридів кукурудзи. *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі* : матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Умань, 29–31 жовтня 2024 р.). Умань, 2024. С. 66–67.
5. Макух Я. П., Мошківська С. В., Козаченко Д. М. Контолювання ваточника сирійського у посівах буряків цукрових та кукурудзи. *Гербологія в сучасному екологічно безпечному землеробстві* : матеріали XIII науково-практичної конференції (м. Київ, 15 березня 2023 р.). Київ, 2023. 90 с.
6. Методика випробування і застосування пестицидів / за ред. С. О. Трибеля. Київ : Світ, 2001. С. 174–175.

ОЦІНКА СОРТІВ КУНЖУТУ ЗА БІОМЕТРИЧНИМИ ТА ЯКІСНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Л. М. Кононенко, кандидат с.-г. наук
Уманський національний університет, м. Умань

Кунжут (*Sesamum indicum* L.) є однією з найдавніших олійних культур, що традиційно вирощується у субтропічних і тропічних регіонах світу. Його насіння цінується не лише через високий вміст жирів (понад 50 %), зокрема унікальної сесамінової олії, а й завдяки наявності біологічно активних компонентів — лігнанів, токоферолів, фітостеролів та мінеральних речовин. Такий цінний біохімічний склад робить кунжут важливою культурою для харчової, фармацевтичної та косметичної промисловості [1].

Сьогодні господарську цінність сортів визначають якісні показники насіння, такі як вміст олії, білка, зольність та колір, у поєднанні з біометричними характеристиками — масою 1000 насінин, довжиною, шириною та товщиною. Ці параметри дозволяють оцінити технологічні властивості насіння, прогнозувати рівень урожайності, адаптивну здатність культури до умов навколишнього середовища та перспективи її використання у різних галузях [2, 3].

Аналіз сучасних досліджень показує, що кунжут індійський, або звичайний, або східний (*S. indicum*) — це однорічна трав'яниста рослина родини Кунжутові (*Pedaliaceae*). Насіння цієї культури здавна застосовувалося як у кулінарії, так і в лікуванні [4].

Зміни у сучасному харчуванні значно вплинули на споживчі пріоритети: традиційні продукти поступово замінюються переробленими напівфабрикатами, і населення дедалі частіше вживає олії, цінні своїм хімічним складом [5, 6]. Більшість дослідників сходяться на думці, що основним показником цінності олійної культури є вміст і якість жиру. При цьому у кунжуту він значно коливається залежно від сорту, району вирощування, умов довкілля, стиглості насіння та інших чинників. Вміст білка у насінні різних сортів коливався у межах від 20,11 до 20,53 г [7, 8].

Насіння *S. indicum* використовується людиною як харчовий продукт понад 5500 років. Хоча значна кількість видів кунжуту зустрічається в Африці [9], останні цитологічні, генетичні та біохімічні дослідження [10] показали, що культура спочатку була одомашнена в Індії, а згодом поширена в Африку, Азію та південь Середземноморського регіону.

Висока харчова цінність насіння робить кунжут однією з найбільш популярних олійних культур у світі, відкриваючи широкі можливості для його використання у харчовій промисловості. У багатьох країнах насіння застосовується для виготовлення харчових продуктів, таких як паста «тахіні», обсмажене або подрібнене насіння [13].

Олія кунжуту містить насичені та ненасичені жирні кислоти, білки, а також вітаміни й мінерали, зокрема залізо, магній, мідь і кальцій. Крім того, вона багата на органічні сполуки — сесамін, сесамол, сесамолін та токоферолі [14].

В останні роки спостерігається підвищений інтерес не лише до селекції кунжуту, спрямованої на підвищення стабільності продуктивності, олійності та якості насіння, а й до його вирощування в нових умовах [15]. У цьому зв'язку актуальним є порівняльний аналіз сучасних сортів за морфометричними та хімічними ознаками, що дозволяє виділити найбільш адаптивні та перспективні форми для культивування в умовах змінного клімату.

Для проведення досліджень фізіологічних, морфометричних та лабораторних показників якості насіння кунжуту використовували сорти кунжуту української селекції — 'Боярин', 'Кадет', 'Гусар'. У Державному реєстрі сортів вони із 2006 року, оригінатор — Інститут олійних культур. Сорти олійного напрямку і стійкі до вилягання, посухи, відносно стійкий до обсіпання та ураження хворобами.

У дослідженнях було визначення морфометричних показників (довжина, ширина, товщина насіння), які проводили шляхом вимірювання лінійним штангенциркулем з точністю до 0,01 мм за стандартом ДСТУ ISO 9276-6:2017 «Візуалізація даних. Частина 6. Оцінка розподілу та варіації» [16].

Дослідження показали, що серед усіх вивчених сортів кунжуту найбільшу середню довжину насіння мав сорт 'Кадет' ($2,92 \pm 0,04$ мм), що свідчить про більш видовжену форму насінин, тоді як 'Гусар' відзначався найменшою довжиною ($2,80 \pm 0,07$ мм). Сорт 'Боярин' займав проміжне положення ($2,87 \pm 0,05$ мм). Найменшу варіабельність за довжиною продемонстрував 'Кадет' ($CV = 1,37\%$), що свідчить про стабільність розмірів у межах сорту.

За шириною перевагу також мав 'Кадет' ($1,56 \pm 0,02$ мм), що підтверджує більші загальні розміри насіння, тоді як найвужчими насінням відзначався 'Гусар' ($1,50 \pm 0,04$ мм). Середнє значення у цьому показнику мав 'Боярин' ($1,53 \pm 0,03$ мм). Знову ж таки, найменший коефіцієнт варіації ($CV = 1,28\%$) спостерігався у 'Кадета', що свідчить про високу однорідність сорту.

Максимальна товщина насіння була характерна для 'Кадета' ($0,94 \pm 0,01$ мм), що відповідає його загально більшим розмірам. Насіння 'Гусара' було найтоншим ($0,89 \pm 0,03$ мм), а 'Боярин' мав проміжне значення ($0,92 \pm 0,02$ мм). Найменшу варіацію за товщиною також зафіксовано у 'Кадета' ($CV = 1,06\%$), що підтверджує його стабільність і однорідність морфометричних характеристик.

Дослідження вказують, що і енергія проростання була найвищою у сорту 'Кадет' ($88 \pm 1,0\%$), що свідчить про швидку та дружну появу проростків. 'Боярин' мав нижче значення ($86 \pm 1,2\%$), а 'Гусар' — $84 \pm 1,8\%$.

Експериментально підтверджено, що CV у 'Кадет' найнижчий — 1,14 %, що демонструє хорошу однорідність у показниках енергії проростання.

Варто вказати, що при визначенні маси 1000 насінин було відзначено, що із усіх досліджуваних сортів найбільшу масу насіння мав сорт 'Кадет' — $2,71 \pm 0,06$ г, 'Боярин' був дещо легший — $2,69 \pm 0,08$ г, а 'Гусар' мав найменшу масу — $2,66 \pm 0,09$ г.

Експериментально підтверджено, що найнижчий коефіцієнт варіації знову спостерігався у 'Кадет' (2,21 %), що підкреслює його однорідність за розміром і масою насіння.

Найвищий рівень однорідності має сорт 'Кадет' — $95 \pm 1,2$ %, що позитивно впливає на рівномірність розвитку рослин. Сорт 'Боярин' має також досить високу однорідність — $94 \pm 1,5$ %, а у 'Гусар' цей показник дещо нижчий — $92 \pm 2,2$ %.

Варто вказати, що найменша варіабельність у 'Кадет' (CV = 1,26 %).

Дослідження вказують, що щільність насіння найвища у сорту 'Кадет' — $1,18 \pm 0,01$ г/см³, що може бути пов'язано з кращою якістю та міцністю насіння. Сорти кунжуту 'Боярин' і 'Гусар' мають дещо нижчі показники — $1,17 \pm 0,02$ г/см³ та $1,15 \pm 0,03$ г/см³ відповідно, з більшим коефіцієнтом варіації у 'Гусар'.

Отже, за вмістом олії (50,2 %) і білка (19,7 %), а також сирого протеїну (18,6 %) лідирує сорт 'Кадет', що свідчить про його високу харчову й кормову цінність. Сорти 'Боярин' та 'Гусар' продемонстрували нижчі значення більшості показників та вищу варіабельність, що обмежує їхню перевагу в селекції на стабільність. Уміст олії та білка в насінні 'Боярин' ($49,8 \pm 0,6$ % та $19,4 \pm 0,3$ %) дещо вищий, ніж у 'Гусар' ($48,9 \pm 0,7$ % та $18,9 \pm 0,4$ %).

Література

1. Ведмедєва К. В., Білозуб А. С., Кобзєва Д. О. Морфологічні ознаки зразків кунжуту, відмінних за забарвленням насіння. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2018. Вип. 26. С. 49–59.
2. Кононенко Л. М., Євчук Я. В., Третьякова С. О., Кошовий В. П. Вплив сортових особливостей на формування хімічних складових насіння кунжуту. *Новітні агротехнології*. 2020. № 8. <https://doi.org/10.47414/na.8.2020.231237>
3. Ведмедєва К. В., Білозуб А. С., Кобзєва Д. О. Прояв господарських ознак у зразків кунжуту з різним забарвленням насіння. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. Вип. 33. С. 36–45. <https://doi.org/10.36710/IOC-2022-33-04>
4. Mili A., Das S., Nandakumar K., Lobo R. A comprehensive review on *Sesamum indicum* L.: Botanical, ethnopharmacological, phytochemical, and pharmacological aspects. *Journal of Ethnopharmacology*. 2021. Vol. 281. Article 114503. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114503>
5. Andargie M., Vinas M., Rathgeb A. et al. Lignans of sesame (*Sesamum indicum* L.): a comprehensive review. *Molecules*. 2021. Vol. 26, Iss. 4. Article 883. <https://doi.org/10.3390/molecules26040883>
6. Sharma L., Saini C. S., Punia S. et al. Sesame (*Sesamum indicum*) seed. *Oilseeds: health attributes and food applications*. Springer Singapore, 2021. P. 305–330. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0_12
7. Berk E., Hamzalıoğlu A., Gökmen V. Investigations on the Maillard reaction in sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds induced by roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2019. Vol. 67, Iss. 17. P. 4923–4930. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b01413>
8. Кононенко Л. М., Євчук Я. В., Войтовська В. І., Третьякова С. О. Вміст біохімічної складової в насінні кунжута залежно від його забарвлення. *Збірник наукових праць УНУС*. 2020. Вип. 97. С. 229–239. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2020-97-1-229-239>
9. Alves E. S. C., Wilairatana P., da Cruz M. J. M. et al. Bioactivities and ethnopharmacology of *Sesamum indicum* L. seed oil. *LWT*. 2023. Vol. 185. P. 115–120. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115120>
10. Wang L., Dossou S. S. K., Wei X. et al. Transcriptome dynamics during black and white sesame (*Sesamum indicum* L.) seed development and identification of candidate genes associated with black pigmentation. *Genes*. 2020. Vol. 11, Iss. 12. Article 1399. <https://doi.org/10.3390/genes11121399>

11. Myint D., Gilani S. A., Kawase M., Watanabe K. N. Sustainable sesame (*Sesamum indicum* L.) production through improved technology: An overview of production, challenges, and opportunities in Myanmar. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, Iss. 9. Article 3515. <https://doi.org/10.3390/su12093515>
12. Gojiya D., Barad A., Gohil V. et al. Quantification of design associated engineering properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed varieties as a function of moisture content. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2023. Vol. 100, Iss. 8. P. 663–678. <https://doi.org/10.1002/aocs.12691>
13. Wacal C., Ogata N., Basalirwa D. et al. Fatty acid composition of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds in relation to yield and soil chemical properties on continuously monocropped upland fields converted from paddy fields. *Agronomy*. 2019. Vol. 9, Iss. 12. Article 801. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120801>
14. Nkwor A. N., Ukoha P. O., Ifijen I. H. Synthesis of sulfonated *Sesamum indicum* L. seed oil and its application as a fatliquor in leather processing. *Journal of Leather Science and Engineering*. 2021. Vol. 3. P. 1–13. <https://doi.org/10.1186/s42825-021-00053-4>
15. Dravie E. E., Kortei N. K., Essuman E. K. et al. Antioxidant, phytochemical and physicochemical properties of sesame seed (*Sesamum indicum* L.). *Scientific African*. 2020. Vol. 8. Article e00349. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00349>
16. ДСТУ ISO 9276-6:2017. Візуалізація даних. Частина 6. Оцінка розподілу та варіації (ISO 9276-6:2008, IDT). Київ : Мінекономрозвитку України, 2017. 15 с.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНТЕГРОВАНІХ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ПАВЛОВНІЇ ВІД БУР'ЯНІВ І НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР

Д. Я. Макух, аспірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Павловнія (*Paulownia* spp.) є перспективною швидкозростаючою деревною культурою, що має високу продуктивність біомаси та широкий спектр використання: від енергетичних і декоративних насаджень до виробництва меблевих і будівельних матеріалів. Ефективне вирощування цієї культури в умовах помірного клімату України ускладнюється впливом конкурентних бур'янів та несприятливих кліматичних факторів, зокрема низьких температур у зимовий період.

Реалізація високого потенціалу продуктивності павловнії потребує застосування інтегрованих систем агротехнічного та хімічного захисту, які забезпечують мінімізацію конкуренції з бур'янами та підвищують стійкість рослин до стресових факторів. У сучасних умовах особливу увагу приділяють поєднанню гербіцидного контролю з антистресовими препаратами, що дозволяє зменшити пошкодження пагонів, підвищити зимостійкість та оптимізувати ріст і розвиток дерев.

Дослідження, представлені у цій роботі, спрямовані на оцінку ефективності різних систем захисту від бур'янів та низьких температур для трьох гібридів павловнії (Clone In Vitro 112, 'Pao Tong Z07', 'Shan Tong') у Правобережному Лісостепу України. Результати роботи дозволяють визначити оптимальні технологічні прийоми, які забезпечують підвищення виживаності, продуктивності та екологічної стабільності насаджень павловнії.

Мета досліджень — встановити вплив систем гербіцидного та антистресового захисту на ріст, розвиток і зимостійкість гібридів павловнії (Clone In Vitro 112, 'Pao Tong Z07', 'Shan Tong') в умовах Правобережного Лісостепу України.

Результати досліджень. У дослідах вивчали вплив різних систем гербіцидного захисту та антистресових обробок на ріст, розвиток і зимостійкість трьох гібридів павловнії (Clone In Vitro 112, 'Pao Tong Z07', 'Shan Tong') в умовах Правобережного Лісостепу України. Встановлено, що бур'яни значно пригнічували ріст і розвиток саджанців павловнії — у

контрольних варіантах їх густота перевищувала 100 шт/м², а висота рослин зменшувалася на 25–30 %. Застосування гербіцидів Стомп 330, к. е. (5 л/га) та Тарга Супер, к. е. (2 л/га) забезпечувало зниження забур'яненості на 80–90 % і покращення ростових показників дерев.

Під час оцінювання ефективності заходів захисту від низьких температур виявлено, що одноразова обробка препаратом ХАРВЕСТ восени зменшувала ушкодження пагонів на 20–25 %, тоді як дворазове внесення (восени та після танення снігу) підвищувало збереженість рослин до 90–92 %.

Найкращі результати отримано у варіанті, де застосовували комплекс: Стомп 330, к. е. (5 л/га) + Тарга Супер, к. е. (2 л/га) + ХАРВЕСТ (5 л/га восени і 1 л/га навесні) + НОВОФЕРТ Ягода (6,5 л/га перед заморозками).

У цих варіантах висота рослин павловнії досягала 124–128 см, біомаса — 2,8–3,1 кг/рослину, збереженість після перезимівлі — понад 90 %.

Серед гібридів найвищу адаптивність до умов досліджу та стійкість до низьких температур показав 'Shan Tong', який характеризувався активним весняним відновленням вегетації та найбільшою біомасою.

Висновок. Проведені дослідження засвідчили, що поєднання раціональної системи гербіцидного захисту з антистресовими заходами істотно підвищує стійкість різних гібридів павловнії до впливу бур'янів і низьких температур у період вегетації та зимівлі. У варіантах без застосування гербіцидів відзначено значне пригнічення росту рослин, високу забур'яненість і зниження збереженості насаджень після зимового періоду. Найефективнішою виявилася комбінована система, яка включала застосування препаратів Стомп 330, к. е. (5 л/га) і Тарга Супер, к. е. (2 л/га) для контролю бур'янів, у поєднанні з осінньо-весняними обробками антистресантом ХАРВЕСТ та передзаморозковим позакореневим підживленням НОВОФЕРТ Ягода (6,5 л/га). Такий комплекс забезпечив зменшення забур'яненості посівів на 85–90 %, підвищення інтенсивності росту на 25–30 % і збільшення біомаси рослин на 40–45 % порівняно з контролем. Серед досліджуваних гібридів найвищу адаптивність до умов Правобережного Лісостепу України виявив 'Shan Tong', який характеризувався найкращою відновлювальною здатністю після дії низьких температур і найбільшою продуктивністю. Отримані результати свідчать про високу ефективність інтегрованої системи догляду за павловнією, що поєднує елементи хімічного контролю бур'янів та біостимулювального захисту від стресових факторів. Її впровадження може стати основою для формування екологічно обґрунтованої технології вирощування енергетичних і декоративних плантацій павловнії в умовах помірного клімату України.

Література

1. Макух Я. П., Ременюк С. О., Різник В. М., Мошківська С. В. Вплив бур'янів на ріст і розвиток павловнії. *Біоенергетика*. 2022. № 1–2. С. 45–47. <https://doi.org/10.47414/be.1-2.2022.271358>
2. Олександров О. Г. Рекомендації з вирощування павловнії. *Біоенергетика*. 2021. № 1. С. 29–30. URL: <http://be.bio.gov.ua/article/view/243974>
3. Рекомендації з технології вирощування та використання павловнії в умовах Лісостепу України / за ред. М. Я. Гументика, О. О. Ягольника. Київ : Компринт, 2020. 68 с.
4. Nychkaliuk H. Ecological methods of weed control in paulownia (*Paulownia tomentosa*) plantations. *Quarantine and Plant Protection*. 2024. № 1. Р. 16–19.
5. Карпук Л. М., Тітаренко В. А. Урожайність та якість деревини павловнії в умовах Правобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2024. Т. 12, № 1. <https://doi.org/10.47414/na.12.1.2024.304813>
6. Методика випробування і застосування пестицидів / за ред. С. О. Трибель. Київ : Світ, 2001. С. 174–175.

ПОКРАЩЕННЯ ПОСІВНИХ ЯКОСТЕЙ НАСІННЯ БУРЯКА ЦУКРОВОГО ШЛЯХОМ ЙОГО ОБРОБКИ ЦИНКОМІСТКИМ ПРЕПАРАТОМ

М. П. Продиус, аспірант,

О. М. Ганженко, доктор с.-г. наук

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Обробка насіння буряка цукрового (*Beta vulgaris* L.) є ефективним методом забезпечення рослин критично важливими поживними речовинами на ранніх стадіях росту, оскільки у початковий період вегетації рослини не здатні засвоювати елементи живлення з ґрунту, адже їхня коренева система ще недостатньо розвинена [1]. Водночас, для реалізації генетичного потенціалу сучасних гібридів цукрового буряка критично важливо забезпечити їх усіма необхідними макро- та мікроелементами [2]. Провідне місце серед них займає цинк, оскільки він є каталізатором ключових ферментних систем, необхідних для синтезу білків, обміну вуглеводів, розвитку хлоропластів та регуляції процесів росту, а його дефіцит у чорноземах знижує врожайність та якість [3, 4]. Тому внесення цинковмісних добрив є ефективною стратегією для підвищення врожайності коренеплодів, їхньої якості та стійкості рослин до стресів і хвороб [3, 5]. Отже, дослідження впливу обробки насіння буряка цукрового цинкомістким препаратом на його посівні якості є актуальними.

Метою досліджень було встановити оптимальну норму застосування цинкомісткого препарату, яка забезпечує найвищі показники посівної якості насіння буряка цукрового. Для досягнення цієї мети проведено лабораторні дослідження щодо впливу обробки насіння буряка цукрового препаратом Терросин NP+Zn компанії YaraVita. Дослідження проводились за схемою двофакторного досліду з чотирма повтореннями. У досліді вивчали вплив обробки насіння буряка цукрового вітчизняних гібридів (Фактор А): ‘ЩБ 0904’ (Свідоцтво № 110316) та ‘Рутенія 11’ (Свідоцтво № 230266) препаратом YaraVita Терросин NP+Zn у нормах (Фактор В): 3, 6, 9, 12 л/т на енергію проростання та лабораторну схожість насіння. Дослідження проводили впродовж 2024–2025 рр. Дослідження проводили відповідно до ДСТУ 2292 [6], при цьому облік енергії проростання здійснювали через 4 доби, лабораторної схожості — через 10 діб.

Терросин NP + Zn — це мікродобриво спеціально розроблене для обробки насіння широкого спектру сільськогосподарських культур, в тому числі буряків цукрових. Препарат містить 9 % азоту, 15 % фосфору та 18 % цинку. Препарат розроблений для отримання дружніх сходів та підтримки рослин у критичний період, коли рослинна повністю залежить від резервів поживних речовин у насінні [7].

Результати дослідження впливу обробки насіння буряка цукрового препаратом Терросин NP+Zn свідчать про його суттєвий позитивний вплив на посівні якості вітчизняних гібридів, зокрема ‘ЩБ 0904’ та ‘Рутенія 11’. На прикладі гібрида ‘ЩБ 0904’ було встановлено, що початкова норма застосування препарату (3 л/т) забезпечила достовірне підвищення енергії проростання з базових 77,4 % (контроль) до 82,1 %. Подальше збільшення норми до 6 л/т продовжувало позитивну динаміку, довівши показник до 84,1 %, хоча цей приріст уже був статистично неістотним порівняно з попереднім варіантом. Найвищого результату енергії проростання (87,4 %) було досягнуто за норми 9 л/т, що являє собою значний і достовірний приріст порівняно з усіма попередніми варіантами досліду. Однак подальше, збільшення кількості препарату YaraVita Терросин NP+Zn до 12 л/т призвело до пригнічення посівних якостей, через що енергія проростання знизилася до 84,0 %.

Посівні якості насіння гібрида буряка цукрового ‘Рутенія 11’ також продемонстрували залежність від застосування препарату YaraVita Терросин NP+Zn. За обробки насіння мінімальною нормою (3 л/т) його енергія проростання збільшилася з 84,0 % (необроблений контроль) до 87,8 %. Найбільш суттєве та ефективне підвищення показника спостерігалось зі збільшенням норми препарату до 6 л/т, що забезпечило зростання енергії проростання насіння до 93,1 % (це був максимальний результат у досліді). Однак, подальше збільшення

норми обробки насіння до 9 та 12 л/т призвело до поступового зниження енергії проростання, яка склала відповідно 92,5 та 89,8 %.

Усереднені дані за двома гібридами буряка цукрового підтверджують позитивний вплив препарату YaraVita Teprosyn NP+Zn на енергію проростання. Застосування мінімальної норми (3 л/т) забезпечило достовірне підвищення енергії проростання на 4,2 % (з 80,7 % на контролі до 84,9 %). Подальше зростання норми до 6 л/т також призвело до суттєвого покращення посівних якостей насіння, довівши середній показник енергії проростання до 88,6 %. Однак, збільшення кількості препарату до 9 л/т не дало істотного додаткового зростання енергії проростання. Більше того, максимальна норма (12 л/т) спричинила значне зниження енергії проростання насіння до 86,9 %. За показником енергії проростання насіння гібрида буряка цукрового ‘Рутенія 11’ значно перевершив гібрид ‘ЩБ 0904’. У середньому за дослідом енергія проростання насіння ‘Рутенія 11’ становила 89,4 %, тоді як для ‘ЩБ 0904’ цей показник був істотно нижчим — 83,0 %.

Дисперсійний аналіз засвідчив, що генетична відмінність між досліджуваними гібридами буряка цукрового мала найбільший вплив на варіацію енергії проростання насіння, пояснюючи 61,1 % цієї варіації. Вплив обробки насіння препаратом YaraVita Teprosyn NP+Zn (15,5 %) та вплив партії насіння (12,7 %) були значно меншими, ніж вплив генетичних відмінностей гібридів. Це свідчить про дві ключові речі: по-перше, дія препарату в перші чотири доби проростання проявляється не повною мірою; по-друге, умови формування насіння протягом 2023–2024 рр. мали набагато менший вплив на енергію проростання, ніж його генетичні особливості. Спільний вплив факторів, таких як Гібрид та Партія насіння, а також Препарат та Партія насіння, виявився мінімальним і склав лише 6,4 та 2,6 % відповідно. Вплив неврахованих чинників становив 1,8 %, а відносна похибка середнього значення енергії проростання у всьому досліді була низькою ($P = 1,2$ %).

Результати лабораторних досліджень підтвердили, що обробка насіння буряка цукрового гібрида ‘ЩБ 0904’ препаратом YaraVita Teprosyn NP+Zn суттєво впливає на його лабораторну схожість. Застосування мінімальної норми (3 л/т) призвело до достовірного підвищення лабораторної схожості на 5,5 % — з контрольних 85,3 % до 90,8 %. Подальше збільшення норми обробки до 6 л/т дало додаткове зростання схожості на 4,5 %, досягнувши максимального показника 95,3 %. Однак, збільшення норми до 9 л/т викликало незначне зниження схожості до 95,0 % (у межах НІР). Найгірший результат був зафіксований за максимальної норми препарату (12 л/т), яка призвела до істотного зменшення лабораторної схожості до 88,4 %.

Обробка насіння гібрида цукрового буряка ‘Рутенія 11’ препаратом YaraVita Teprosyn NP+Zn також показала значні позитивні результати щодо лабораторної схожості. Застосування мінімальної норми (3 л/т) призвело до підвищення схожості на 4,8 % — з контрольних 88,0 до 92,8 %. Найкращий ефект спостерігався при збільшенні норми до 6 л/т: схожість зросла ще на 5,1 %, досягнувши максимального для дослідів рівня 97,9 %. Подальше збільшення кількості препарату до 9 л/т не мало суттєвого впливу, оскільки схожість залишилася майже незмінною (97,6 %). Водночас використання максимальної норми (12 л/т) спричинило зниження лабораторної схожості на 2,4 %, до 95,5 %.

У середньому по двох гібридах застосування мінімальної норми препарату YaraVita Teprosyn NP+Zn (3 л/т) для обробки насіння забезпечило достовірне підвищення лабораторної схожості із 86,6 % (на контрольному варіанті) до 91,8 %. Подальше збільшення норми до 6 л/т дало найсуттєвіше підвищення лабораторної схожості — до 96,6 %. Хоча підвищення норми до 9 л/т призвело до неістотного зменшення схожості (96,3 %), застосування максимальної норми (12 л/т) спричинило значне зниження показника до 91,9 %. Крім того, за лабораторною схожістю насіння гібрида ‘Рутенія 11’ значно перевершувало насіння гібрида ‘ЩБ 0904’. У середньому за всіма варіантами дослідів схожість насіння ‘Рутенія 11’ становила 94,4 %, тоді як гібрид ‘ЩБ 0904’ показав 90,9 %.

Дисперсійний аналіз показав, що на варіацію лабораторної схожості вітчизняних гібридів цукрового буряка найбільший вплив (41,6 %) мала обробка насіння препаратом

YaraVita Teprosyn NP+Zn. Вплив, зумовлений генетичною відмінністю гібридів, виявився дещо меншим і становив 36,7 %. Це свідчить про те, що ефект від застосування YaraVita Teprosyn NP+Zn розкрився повною мірою до десятого дня (тобто на момент обліку схожості), що виявилось у значному підвищенні схожості гібридів 'ЩБ 0904' та 'Рутенія 11'. Такий сильний вплив препарату пояснюється наявністю у ньому азоту, фосфору та цинку — елементів, критично важливих для ранніх стадій розвитку рослин. Крім того, істотними були ефекти від спільної дії факторів Гібрид × Препарат (2,7 %) та Препарат × Партія насіння (2,8 %). Сумарний вплив неврахованих чинників був незначним (2,7 %), а відносна помилка середнього значення схожості у дослідженні становила лише $P = 1,2$ %.

Висновки. Для досягнення максимальної енергії проростання насіння буряка цукрового необхідне індивідуальне дозування препарату YaraVita Teprosyn NP+Zn: оптимальна норма для гібрида 'ЩБ 0904' становить 9 л/т, а для 'Рутенія 11' — 6 л/т.

Найвища лабораторна схожість для обох досліджуваних гібридів була досягнута при обробці насіння препаратом YaraVita Teprosyn NP+Zn у нормі 6 л/т.

Необхідно суворо дотримуватися оптимальних норм, оскільки перевищення дозування цинкомісткого препарату може призвести до пригнічення посівних якостей насіння (як енергії проростання, так і схожості).

Генетичний потенціал гібрида є домінуючим фактором, що визначає енергію проростання, тоді як обробка насіння цинкомістким препаратом має вирішальне значення для кінцевої лабораторної схожості.

Література

1. Паламарчук В. Д., Доронін В. А., Колісник О. М. Основи насіннізнавства (теорія, методологія, практика). Вінниця : Друк, 2022. 392 с.
2. Господаренко Г. М., Вишневецька Л. В., Мартинюк А. Т. та ін. Агрохімічна складова технології вирощування буряку цукрового / за ред. Г. М. Господаренко. Київ : СІК ГРУП Україна, 2020. 308 с.
3. Zhao X. Y., Song B. Q., Ishfaq M. et al. Zinc amendment increases the yield and industrial quality of *Beta vulgaris* L. cultivated in Northeast China. *Field Crops Research*. 2023. Vol. 298. Article 108973. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108973>
4. Shiade S. R. G., Fathi A., Ghasemkheili F. T. et al. Plants' responses under drought stress conditions: Effects of strategic management approaches-a review. *Journal of Plant Nutrition*. 2023. Vol. 46, Iss. 9. P. 2198–2230. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2105720>
5. Zewail R. M. Y., El-Gmal I. S., Khaitov B., El-Desouky H. S. A. Micronutrients through foliar application enhance growth, yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Plant Nutrition*. 2020. Vol. 43. Iss. 15. P. 2275–2285. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1771580>
6. ДСТУ 2292 Насіння цукрових буряків. Методи визначення схожості, одноростковості та доброякісності. Київ : Держспоживстандарт України, 1995. 31 с.
7. Інформація про продукт YaraVita TEPROSYN NP+Zn. URL: <https://www.yara.ua/products/yaravita/yaravita-teprosyn-npzn/>

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЛЕКСНИХ ЗАХОДІВ КОНТРОЛЮ БУР'ЯНІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА НАСІННЄВУ ЗДАТНІСТЬ СЕГЕТАЛЬНОЇ ФЛОРИ

Я. П. Макух, доктор с.-г. наук, **С. В. Мошківська**, кандидат с.-г. наук,
В. М. Різник, кандидат с.-г. наук, **М. О. Кісілевська**
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Однією з ключових проблем сучасного землеробства в Україні є надмірна забур'яненість орних земель, яка призводить до значних втрат урожаю, зниження якості сільськогосподарської продукції та деградації агроєкосистем. За умов кліматичних змін та інтенсифікації землекористування бур'яни не лише конкурують із культурними рослинами за вологу, поживні речовини та світло, але й формують резистентність до поширених хімічних засобів контролю. Використання виключно гербіцидів уже не забезпечує належного рівня екологічної та економічної ефективності, водночас створюючи загрози для біорізноманіття, ґрунтового та водного середовища. Тому виникає потреба у науковому обґрунтуванні методології екологічно безпечного контролювання сегетальної рослинності, яка враховуватиме особливості ґрунтово-кліматичних зон України, поєднуватиме хімічні, агротехнічні та біологічні прийоми й забезпечуватиме стаке використання орних земель. Це сприятиме підвищенню продуктивності основних культур, зменшенню антропогенного навантаження на довкілля та адаптації агросектору до нових викликів глобальних змін клімату.

Контроль сегетальної рослинності є одним із ключових факторів забезпечення високої продуктивності сільськогосподарських культур. Ефективне управління бур'янами потребує комплексного підходу, який враховує видову специфіку бур'янів, їхню здатність до відтворення, а також вплив агротехнічних і хімічних заходів. Метою цього досліджу було науково обґрунтувати інтегрований підхід до контролювання сегетальної флори на орних землях, визначити вплив інтенсивності конкуренції культурних рослин, механічних обробок та хімічного контролю на життєздатність і насіннєву продуктивність основних видів бур'янів.

Для досягнення поставленої мети було проведено багатофакторний польовий експеримент, що дозволив оцінити реакцію різних видів бур'янів на комбінації агротехнічних і хімічних факторів, а також сформувані науково обґрунтовані рекомендації щодо диференційованого та екологічно безпечного контролю сегетальної рослинності.

Проведені багатофакторні дослідження дозволили оцінити інтегрований вплив інтенсивності конкуренції культурних рослин (фактор А), механічних заходів контролювання (фактор В) та хімічних прийомів (фактор С) на ріст, розвиток і відтворення провідних видів сегетальної рослинності орних земель основних ґрунтово-кліматичних зон України. Узагальнені середні показники пригнічення, біомаси та насіннєвої продуктивності бур'янів наведені у таблиці 1.

Таблиця

Узагальнені середні показники пригнічення, біомаси та насіннєвої продуктивності сегетальних видів бур'янів у досліді» (середнє за 2021–2025 рр.)

Вид бур'яну	Пригнічення, %	Біомаса, г/м ²	Насіннєва продуктивність, шт./м ²
Гірчак печучийний (<i>Polygonum persicaria</i>)	55,2	320,4	1450
Лобода біла (<i>Chenopodium album</i>)	61,8	290,7	1320
Паслін чорний (<i>Solanum nigrum</i>)	58,6	310,1	1280
Підмаренник чіпкий (<i>Galium aparine</i>)	52,4	340,9	1560
Редька дика (<i>Raphanus raphanistrum</i>)	65,1	280,5	1200
Рутка лікарська (<i>Fumaria officinalis</i>)	49,7	360,3	1680

Вид бур'яну	Пригнічення, %	Біомаса, г/м ²	Насіннєва продуктивність, шт./м ²
Талабан польовий (<i>Thlaspi arvense</i>)	54,5	330,8	1420
Фіалка польова (<i>Viola arvensis</i>)	50,9	350,2	1500
Щириця звичайна (<i>Amaranthus retroflexus</i>)	62,7	295,4	1380
Мишій сизий (<i>Setaria glauca</i>)	57,3	315,6	1400
Плоскуха звичайна (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	59,8	305,1	1350

Примітка. Дані подано як середні значення пригнічення (%), біомаси (г/м²) та насіннєвої продуктивності (шт./м²) для кожного виду бур'янів, узагальнені по всіх комбінаціях факторів досліду (інтенсивність конкуренції культури, механічні та хімічні заходи). Стандартні відхилення наведені в дужках, що дозволяє оцінити мінливість показників та видові особливості реакції бур'янів на контрольні заходи.

Отримані дані свідчать про значну видоспецифічність реакції бур'янів на дію досліджуваних факторів. Зокрема, найбільш чутливими до поєднання високої інтенсивності конкуренції культури та хімічного контролювання у стандартних нормах виявилися *Raphanus raphanistrum* та *Amaranthus retroflexus*. Рівень їх пригнічення перевищував 60 %, що зумовлювало істотне зниження біомаси (до 280–290 г/м²) і мінімальні показники насіннєвої продуктивності. Це свідчить про ефективність інтегрованих заходів у контролюванні дводольних ярих бур'янів з високою конкурентоспроможністю.

Види *Chenopodium album* та *Echinochloa crus-galli* характеризувалися проміжною реакцією: рівень пригнічення становив 55–58 %, проте завдяки високій екологічній пластичності вони зберігали достатній біомасний потенціал (310–330 г/м²) і середню насіннєву продуктивність. Це пояснює їхню стійку присутність у ценозах навіть за інтенсивного агротехнічного впливу.

Більш стійкими виявилися *Fumaria officinalis* та *Viola arvensis*. Навіть за поєднання механічних і хімічних заходів рівень їх пригнічення залишався нижчим за 55 %, тоді як біомаса перевищувала 350 г/м², а насіннєва продуктивність — 1500 шт./м². Це вказує на складність повного контролювання дрібнонасінних видів, які формують значний банк насіння у ґрунті та мають здатність до пролонгованого відтворення.

Особливої уваги заслуговує *Galium aparine*, який продемонстрував найвищі показники біомаси (понад 360 г/м²) та насіннєвої продуктивності (понад 1600 шт./м²). Це свідчить про його високу конкурентну здатність і значний ризик домінування у посівах навіть за умов цілеспрямованих заходів контролювання.

Таким чином, результати підтверджують, що ефективність впливу факторів досліду на сегетальну рослинність визначається видовою належністю бур'янів, особливостями їх біології та адаптивними можливостями. Отримані дані є важливими для формування диференційованих систем екологічно безпечного контролю бур'янів, які враховують як інтенсивність конкуренції культури, так і специфічну реакцію окремих видів на механічні та хімічні заходи.

Проведений дисперсійний аналіз показав, що всі досліджувані фактори — інтенсивність конкуренції культури (фактор А), механічні заходи (фактор В) та хімічний контроль (фактор С) — мали істотний вплив на рівень пригнічення, біомасу та насіннєву продуктивність бур'янів ($p \leq 0,05$). Водночас найбільший внесок у варіацію досліджуваних ознак вносив фактор А (інтенсивність конкуренції культури), який пояснював у середньому 38–42 % загальної мінливості. Дещо нижчий, але також значущий ефект мали фактори хімічного контролювання (28–32 %) та механічних заходів (15–18 %).

Узагальнені середні значення (табл.) свідчать, що найбільш чутливими видами до поєднання інтенсивної конкуренції культури та хімічного контролю у стандартних нормах виявилися *Raphanus raphanistrum* та *Amaranthus retroflexus*. За результатами порівняння

середніх значень (тест НР0,05) встановлено, що біомаса цих видів була достовірно нижчою (на 15–20 % порівняно з контролем), тоді як насіннева продуктивність знижувалася більш ніж на 40 %.

Види *Chenopodium album* та *Echinochloa crus-galli* займали проміжне положення. Різниця між контрольними та обробленими варіантами для цих видів була статистично достовірною ($p \leq 0,05$), проте менш вираженою — біомаса знижувалася в середньому на 10–12 %, а насіннева продуктивність — на 20–25 %.

Натомість *Fumaria officinalis* та *Viola arvensis* продемонстрували високу толерантність: достовірних відмінностей за біомасою між варіантами з механічним та комбінованим контролем виявлено не було, тоді як насіннева продуктивність залишалася на рівні контролю. Це вказує на стійкість дрібнонасінних видів до інтегрованих заходів і підтверджує їхню високу адаптивність.

Особливу увагу привертає *Galium aparine*, який у всіх комбінаціях факторів мав достовірно найвищі показники біомаси (360,3 г/м²) та насінневої продуктивності (1680 шт./м²). Високі коефіцієнти варіації (CV = 18–22 %) підтверджують пластичність цього виду та його здатність ефективно використовувати конкурентну нішу.

Висновки. Результати варіаційного аналізу доводять, що найбільш дієвим фактором контролювання сегетальної рослинності є підвищення інтенсивності конкуренції культурних рослин у поєднанні з хімічним контролем. Разом із тим ефективність заходів істотно залежить від видової належності бур'янів. Це підтверджує необхідність диференційованого підходу до формування систем екологічно безпечного контролювання бур'янів у сівоzmінах.

Література

1. Копчук К. М., Ременюк С. О. Закономірності забур'янення посівів культур сівоzmіни в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10, № 3. <https://doi.org/10.47414/na.10.3.2022.270521>
2. Ременюк С. О., Іващенко О. О. Проблеми присутності бур'янів у посівах розпочинаються з насіння. *Агроном*. 2023. № 2. С. 28–29.
3. Соколовська І. М. Моніторинг засміченості агрофітоценозів зернових культур насінням бур'янів. *Аграрні інновації*. 2023. № 17. С. 132–138.
4. Медведєв Е. Б. Вплив способів обробітку ґрунту і добрив на забур'яненість культур ланки польової сівоzmіни в умовах Північного Степу України. *Інноваційні технології в рослинництві*: матеріали III Всеукраїнської наукової інтернет-конференції. Київ, 2020. С. 67–69.

ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОСНОВНОГО ТА ПОЗАКОРЕНЕВОГО ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

В. В. Слободянюк, аспірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus*) є перспективною багаторічною злаковою культурою, яка набуває все більшого значення у світовому та вітчизняному аграрному секторі як джерело відновлюваної енергії. Висока врожайність, здатність адаптуватися до різних кліматичних умов, швидкий ріст та здатність акумулювати значну кількість біомаси роблять цю культуру привабливою для використання у біоенергетиці. Міскантус активно використовують для отримання біопалива, що є альтернативою традиційним джерелам енергії, таким як вугілля і газ.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває проблема оптимізації агротехнічних прийомів, зокрема системи живлення, яка здатна забезпечити високі показники урожайності

та енергоефективності. Незважаючи на загальну невибагливість міскантусу, результати досліджень свідчать, що грамотне застосування основного та позакореневого підживлення може суттєво впливати на продуктивність культури.

Метою цього дослідження було оцінити вплив різних варіантів удобрення на урожайність міскантусу гігантського, вихід біомаси, твердого біопалива та загальну енергоємність отриманої продукції в умовах Лісостепу України.

У ході досліджу було встановлено, що найменшу врожайність біомаси зафіксовано за застосування Інгібітор уреаз N-STAB, 1,4 л/т КАС + Квантіс, 2 л/га – 15 т/га. Високі показники показав варіант у поєднанні КАС 32 (20 д. р.) + Інгібітор уреаз N-STAB, 1,4 л/т КАС, КАС 32 (20 д. р.) + Інгібітор уреаз N-STAB, 1,4 л/т КАС + Квантіс, 2 л/га — 29,7 та 29,6 т/га відповідно.

Кореневе підживлення на варіанті внесення КАС 32 (40 д. р.) + Стабілізатор азоту N-Лок Макс, 1,7 л/га + Квантіс, 2 л/га урожайність біомаси становила 26,8 т/га. Як видно, весняне удобрення дало приріст урожаю міскантусу гігантського.

Зокрема, за застосування КАС 32 (20 д. р.) вихід твердого біопалива становив 23,9 т/га порівняно з контролем 9,1 т/га. Найменші показники виходу твердого біопалива спостерігалися за застосування Інгібітор уреаз N-STAB, 1,4 л/т КАС + Квантіс, 2 л/га — 9,0 т/га.

Енергоємність твердого біопалива суттєво не відрізнялася від контрольного варіанту. Позакореневе підживлення КАС 32 (20 д. р.) дало надбавку врожайності сухої біомаси порівняно з контролем на 17,9 т/га та вихід енергії 383,5 ГДж/га, що на 237,7 ГДж/га більше ніж у контрольному варіанті.

Високі показники виходу енергії спостерігалися і на варіантах застосування КАС 32 (20 д. р.) + Інгібітор уреаз N-STAB, 1,4 л/т, КАС 32 (20 д. р.) + Інгібітор уреаз N-STAB, 1,4 л/т КАС + Квантіс, 2 л/га, КАС 32 (40 д. р.) + Стабілізатор азоту N-Лок Макс, 1,7 л/га + Квантіс, 2 л/га — 350,4; 339,74 та 295,2 ГДж/га відповідно. Вихід твердого біопалива на цих варіантах становив відповідно 21,8; 21,2 та 18,4.

На кінцевий результат розрахунків продуктивності вирощування міскантусу гігантського мали вплив якісні показники сухої біомаси, вміст сухої речовини та вміст золи.

На всіх варіантах досліджу спостерігався різний вміст сухої речовини у біомасі від 54,57–70,06 %, що вплинуло на вихід твердого біопалива з гектара. Різний вміст золи від 3,0–3,3 % мав вплив на енергоємність твердого біопалива досліджуваної культури, що вирощувався при різних варіантах удобрення.

Отримані результати свідчать, що застосування оптимізованої системи основного та позакореневого живлення дозволяє істотно підвищити врожайність міскантусу гігантського, збільшити вихід біомаси, твердого біопалива та його енергоємність. Найефективнішими варіантами були ті, що передбачали застосування КАС 32 у нормі 20–40 кг д. р./га у поєднанні зі стабілізаторами азоту (N-STAB або N-Лок Макс) та мікроелементним добривом Квантіс. Застосування таких агроприйомів дозволяє підвищити ефективність біоенергетичного виробництва в умовах Лісостепу України, також сприяє раціональному використанню добрив.

ЦУКРОВІ БУРЯКИ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУР І ПОСУХИ — ЗМІНИ У ФІЗІОЛОГІЇ РОСЛИН, ВПЛИВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ, ОПТИМІЗАЦІЯ СІВОЗМІН

ПРОДУКТИВНІСТЬ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ЗА АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ

В. В. Іваніна, доктор с.-г. наук,

В. В. Доронін, аспірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

За дефіциту гною та значного подорожання мінеральних добрив виникла потреба пошуку альтернативних способів удобрення культур — використання побічної продукції. Побічна продукція рослинництва є важливим джерелом постачання поживних речовин для мінерального живлення рослин як у прямій дії, так і в післядії. Використання соломи пшениці озимої — побічна продукція дозволяє істотно зменшити винос із ґрунту основних елементів живлення, створюючи більш сприятливе трофічне середовище у ґрунті для мінерального живлення рослин [1, 2]. Використання соломи є ефективним засобом підтримання бездефіцитного балансу гумусу й поживних елементів, додатковим джерелом органічних добрив [3]. Використання побічної продукції забезпечило підвищення балансу гумусу на 0,37 т/га за рік [4]. Тому, дослідження альтернативних систем удобрення в сівозміні має наукове і практичне значення і є актуальним.

Дослідження комплексного впливу побічної продукції з мінеральними та органічними добривами на продуктивність цукрових буряків проводили на Білоцерківській ДСС в умовах стаціонарного досліду. Розміри дослідної ділянки стаціонарного досліду: посівна площа — 228 м², облікова — 100 м². Варіанти у досліді розміщували систематично послідовно, повторність досліду триразова.

Ґрунтова відміна місця закладання досліду — чорнозем вилугуваний середньо суглинковий. Орний 0–30 см шар ґрунту має такі агрохімічні характеристики: вміст гумусу — 3,6–3,8 % (за Тюрнімом); рухомий фосфор та калій (за Чириковим) — 153–170 та 64–78 мг/кг ґрунту; легкогідролізований азот (за Корнфілдом) — 106–112 мг/кг ґрунту, гідролітична кислотність (за Каппеном) — 1,71–1,80 мг-екв/100 г ґрунту.

Встановлено, що в середньому за 2020–2022 рр. врожайність коренеплодів буряків цукрових у короткоротаційній зерно-буряковій сівозміні за мінеральної системи удобрення з внесенням на 1 га ріллі N₅₃P₄₂K₄₂ становила 35,9 т/га, що значно більше, ніж в контролі — без добрив. За орґано-мінеральної системи удобрення з внесенням на 1 га сівозміни N₅₃P₄₂K₄₂ + 6,7 т гною врожайність коренеплодів достовірно підвищилася — на 9,0 т/га порівняно з мінеральною системою удобрення. За внесення на 1 га сівозміни мінеральних добрив в дозі N₅₃P₄₂K₄₂ з використанням побічної продукції — соломи під буряки цукрові, забезпечило отримання достовірно вищої врожайності коренеплодів — 40,7 т/га порівняно як з контролем, так і порівняно з внесенням лише мінеральних добрив (табл. 1).

Досить ефективним в альтернативному орґано-мінеральному удобренні сівозміни визначено збільшення у 1,5 рази дози усіх елементів живлення у складі мінерального добрива. За внесення N₆₅P₇₀K₇₀ на тлі заорювання побічної продукції врожайність буряків цукрових становила 50,1 т/га, що порівняно з базисним удобренням (N₅₃P₄₂K₄₂) визначено вищим на 9,4 т/га, порівняно з контролем без добрив — на 31,5 т/га.

Найціннішою біологічною властивістю цукрових буряків як спеціалізованого цукроноса є їх здатність накопичувати цукрозу. Цукристість коренеплодів залежить від сортових особливостей, умов та елементів технології їх вирощування і, в першу чергу, від застосування мінеральних добрив.

Встановлено, що найвищий вміст цукру в коренеплодах визначено на контролі без добрив — 17,2 %, за базисного удобрення буряків цукрових мінеральними добривами ($N_{53}P_{42}K_{42}$) — 17,2 %, за внесення $N_{53}P_{42}K_{42}$ + побічна продукція та $N_{53}P_{21}K_{21}$ + побічна продукція — 17,1 та 17,2 %, відповідно. Це дає змогу припустити, що доза мінеральних добрив $N_{53}P_{42}K_{42}$ та її поєднання з побічна продукція створює сприятливе мінеральне живлення буряків цукрових у другій половині вегетації, яке супроводжується максимальним накопиченням цукру в коренеплодах.

Таблиця 1

Урожайність буряків цукрових залежно від удобрення (БЦДСС, 2020–2022 рр.)

№ вар.	Внесено добрив на 1 га сівозміни, кг	Схема	Врожайність, т/га			
			2020 р.	2021 р.	2022 р.	середнє
51	Без добрив (контроль)		21,1	19,0	15,8	18,6
55	N ₅₃ P ₄₂ K ₄₂	1NPK	41,0	32,6	34,1	35,9
53	N ₅₃ P ₄₂ K ₄₂ + 6,7 т/га гною	1NPK + гній	49,2	43,0	42,5	44,9
41	N ₅₃ P ₄₂ K ₄₂ + солома	1NPK + ПП	45,2	36,7	40,3	40,7
46	N ₆₅ P ₇₀ K ₇₀ + солома	1,5NPK + ПП	53,1	48,1	49,1	50,1
НІР _{0,05}			3,1	2,8	3,0	3,0
Р, %			2,5	2,3	2,7	2,6

Зниження цукристості коренеплодів спостерігали за альтернативного органо-мінерального удобрення сівозміни на 0,4 % до контролю без добрив за абсолютного показника 16,8 %. Найнижчі показники цукристості коренеплодів визначено за внесення підвищеної у 1,5 дози мінеральних добрив у складі альтернативного удобрення. За внесення на 1 га сівозміни $N_{65}P_{70}K_{70}$ на тлі заорювання побічної продукції цукристість коренеплодів становила 15,5 %, що порівняно з базисним удобренням ($N_{53}P_{42}K_{42}$) та контролем без добрив було меншим на 1,7 %.

Узагальнюючим показником ефективності систем удобрення для буряків цукрових є показник збору цукру, який залежить від рівня урожайності коренеплодів та їх цукристості. За внесення на 1 га сівозміни $N_{53}P_{42}K_{42}$ збір цукру становив 6,14 т/га зі зростанням до контролю без добрив на 2,95 т/га або у 1,9 рази (табл. 2).

Таблиця 2

Збір цукру залежно від удобрення (БЦДСС, 2020–2022 рр.)

№ вар.	Внесено добрив на 1 га сівозміни, кг	Схема	Збір цукру, т/га			
			2020 р.	2021 р.	2022 р.	середнє
51	Без добрив (контроль)		3,61	3,08	2,88	3,19
55	N ₅₃ P ₄₂ K ₄₂	1NPK	6,77	5,90	5,76	6,14
53	N ₅₃ P ₄₂ K ₄₂ + 6,7 т/га гною	1NPK + гній	7,63	8,00	6,93	7,52
41	N ₅₃ P ₄₂ K ₄₂ + солома	1NPK + ПП	7,86	6,61	6,37	6,94
46	N ₆₅ P ₇₀ K ₇₀ + солома	1,5NPK + ПП	8,39	7,65	7,27	7,77

За базисного удобрення сівозміни з внесенням на 1 га ріллі $N_{53}P_{42}K_{42}$ + побічна продукція збір цукру становив 6,94 т/га зі зростанням до контролю без добрив на 3,75 т/га або у 2,2 рази. За продуктивністю зазначена система удобрення поступалась традиційному удобренню з внесенням гною на 0,58 т/га. Найвищої біологічної продуктивності буряків цукрових досягали за збільшення у 1,5 рази повного мінерального добрива.

Література

- Іваніна В. В., Шиманська Н. К., Мазур Г. М. Заходи біологізації в формуванні фосфатного режиму чорнозему типового. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 12. С. 21–24.
- Данюк М. С., Іваніна В. В. Біологізація системи удобрення та продуктивність буряків цукрових. *Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Поєднання науки,*

освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції» (м. Вінниця, 23 червня 2022 р.). Вінниця, 2022. С. 115–117.

3. Циліорик О. Пожнивні рештки як добриво. Дніпровський ДАЕ університет. 2020. URL: <http://agro-business.com.ua/ahramni-kultury/item/18936-pozhnyvni-reshtky-iak-dobryvo.html>

4. Богданович Р. П., Олійник В. С. Баланс гумусу в чорноземі типовому легкосуглинковому Правобережного Лісостепу з урахуванням нетоварної частини урожаю сільськогосподарських культур. 2024. URL: https://nd.nubip.edu.ua/2014_7/15.pdf

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРОКІВ СІВБИ ЦУКРОВОГО БУРЯКА В КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Д. О. Кисельов, кандидат с.-г. наук
ПП «Західний Буг», Львівська обл.

Цукровий буряк (*Beta vulgaris* L.) залишається стратегічною культурою для аграрного сектору України, забезпечуючи основу для виробництва цукру, біоенергетики та кормових ресурсів. У сучасних умовах кліматичних змін одним із найважливіших чинників стабілізації врожайності є правильний вибір строків сівби, особливо в короткоротаційних сівозмінах, що широко застосовуються у Західному Лісостепу.

У регіоні зростає частота весняних посух, спостерігається нестача продуктивної вологи та зміщення дат весняного потепління. Це створює ризики як для ранніх посівів, що можуть потрапити під заморозки, так і для пізніх, які часто зазнають дефіциту вологи в період формування коренеплодів. Тому уточнення оптимальних строків сівби має важливе практичне значення для підвищення стабільності виробництва цукрових буряків у Західному Лісостепу.

Метою роботи було визначення впливу різних строків сівби цукрового буряка на врожайність і збір цукру в умовах короткоротаційних сівозмін Західного Лісостепу України з урахуванням типу ґрунтів.

Основні завдання включали:

- оцінку продуктивності культури за різних календарних строків посіву;
- аналіз стабільності врожайності на ґрунтах різного генетичного походження;
- побудову математичної моделі залежності врожайності від строків сівби;
- визначення оптимального періоду посіву для підвищення ефективності виробництва.

Полеві дослідження проводили у 2018–2024 рр. у виробничих умовах ПП «Західний Буг». Дослідні ділянки розміщували на трьох типах ґрунтів: високопродуктивних чорноземах, карбонатних та піщаних.

Вивчали п'ять строків сівби: до 1 квітня, 1–10 квітня, 10–20 квітня, 20 квітня — 1 травня, після 1 травня. Основними показниками були збір цукру (т/га) та відносна врожайність (%). Статистичну обробку даних здійснювали методами варіаційного аналізу з використанням регресійного моделювання, що дозволило виявити загальні закономірності між строками посіву й урожайністю.

Результати показали, що терміни сівби істотно впливали на продуктивність буряків залежно від типу ґрунтів. У середньому по господарству збір цукру коливався від 10,5 т/га (до 1 квітня) до 10,9 т/га (10–20 квітня). Найвищі показники зафіксовані в другій декаді квітня, коли поєднувалися сприятливі температурні умови (8–10 °C) та достатня вологість ґрунту. На продуктивних чорноземах максимальний збір цукру становив 11,0 т/га, що на 3–4 % перевищувало результати ранніх і пізніх посівів. Це підтверджує стабільність родючих ґрунтів, які менш чутливі до строків висіву.

На карбонатних і піщаних ґрунтах урожайність коливалася від 9,2 т/га (до 1 квітня) до 10,9 т/га (20 квітня — 1 травня). Проте при посіві після 1 травня вона знижувалася до 9,5 т/га, що пояснюється дефіцитом вологи у верхньому шарі ґрунту.

Відносна врожайність підтвердила аналогічну динаміку:

- 105 % у середньому по господарству в період 10–20 квітня;
- 107 % на чорноземах;
- 83 % на легких піщаних ґрунтах при посіві після 1 травня.

Математичний аналіз показав параболічну залежність урожайності від строків сівби, що підтверджує наявність чітко вираженого оптимуму у середині квітня.

Для всіх типів ґрунтів отримано математичну модель:

$$Y = -1,14x^2 + 6,86x + 92,4 \quad (R^2 \approx 0,59),$$

де x — порядковий номер декади посіву.

Для карбонатних і піщаних ґрунтів:

$$Y = -2,29x^2 + 11,51x + 84,6 \quad (R^2 \approx 0,73),$$

що вказує на вищу чутливість до строків висіву.

На продуктивних чорноземах:

$$Y = -1,14x^2 + 7,06x + 93,2 \quad (R^2 \approx 0,48),$$

що підтверджує більшу стійкість урожайності до зміни термінів посіву.

Коефіцієнти детермінації свідчать, що на легких ґрунтах 73 % варіації врожайності пояснюється саме строками сівби, тоді як на чорноземах — менше ніж 50 %. Отже, оптимальний строк сівби — 10–20 квітня, коли спостерігається максимальне поєднання теплових і вологісних умов для формування врожаю.

Отримані дані підтверджують висновки закордонних і вітчизняних досліджень. Зокрема, Koch et al. та Deumelandt et al. відзначають, що зміщення строків сівби навіть на 7–10 днів призводить до зниження врожайності буряка на 5–8 % [1, 4]. Jaggard et al. і Ortiz-Bobea et al. вказують, що своєчасна сівба є ключовим інструментом адаптації агротехнологій до кліматичних змін [3, 6].

В українських умовах подібні результати підтвердили Hlushchenko et al. та Makukh et al.: оптимізація строків сівби дає змогу компенсувати негативний ефект коротких ротацій і нестачі вологи [2, 5].

Параболічна форма залежності ($R^2 = 0,59–0,73$) відображає універсальний принцип — існує вузьке «вікно ефективності», коли поєднання температури, вологості та фотоперіоду сприяє максимальній продуктивності. Ранні посіви (до 1 квітня) зазнають ризику переохолодження ґрунту, тоді як пізні (після 1 травня) обмежують тривалість вегетації та потрапляють у фазу літніх посух.

Висновки. У короткоротаційних сівозмінах Західного Лісостепу домінуючим фактором, що визначає врожайність цукрового буряка, є строк сівби.

Оптимальним періодом є 10–20 квітня, коли середній збір цукру досягає 10,9 т/га, а відносна врожайність — 105–107 %.

Продуктивні чорноземи відзначаються стабільністю урожайності ($R^2 \approx 0,48$), тоді як карбонатні та піщані ґрунти демонструють високу залежність ($R^2 \approx 0,73$) від термінів висіву.

Відкладання сівби після 1 травня призводить до зниження урожайності на 12–17 %, особливо на легких ґрунтах.

Побудована математична модель дає можливість прогнозувати зміни урожайності за різних сценаріїв кліматичних умов і може бути використана для розробки адаптивних агротехнологій.

Література

1. Deumelandt T., Ladewig E., Strecker T. Crop rotational effects on yield formation in current sugar beet production. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. Article 231. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00231>
2. Hlushchenko L. D., Olepir R. V., Len O. I., Samoilenko O. A. The yield of sugar beet in constant sowing and crop rotation. *Bioenergy*. 2020. No 2. P. 34–37. <https://doi.org/10.47414/be.2.2020.225004>
3. Jaggard K. W., Qi A., Ober E. S. Possible changes to arable crop yields by 2050.

Philosophical Transactions of the Royal Society B. 2010. Vol. 365, Iss. 1554. P. 2835–2851. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0153>

4. Koch H. J., Trimpler K., Jacobs A., Stockfisch N. Crop rotational effects on yield formation in current sugar beet production — results from a farm survey and field trials. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. Article 231. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00231>

5. Makukh Y., Remeniuk S., Moshkivska S. et al. Water use of sugar beet and spring barley in different crop rotations and fertilisation systems in chernozem in Ukraine. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2023. Vol. 26, Iss. 3. Article 04. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.04>

6. Ortiz-Bobea A., Ault T. R., Carrillo C. M. et al. Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nature Climate Change*. 2020. Vol. 10. P. 306–312. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0699-y>

ВПЛИВ ПОГОДНИХ УМОВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

С. І. Кудря¹, доктор с.-г. наук, Ю. О. Тараріко², доктор с.-г. наук,
Н. А. Кудря¹, кандидат с.-г. наук, Г. І. Личук³, кандидат с.-г. наук

¹Державний біотехнологічний університет, м. Харків

²Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ

³ДУ Національний Антарктичний науковий центр МОН України, м. Київ

Протягом останніх двадцяти років в Україні спостерігалися значні зміни температурного режиму та кількості опадів. Тому аграрії країни повинні шукати нові адаптаційні стратегії для вирощування сільськогосподарських культур [1]. Саме кліматичні, а точніше змінні погодні умови визначають вирішальне значення в продуктивності земель [2].

Саме з точки зору підвищення врожайності цукрових буряків і обґрунтування заходів з корегування умов росту та розвитку рослин актуальним буде виявлення вирішальних факторів і оптимальних параметрів тепло- та вологозабезпечення протягом ключових періодів до та під час їх вегетації на локальному територіальному рівні. З іншого боку важливою перевагою такого підходу є можливість прогнозування з високим рівнем достовірності не тільки продуктивності посівів, але й особливостей функціонування інших складових агроєкосистем за змінних гідротермічних умов.

Основна мета дослідження — оцінити агроресурсний потенціал Лівобережного Лісостепу України, запропонувати методологію визначення найбільш важливих періодів росту та розвитку цукрових буряків з точки зору впливу гідротермічних умов на їх урожайність. Розробити нові підходи з проектування прогнозних моделей формування продуктивності посівів стосовно особливостей їх тепло- та вологозабезпечення на окремих етапах органогенезу. На прикладі цукрових буряків висвітлити доцільність розширення та поглиблення наукових досліджень у запропонованому напрямі.

Дослідження виконано в стаціонарному польовому досліді кафедри землеробства та гербології ім. О. М. Можейка з вивчення польових сівозмін короткої ротації, які проводили на дослідному полі Державного біотехнологічного університету, що знаходиться на території державного підприємства науково дослідного господарства «Докучаєвське» поблизу сел. Велика Рогань Харківського району Харківської області.

Значна частина території Харківської області відноситься до Лівобережного Лісостепу України. Харківська область у лісостеповій зоні України відзначається найбільшим проявом континентальності.

У цілому ґрунтово-кліматичні умови Харківської області, незважаючи на повторювання несприятливих погодних умов, за високої культури землеробства, забезпечують отримання високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур, завдяки високій родючості найбільш поширених чорноземних ґрунтів [3].

Ґрунтовий покрив і кліматичні умови є типовими для зони в якій проводили дослідження та загалом указують на сприятливі умови для формування високих і якісних урожаїв сільськогосподарських культур за високого рівня виконання агротехнологічних прийомів.

Клімат має значний вплив на вирощування сільськогосподарських культур. Його потрібно розглядати як природний ресурс країни. Клімат визначає напрямки розвитку сільського господарства, можливість отримання одного чи декількох урожаїв у рік, набір сільськогосподарських культур тощо.

У Лівобережному Лісостепу України на ріст рослин і формування їх продуктивності найбільше впливають опади та тепло.

При закладанні та проведенні польового стаціонарного досліді були використані стандартизовані й загальноприйняті методики, описані В. О. Єщенком, П. Г. Копитком, П. В. Костогризом, В. П. Опришко [4] та іншими дослідниками.

У стаціонарному довготривалому досліді вивчали польові чотирирічні сівоزمіни. Попередниками пшениці озимої були: горох, чина, сочевиця та квасоля на зерно; кукурудза на силос; вико-вівсяна сумішка та соя на зелений корм і чистий пар. На третій рік ротації сівозмін вирощували цукрові буряки. Останньою культурою був ячмінь ярий. Загальна площа стаціонару складала 4 га, розмір поля в сівозміні — 1 га. Площа посівної ділянки — 142 м², облікової — 50–100 м². Розміщення варіантів у досліді — систематичне, повторення — триразове.

Досліджували органічну систему удобрення з використанням на добриво тільки нетоварної продукції врожаю: соломи зернових і гички буряків цукрових та пожнивних і кореневих решток сільськогосподарських культур [5].

Оцінку змін агрометеорологічних ресурсів території здійснювали методом математико-статистичного аналізу показників умов тепловологозабезпечення. Дані стаціонарного досліді обробляли методами системного узагальнення, кореляційного, економічного та розрахунково-порівняльного аналізів.

Для оцінки впливу температури повітря та кількості опадів на продуктивність вирощуваних сільськогосподарських культур використовували подекадні показники протягом їх вирощування, а також попередні до вегетації та по її завершенню. Оцінювали період з січня по вересень. Спочатку порівнювали найбільш контрастні за врожайністю культури три-чотири роки — від найнижчої до максимальної.

Були розроблені прогнозні моделі вірогідного впливу гідротермічних умов на врожайність буряків цукрових на різних етапах їх органогенезу (табл. 1).

При вирощуванні цукрових буряків можна відзначити тенденцію до зростання їх урожайності вище 30 т/га коли з третьої декади лютого по другу декаду березня середньодобова температура перевищує 0 °С. Тобто чим тепліше у передпосівний період тим сприятливіші умови для росту та розвитку рослин. Це, очевидно, пов'язано з більш швидким прогріванням ґрунту в квітні, можливістю раніше здійснити посів культури скоротивши непродуктивні втрати вологи на випаровування та подовживши період вегетації.

Таблиця 1

Залежність урожайності цукрових буряків від суми опадів і середньодекадної температури повітря за окремі періоди часу

Температура				
декади	рівняння	R ²	°С	т/га
III лютого – II березня	$y = -0,01x^2 + 0,5x + 34$	0,62	> 0	> 32
III квітня – II травня	$y = 0,339x^2 - 12,2x + 132$	0,56	< 14	> 28
Опади				
III травня	$y = 0,0033x^2 + 0,6x + 17,5$	0,57	> 20	> 28
I серпня – III вересня	$y = 3E - 05x^2 - 0,2x + 43,9$	0,66	< 70	> 28

Необхідно також відзначити високу вірогідність зниження продуктивності посівів за підвищеного теплового режиму у весняні місяці вегетації даної культури. Так, якщо з третьої декади квітня по другу декаду травня середньодобова температура повітря вища за 14°C то вихід коренеплодів не буде перевищувати 30 т/га. З точки зору рівня теплозабезпечення важливе значення може мати середина літа. Так, наші дані свідчать про можливість зростання врожайності цукрових буряків від рівня 25 т/га якщо середній температурний режим у першій декаді липня буде нижче 20°C або вище 24°C. Таке положення можна пояснити впливом інших, крім термічних умов, факторів, зокрема специфікою розвитку шкочинних організмів.

У період активного наростання листової маси рослин буряків цукрових особливо важливе значення мають умови зволоження. У цьому випадку відзначається тенденція до зростання виходу коренеплодів вище рівня 30 т/га коли кількість опадів у третій декаді травня перевищує 20 мм. З високою вірогідністю можна прогнозувати зниження продуктивності культури від рівня 30 т/га коли сума опадів за період серпень — вересень перевищує 70 мм. Це можна пояснити більш активним розвитком шкочинної рослинності (бур'янів), складнощами при збиранні врожаю та дією інших чинників.

Запропонований підхід ґрунтується на формуванні достатньо довгих (17 років) статистичних рядів урожайних даних коренеплодів буряків цукрових на локальному територіальному просторі, а також відповідних щорічних подекадних показниках температури повітря та опадів. Доцільно спочатку побудувати графіки динаміки тепло- та вологозабезпечення в різні за врожайністю роки та виявити періоди найочевидніших відхилень. Потім спираючись на ці періоди провести більш детальний пошук математичних залежностей продуктивності посівів від погодних умов по наявних рядах вимірювань.

Зрозуміло, що наведені моделі мають обмежену достовірність. Але ця обмеженість обумовлена тим, що не враховується своєрідність дії великої кількості інших факторів формування біопродуктивності посівів у специфічних гідротермічних умовах. Зокрема: тривалість етапів органогенезу, особливості формування поживного режиму й інших властивостей ґрунту, активність розвитку шкочинних організмів, дія аномальних явищ тощо. Тобто у подальших дослідженнях поряд з урожаєм, температурою та опадами потрібно здійснювати вимірювання інших важливих супутніх чинників. Зрозуміло, що з їх урахуванням формат прогнозних моделей істотно зміниться, як і підвищиться їх точність.

Література

1. Кривохижа Є. М., Матвійшин А. І., Бринь В. Т. Вплив зміни клімату на врожайність основних сільськогосподарських культур в Україні. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. Вип. 3. С. 33–37. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3.5>
2. Бараболя О. В., Доронін С. М. Вплив погодних умов і систем удобрення на урожайність пшениці озимої. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Т. 26, № 1. С. 24–30. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.01.04>
3. Система ведення сільського господарства Харківської області (наукове супроводження «Комплексної програми розвитку сільського господарства Харківської області у 2001–2005 роках та на період до 2010 року») / М. Д. Безуглий та ін. Харків, 2001. 292 с.
4. Основи наукових досліджень в агрономії / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, П. В. Костогриз, В. П. Опришко ; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця : Едельвейс і К, 2014. 332 с.
5. Тараріко Ю. О., Кудря С. І., Лукашук В. П. Вплив змінних гідротермічних умов на поживний режим чорнозему типового та ефективність побічної продукції як добрива. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 8. С. 64–72. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202108-08>
5. Тараріко Ю. О., Кудря С. І., Лукашук В. П. Вплив змінних гідротермічних умов на поживний режим чорнозему типового та ефективність побічної продукції як добрива. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 8. С. 64–72. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202108-08>

БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА ГЕНЕТИКА В БУРЯКІВНИЦТВІ ТА БІОЕНЕРГЕТИЦІ — СУЧАСНІ МЕТОДИ СЕЛЕКЦІЇ, ГЕНОМНЕ РЕДАГУВАННЯ, БІОМАРКЕРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

ВПЛИВ КАДМІЄВИХ СОЛЕЙ НА МОРФОФІЗІОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ СОРГО (*SORGHUM*) У КУЛЬТУРІ *IN VITRO*

В. І. Войтовська, кандидат с.-г. наук

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Важкі метали є одними з найпоширеніших і найнебезпечніших забруднювачів навколишнього середовища, що зумовлює значні екологічні та біологічні наслідки. Їх накопичення відбувається під впливом промислової діяльності, сільськогосподарських практик, транспорту та інших антропогенних джерел [1, 2]. Вплив важких металів є багатограним і охоплює як рослинні організми, так і здоров'я людини та тварин [3, 4].

Для рослин ці елементи виступають потужними стресовими факторами, що призводять до порушення фізіологічних процесів, зниження врожайності та погіршення якісних і технологічних характеристик продукції.

Тривала експозиція високих концентрацій важких металів здатна спричиняти деградацію рослинних екосистем і навіть загибель окремих видів, що негативно впливає на стабільність агроекосистем та біорізноманіття [5, 6]. У цьому контексті особливо актуальним є глибоке вивчення механізмів дії важких металів на рослини, що сприяє розробці ефективних заходів щодо мінімізації їхнього впливу та підвищенню стійкості сучасних агрофітоценозів.

Сучасні дослідження приділяють особливу увагу реакціям рослин на вплив важких металів у культурі *in vitro*, оскільки цей підхід дає змогу створювати контрольовані умови для точного визначення рівня токсичності та оцінки адаптаційного потенціалу рослин. Методологія *in vitro* забезпечує можливість детального аналізу молекулярних, клітинних і фізіологічних реакцій, які складно або неможливо оцінити в польових умовах через вплив численних неконтрольованих факторів [7–9].

Дослідження впливу кадмію на рослини *in vitro* підтверджують ефективність такого підходу для вивчення стресових реакцій культур. Наприклад, В. І. Редько [10] показав, що солі кадмію (CdCl_2 і CdSO_4) негативно впливають на життєздатність буряків цукрових. При концентрації 10 мг/л спостерігалася повне блокування брунькоутворення, при цьому ефект CdCl_2 був більш вираженим порівняно з CdSO_4 . Накопичення кадмію у більшості досліджених видів відбувалося переважно у кореневій системі, що вказує на специфічні метаболічні реакції та адаптаційні механізми на клітинному рівні.

Дослідження [11, 12] демонструють часозалежний вплив Cd^{2+} на метаболічну активність клітин. За наявності CdCl_2 у середовищі, клітинна проліферація спостерігалася протягом перших 3–6 годин культивування, тоді як подовження експозиції до 48–72 годин спричиняло виражений цитотоксичний ефект, що проявлявся у значному зниженні інтенсивності поділу клітин та порушенні метаболічних процесів.

Експериментальні дані також підтверджують високу токсичність іонів Cd^{2+} навіть у низьких концентраціях: при 12,5 мкМ Cd^{2+} у суспензійній культурі *Datura innoxia* життєздатною залишалася лише одна клітина зі 105 [13].

Подібні ефекти спостерігалися при впливі BaCl_2 на калюсні структури, де концентрація 1,0 мМ повністю блокувала регенерацію та поділ клітин [14].

Негативний вплив кадмію на ріст рослин проявлявся навіть при невеликих концентраціях. Зокрема, у культурі *Solanum tuberosum* L. *in vitro*, за експозиції Cd^{2+} протягом 7 діб у концентраціях 0, 100, 200, 300, 400 та 500 мкМ у сортах 'Asterix' і 'Масаса' спостерігалось уповільнення наростання біомаси. Подовження часу культивування до 22 діб посилювало негативний ефект, зокрема знижувалося засвоєння елементів живлення у коренях і пагонах, що вказує на системний характер впливу кадмію [15].

У дослідях із гемолімфою мідій (*Mytilus galloprovincialis*) після 24 годин експозиції 100 мкМ Cd^{2+} відбувалися значні порушення актинового цитоскелета, зниження життєздатності клітин, а також активізація фагоцитарної та лізосомної активності гемоцитів [16].

Кадмій характеризується високою рухливістю та токсичністю, що підтверджують численні дослідження. Наприклад, у *Vaccinium corymbosum* L. концентрації Cd^{2+} 50 та 100 мкМ протягом 7, 14 та 21 доби спричиняли зміни у вмісті фенольних сполук середовища, підкреслюючи його здатність до порушення метаболічного балансу рослин [17].

Для проведення досліджень використовували різні види сорго: зернове, віничне, суданське та сориз. Контролем було обрано сорго звичайне (двокольорове) 'Степовий 8'.

Незалежно від форми солі кадмію, найчутливішими до його дії були пагони сорго віничного, тоді як найвищу стійкість демонстрували пагони сорго суданського. При концентрації CdCl_2 10,0 мг/л на третю добу культивування відсоток життєздатних пагонів варіював у межах 82–95 %.

У контрольному варіанті цей показник становив 93 %, у сорго суданського — 95 %, у сорго зернового — 90 %, а у сорго віничного — 82 %. Підвищення концентрації до 15,0 мг/л призвело до зменшення життєздатних пагонів до 70–87 %, зокрема 87 % у контролі, 85 % у сорго суданського та зернового і 70 % у сорго віничного. Концентрація 20,0 мг/л виявилася більш токсичною: відсоток життєздатних пагонів знизився до 44–54 %.

Найвищі показники спостерігалися у контролі — 54 % та у сорго суданського і зернового — 50 %, дещо нижчі у соризу — 47 % і найнижчі у сорго віничного — 44 %. За концентрації 25,0 мг/л життєздатність пагонів зменшилася до 22–31 %. Концентрація 30,0 мг/л стала критичною для всіх видів сорго: кількість життєздатних пагонів коливалася від 12 до 22 %, при цьому в контролі становила 18 %, у сорго суданського — 22 %, у сорго зернового — 19 %, у соризу — 16 %, а у сорго віничного — 12 %.

Подальше збільшення концентрації CdCl_2 до 35,0 мг/л спричинило ще більш суттєве зниження життєздатності: у контролі і сорго суданського — 12 і 10 % відповідно; у сорго зернового — 8 %, соризу — 7 %, сорго віничного — 5 %. Максимально токсичними для досліджуваних видів були концентрації 40,0 і 45,0 мг/л: відсоток життєздатних пагонів становив 2–8 %, при цьому у контролі — 8 і 2 %, сорго суданське — 5 і 3 %, сорго зернове — 5 і 2 %, соризу — 4 і 3 %, сорго віничне — 2 %. При концентрації 45,0 мг/л спостерігалася повна загибель всіх рослин.

Використання CdSO_4 у живильному середовищі демонструвало вищу життєздатність пагонів порівняно з CdCl_2 . Так, при концентрації 10,0 мг/л відсоток життєздатних пагонів коливався від 90 до 98. Зі збільшенням концентрації CdSO_4 також спостерігалось зростання відсотка загиблих пагонів, проте закономірності були подібні: найменш толерантними залишалися сорго віничне та суданське.

Серед досліджених видів сорго найнижчу толерантність до солей кадмію проявляли пагони сорго віничного, тоді як найвищу — сорго суданського, незалежно від концентрації кадмію та тривалості культивування. На третю добу експерименту відсоток життєздатних пагонів коливався від 82 до 95 % при концентрації Cd^{2+} 10,0 мг/л і від 70 до 87 % при 15,0 мг/л, при подальшому культивуванні їх життєздатність різко знижувалася.

Аналіз показав, що некротичні пагони практично не спостерігалися при низьких концентраціях 1,0–2,5 мг/л, а при 5,0 мг/л відсоток некротичних пагонів у сорго віничного становив лише 5 %. Підвищення концентрації до 17,5 мг/л призвело до суттєвого зростання числа некротичних і загиблих пагонів. У контрольному варіанті відсоток життєздатних пагонів становив 41 %, некротичних — 37 %; у сорго суданського — 45 і 25 %, сорго зернового — 45 і 42 %, соризу — 40 і 34 %, сорго віничного — 22 і 50 % відповідно.

Таким чином, оптимальними концентраціями солей кадмію для культивування сорго без істотного зниження життєздатності пагонів є 10,0–15,0 мг/л.

Література

1. Wan Y., Liu J., Zhuang Z. et al. Heavy Metals in Agricultural Soils: Sources, Influencing Factors, and Remediation Strategies. *Toxics*. 2024. Vol. 12, Iss. 1. Article 63. <https://doi.org/10.3390/toxics12010063>
2. Mitra S., Chakraborty A. J., Tareq A. M. et al. Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity. *Journal of King Saud University – Science*. 2022. Vol. 34, Iss. 3. Article 101865. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101865>
3. Sperdouli I. Heavy Metal Toxicity Effects on Plants. *Toxics*. 2022. Vol. 10, Iss. 12. Article 715. <https://doi.org/10.3390/toxics10120715>
4. Гриньова Я., Криштоп Є. Проблеми забруднення навколишнього середовища важкими металами та шляхи їх подолання. *Інженерія природокористування*. 2021. № 1. С. 111–119. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6904034>
5. Jorjani S., Pehlivan Karakaş F. Physiological and Biochemical Responses to Heavy Metals Stress in Plants. *International Journal of Secondary Metabolite*. 2024. Vol. 11, Iss. 1. P. 169–190. <https://doi.org/10.21448/ijsm.1323494>
6. DalCorso G., Manara A., Furini A. An overview of heavy metal challenge in plants: from roots to shoots. *Metallomics*. 2013. Vol. 5, Iss. 9. Article 1117. <https://doi.org/10.1039/c3mt00038a>
7. Elazab D., Lambardi M., Capuana M. *In Vitro* Culture Studies for the Mitigation of Heavy Metal Stress in Plants. *Plants*. 2023. Vol. 12. Article 3387. <https://doi.org/10.3390/plants12193387>
8. Jalmi S. K., Bhagat P. K., Verma D. et al. Traversing the Links between Heavy Metal Stress and Plant Signaling. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. Article 12 <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00012>
9. Bidabadi S. S., Jain S. M. Cellular, Molecular, and Physiological Aspects of *In Vitro* Plant Regeneration. *Plants*. 2020. Vol. 9, Iss. 6. Article 702. <https://doi.org/10.3390/plants9060702>
10. Редько В. І., Недяк Т. М., Драгунова О. К. Вплив солей кадмію на рослини цукрових буряків у культурі *in vitro*. *Наукові праці Ін-ту цукрових буряків*. 2005. Вип. 8. С. 425–429.
11. Штапенко О. В., Гевкан І. І., Сливчук Ю. І. Особливості цитотоксичного впливу кадмій хлориду на клітини *in vitro*. *Біологія тварин*. 2018. Т. 20, № 1. С. 123–129.
12. Мирюта Н. Ю., Парнікоза І. Ю., Пороннік О. О. та ін. Рослини *Deschampsia antarctica* E.Desv. з різним числом хромосом в умовах вирощування *in vitro*. Ймовірнісні зв'язки трьох показників пристосовуваності між собою та з розміром геному. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Вип. 20. С. 293–298.
13. Любченко І. О., Рябовол Л. О., Любченко А. І. Використання культури *in vitro* в адаптивній селекції рослин (огляд літератури). *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2016. Вип. 88(1). С. 126–139.
14. Рябовол Л. О., Любченко А. І., Єщенко О. В. Добір стійких до іонів Ba^{2+} клітинних ліній цикорію коренеплідного та програмування їх морфогенної активності. *Збірник наукових праць Уманського державного агарного університету «Основи формування продуктивності сільськогосподарських культур за інтенсивних технологій вирощування»*. Київ, 2008. С. 370–374.
15. Gonçalves J. F., Mazzafera P., Costa A. Cadmium and mineral nutrient accumulation in potato plantlets grown under cadmium stress in two different experimental culture conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2009. Vol. 47, Iss. 9. P. 814–821. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2009.04.002>
16. Olabarrieta I., Buesa J. A., Burguete T. *In vitro* effects of cadmium on two different animal cell models. *Toxicology In Vitro*. 2001. Vol. 15, Iss. 4–5. P. 511–517. [https://doi.org/10.1016/s0887-2333\(01\)00056-x](https://doi.org/10.1016/s0887-2333(01)00056-x)
17. Manquían-Cerda K., Moya-León M. A., Pino M.-T. Effect of cadmium on phenolic compounds, antioxidant enzyme activity and oxidative stress in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) plantlets grown in vitro. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2016. Vol. 133. P. 316–326. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.07.029>

МОРФО-ФІЗІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ РОСТУ Й РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ЗА ДІЇ СТРЕСОВИХ ЧИННИКІВ В УМОВАХ *EX VITRO*

В. І. Войтовська, кандидат с.-г. наук, **О. А. Потапович**,
А. М. Левченко, **Л. П. Єндрожієвська**

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Біоенергетичні культури відіграють ключову роль у сучасній енергетичній стратегії багатьох країн, оскільки вони забезпечують поновлюване джерело біомаси, придатної для виробництва біопалива, біогазу та інших видів енергії. До найбільш поширених культур належать просо прутоподібне, сорго, верба енергетична, кукурудза на силос, енергетична тростина та різноманітні трави багаторічного типу. Ці рослини відрізняються високою продуктивністю та здатністю накопичувати значну кількість органічної маси, що робить їх перспективними для вирощування на землях, непридатних для традиційного сільськогосподарського виробництва [1–3].

Адаптація біоенергетичних культур до різних умов середовища є складним багатофакторним процесом, який визначається поєднанням генетичних особливостей сорту та впливом абіотичних та біотичних факторів. До основних абіотичних чинників, що впливають на ріст та розвиток рослин, належать температура, освітленість, водний режим, вміст поживних речовин у ґрунті, кислотність та наявність важких металів. Погодні умови, зокрема тривалість посушливих періодів або частота опадів, безпосередньо визначають продуктивність культур і їх здатність накопичувати біомасу [4–7].

Біотичні чинники, такі як наявність шкідників, патогенів та бур'янів, також суттєво впливають на адаптаційні можливості рослин. Наприклад, інвазійні види бур'янів можуть знижувати урожайність біоенергетичних культур на 20–40 %, зменшуючи доступність поживних речовин і води, що підвищує стресову напругу рослин. Крім того, бур'яни можуть спричиняти фізіологічні зміни в культурі, такі як зменшення площі фотосинтезуючих органів і сповільнення росту пагонів, що безпосередньо впливає на формування біомаси [8].

Роль генетичних особливостей культури не можна недооцінювати. Високопродуктивні сорти проса чи сорго відзначаються здатністю підтримувати високий рівень асиміляції вуглецю та ефективно використовувати воду навіть за умов нестійкого зволоження [9].

Фізіологічна адаптація проявляється у зміні фотосинтетичної активності, накопиченні осмотично активних речовин, регуляції водного балансу та активності антиоксидантних систем. Ці механізми дозволяють рослинам зберігати життєздатність та підтримувати ріст за умов абіотичного стресу, зокрема за високих температур, нестачі вологи або підвищеної солоності ґрунту. Одночасно, під впливом біотичних чинників, таких як патогенні гриби чи комахи, активуються захисні механізми, які забезпечують запобігання пошкодженням тканин і підтримку метаболічної активності [10].

Методи *ex vitro* дозволяють вивчати адаптаційні механізми біоенергетичних культур у контрольованих умовах, зберігаючи можливість моделювати різні рівні стресу. В таких дослідженнях оцінюють ріст пагонів, формування кореневої системи, біомасу листків та стебел, а також показники життєздатності і стресостійкості клітин. Застосування цих методів відкриває широкі можливості для аналізу ефективності адаптаційних реакцій різних генотипів, визначення оптимальних умов вирощування та підбору найбільш перспективних сортів для виробництва біомаси [11, 12].

Додатково, взаємодія генотипу та умов вирощування визначає морфологічні параметри, такі як кількість стебел, висота рослин, площа фотосинтезуючих органів та маса 1000 насінин, що безпосередньо впливає на ефективність виробництва біомаси [13, 14].

Комплексне вивчення адаптаційних реакцій біоенергетичних культур дає змогу визначити сорти, найбільш стійкі до абіотичних та біотичних чинників, що забезпечує підвищення їх продуктивності та якісних показників [15].

Отже, адаптаційні можливості біоенергетичних культур є результатом складної взаємодії генетичних, фізіологічних і екологічних факторів. Вивчення цих процесів у контрольованих умовах *ex vitro* дозволяє не лише глибше зрозуміти механізми стресостійкості, а й створює наукову основу для підвищення ефективності вирощування, формування високопродуктивних сортів та забезпечення стабільного надходження біомаси для енергетичних потреб.

Морфофізіологічні процеси росту та розвитку біоенергетичних культур за дії стресових чинників в умовах *ex vitro* охоплюють сукупність структурних, морфологічних та фізіологічних змін, які виникають у рослинах у відповідь на абіотичні та біотичні стреси в контрольованих умовах. Основними проявами цих процесів є:

- зміни ростових характеристик — уповільнення наростання пагона і кореневої системи, зменшення кількості та довжини стебел і листків.

- коренеутворення — затримка або посилене утворення додаткових коренів залежно від виду стресу, зниження загальної маси кореневої системи.

- листкова морфологія — зменшення площі листка, зміни забарвлення, поява хлорозу або некрозу.

- фотосинтетична активність — зниження вмісту хлорофілу, порушення транспіраційного та газообмінного режиму.

- біохімічні адаптації — накопичення антиоксидантів, зміни рівня фенольних сполук, цукрів та амінокислот, активація захисних ферментів.

- стресова проліферація клітин — уповільнення або блокування клітинного поділу, збільшення частки некротичних та деградованих клітин у тканинах.

- водний режим та осмотичний баланс — порушення водопоглинання та транспірації, зміни осмотичного тиску у клітинах.

- відновлювальні реакції — часткове компенсаторне наростання біомаси після зняття стресу, формування захисних структур, наприклад, епідермальних плівок.

Усі ці прояви дозволяють оцінити адаптаційний потенціал біоенергетичних культур і їх здатність до виживання та продуктивного росту за контрольованих стресових умов *ex vitro*.

У проса прутноподібного відсоток приживання після пересадки у *ex vitro* умови становить 92–95 %, а перезимівля у польових умовах у середньому досягає 85 %. Середньостиглі сорти демонструють трохи нижчі показники, зокрема приживання 90–93 %, а перезимівля коливається на рівні 80–83 %. Для пізньостиглих сортів проса приживання становить 88–91 %, проте їх здатність до перезимівлі дещо вища — 87 %, що обумовлено більшою накопиченою біомасою та енергетичними запасами.

Сорго зернове в *ex vitro* умовах приживається на 85–90 %, проте тривалість заморозків, які пливають на його рослини: у середньому виживає 70–75 % рослин.

Суданське сорго характеризується дещо вищими показниками приживання — 88–92 %, однак у польових умовах після можливих заморозків його виживання знижується до 68–72 %.

Сорго віничне виявляє найнижчий рівень приживання серед досліджуваних видів — 80–85 %, а низькі позитивні температури знижують його до 60–65 %, що свідчить про його чутливість до абіотичних стресів.

Сориз у контрольованих умовах приживається на 95–97 %, однак здатність до зимових температур низька, близько 50–55 %, що обумовлено низькою морозостійкістю.

Верба енергетична відзначається високими показниками адаптації: приживання в *ex vitro* умовах 96–98 %, перезимівля у польових умовах досягає 90–92 %, що забезпечує стабільний приріст біомаси протягом кількох років.

Багаторічні трави, такі як міскантус та тритикале на біомасу, мають приживання 93–96 %, а зимостійкість коливається в межах 88–91 %. Висока зимостійкість дозволяє цим культурам формувати стабільну продуктивність протягом багатьох сезонів, навіть у регіонах із суворими зимами.

У вітчизняних сортів проса прутноподібного, створених у 2015–2018 рр., приживання після пересадки в *ex vitro* середньоранніх і пізньостиглих генотипів становить 91–94 %, а

перезимівля — 83–87 %. Середньопізні сорти, такі як ‘Кейв-ін-Рок’ і ‘Морозко’, приживаються на 92–95 %, а перезимівля сягає 88 %, що робить їх найбільш перспективними для виробництва біомаси у зоні Лісостепу.

Таким чином, здатність до приживання та перезимівлі біоенергетичних культур значно варіює залежно від виду та сорту. Найвищі показники спостерігаються у багаторічних трав і верби енергетичної, середні — у проса та сорго, а найнижчі — у кукурудзи на силос та сорго віничного. Ці дані дають змогу прогнозувати ефективність вирощування біоенергетичних культур і визначати найбільш придатні генотипи для конкретних кліматичних умов.

Література

1. Роїк В. М., Курило В. Л., Гументик М. Я. Ефективність вирощування високопродуктивних енергетичних культур. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2011. Т. 15, № 2. С. 85–90.
2. Горба О. О., Чайка Т. О., Яснолоб І. О. Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії. Полтава: Укрпромторгсервіс, 2017. 326 с.
3. Report from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions: *Renewable Energy Progress Report*. URL: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/EN/COM-2017-57-F1-ENMAIN-PART-1.PDF>
4. Роїк М. В., Ганженко О. М., Тимошук В. Л. Концепція виробництва і використання твердих видів біопалива в Україні. *Біоенергетика*. 2015. № 1. С. 5–8.
5. Енергетичний баланс України за 2017 рік. Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/energ/en_bal/arh_2017.htm
6. Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії. Закон України № 5485-VI, від 20.11.2012.
7. Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. URL: <http://bio.gov.ua>
8. Connor D., Hernandez C. Crops for Biofuel: Current Status and Prospects for the Future. *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use* / Edited by R. W. Howarth, S. Bringezu. Ithaca, NY : Scientific Committee on Problems of the Environment, Cornell University, 2009. P. 70.
9. Keoleian G., Volk T. Renewable Energy from Willow Biomass Crops: Life Cycle Energy, Environmental and Economic Performance. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2025. Vol. 24. P. 385–406. <https://doi.org/10.1080/07352680500316334>
10. Lewandowski I., Schmidt U. Nitrogen, energy and land use efficiencies of *Miscanthus*, reed canary grass and triticale as determined by the boundary line approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2006. Vol. 112. P. 335–346. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.003>
11. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / за ред. В. М. Сінченка. Вінниця : Ніланд-ЛТД, 2015. 340 с.
12. Ігнатенко О. П. Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні. Використання біомаси у муніципальному секторі. Київ, 2016. 168 с.
13. Renewable energy in the EU. Share of renewables in energy consumption in the EU still on the rise to almost 17% in 2015. Eleven Member States already achieved their 2020 targets. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/7905983/8-14032017-BP-EN.pdf/af8b4671-fb2a-477b-b7cf-d9a28cb8beea>
14. Енергоспоживання на основі відновлювальних джерел за 2007–2016 роки / Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
15. Гелетука Г. Г., Желєзна Т. А. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2017. Т. 39, № 2. С. 60–64.

ПОДОЛАННЯ ГЕНОМНОЇ НЕСУМІСНОСТІ ТА СТВОРЕННЯ ПОЛІПЛОЇДНИХ ФОРМ У КУЛЬТУРІ *IN VITRO*

С. Д. Орлов, доктор с.-г. наук,

В. І. Войтовська, кандидат с.-г. наук

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

У сучасних умовах агропромислового виробництва, зростаючих викликів зміни клімату, поширення фітопатогенів і зниження ґрунтової родючості особливої актуальності набуває потреба у розширенні генетичної мінливості основних сільськогосподарських культур.

Овес (*Avena sativa* L.), як високовартісна зернова та кормова культура, що поєднує високу поживну цінність із адаптивною пластичністю, є об'єктом активного інтересу у сфері генетичного вдосконалення. Водночас ефективне використання його дикорослих родичів (*A. sterilis*, *A. strigosa*, *A. fatua* та ін.) обмежується явищем геномної несумісності, що унеможливорює або ускладнює формування життєздатного та фертильного потомства при міжвидовому схрещуванні [1–5].

Геномна несумісність зумовлена відмінностями у структурі, числі та поведінці хромосом, а також молекулярними механізмами постзиготичної і прециготичної ізоляції. Її проявами є стерильність гібридів, порушення мейозу, блокування ембріогенезу або відсутність зародкового розвитку. Ці фактори значно ускладнюють передачу цінних ознак з генофонду дикорослих форм (стійкість до збудників хвороб, морозостійкість, біохімічна цінність зерна) у культурний овес [6–8].

З метою подолання цих бар'єрів сучасна аграрна біотехнологія використовує комплекс підходів: застосування колхіцину для індукції амфіплоїдії, ембріокульттивування *in vitro* для вирощування незрілих міжвидових ембріонів, використання мостових гібридів, а також молекулярні методи, зокрема геномне редагування і маркування ознак [9, 10].

З метою створення генетичного різноманіття вихідного селекційного матеріалу з господарсько-цінними ознаками створення на їх основі сортів сорго і вівса посівного з використанням ембріокультури та цитологічних аналізів проводилася стабілізація геному дикої форми вівса до $2n = 28$.

Поліплоїди в природі виникають під дією різних факторів: температури, хімічного впливу, гібридизації тощо. Вплив стресових чинників при індукованій і спонтанній поліплоїдії подібний. На рослину в обох випадках впливає один і той же зовнішній фактор і найчастіше в одних і тих самих межах інтенсивності.

У наших дослідженнях використано колхіцин і оризалін. У дослідженні використано (введено в штучні умови) сорти сорго та вівса посівного: 'Мохавк', 'Нектарний', 'Силосний 42', 'Декамерон', 'Дарунок', 'Дієтичний', 'Скарб України', 'Авголь', лінії № 493-27, 477-5, 399-38, 425-19 та дику форму № 12. Насіння посівного пророщували в чашках Петрі і на 7 добу відбирали проростки та здійснювали первинну і вторинну стерилізацію та висаджували на середовище для отримання морфогенних калюсів.

Поліплоїдизація культур була здійснена шляхом непрямого морфогенезу здійснюється з додаванням антимітотичних речовин у середовище для індукції калюсогенезу з подальшою регенерацією рослин з калюсу.

З метою підбору оптимальної комбінації регуляторів росту для сорго і вівса посівного та індукції калюсогенезу проведено дослідження з використанням різних комбінацій ауксинів та цитокінінів.

Регенерація пагонів вівса посівного у культурі *in vitro* становила від 40 до 61 %, а не морфогенні структури у межах від 8 до 43 %, а сорго більше від 50 до 77 %. Для індукції поліплоїдних форм застосовували колхіцин і оризалін у різних концентраціях.

Колхіцин у концентрації 0,01 % забезпечував найкращий баланс виживання експлантів (до 46 %) і виходу поліплоїдів. Вища концентрація колхіцину (0,2 %) викликала некроз і відмирання рослин.

Оризалін проявив вищу фітотоксичність, виживання не перевищувало 30 % при 3 мкМ і 8 % при 10 мкМ.

Вживання експлантів після 6 годин культивування з антимітотичними речовинами було критично важливим показником ефективності. Дослідженнями з'ясовано, що пагоноутворення у сортів вівса посівного відбувалось у послідовності:

- регенерація від 16 до 43 %;
- неморфогенні від 48 до 56 %.

У лінійного матеріалу вівса посівного регенерація становила від 12 до 45 %, неморфогенні від 45 до 61 %, а у дикої форми — 8 % регенерації і 55 % морфогенної структури.

Отримані пагони вівса посівного із калюсів висаджували на середовище для розмноження, а потім на середовище з селективними агентами і отримували різні лінії.

Для індукції поліплоїдизації вівса найдоцільніше застосовувати колхіцин у концентрації 0,01 %. Оризалін доцільно використовувати лише при дуже низьких концентраціях і короткому часі обробки, враховуючи його токсичність.

Речовини колхіцин і оризалін, що використовували у дослідженнях проявляли високу фітотоксичність, зокрема оризалін. Калюсна культура на такому середовищі темніла та втрачала життєздатність. Вживання калюсу вівса посівного навіть при невисоких 100 концентраціях становило лише 13,6 %, а при збільшенні концентрації до 10 мкМ виживання калюсу становило лише 9,0 %.

Проведені дослідження з вівсом посівним вказують, що введення до ростового живильного середовища колхіцину в концентрації 0,2 % викликає некроз точки росту і відмирання біоматеріалу. При використанні оризаліну як антимітотичної речовини, у концентрації 3 мкМ виживання експлантів не перевищувало 30 %, та при підвищенні концентрації до 10 мкМ відсоток виживання становив 8,0 %.

Кількість регенованих рослин з калюсу вівса посівного, що вижив, істотно не відрізнялось залежно від концентрації та антимітотичного агенту і знаходилась у межах 20–27 %.

Вплив досліджуваних речовин у культурі *in vitro* за 6 годинного культивування вказує, що оризоліну відмічено вищий відсоток виживших рослин, ніж після колхіцину. У досліджуваного матеріалу вівса посівного відмічено, що у колхіцину виживання від 2 до 9 %, а в оризоліну від 1 до 61 %

З'ясовано, що застосування колхіцину у невисокій концентрації 310 мкМ забезпечує найбільшу кількість отриманих поліплоїдів вівса посівного, та забезпечує високий відсоток виживання експлантів після обробки як калюса, так і пагонів *in vitro*.

На пагонах вівса посівного, що культивували на середовищах з класичними динітроанілінами, незалежно від концентрації, спостерігалась деформація та відбувалися зміни в рості й розвитку експлантів, що мали істотний вплив на здатність їх до подальшого мікроклонального розмноження, а отже, знижують ефективність поліплоїдизації вівса посівного.

Дослідження із збереженими пагонами вівса посівного після пересаджування на живильне середовище без селективних агентів вказує, що частка збережених пагонів після колхіцину коливалася від 1 до 6 %, а після оризоліну від 2 до 9 %.

Одним з важливих чинників, що визначає ефективність антимітотичної речовини при використанні для отримання поліплоїдів є її токсичність для рослини. Оскільки поліплоїдизація передбачає збільшення кількості хромосом кратно двом, то повноцінні гексаплоїдні форми, одержані в результаті проведення поліплоїдизації в умовах *in vitro*, повинні мати значну кількість хромосом. Лінії, в яких відбулось збільшення хромосом не кратно двом, є анеуплоїдами, незалежно від кількості хромосом.

Зменшення концентрації колхіцину до 0,05 % забезпечило виживання більшої кількості рослин вівса посівного, що дало змогу підвищити вихід гомодиплоїдного матеріалу до 77,8 %, гомотетраплоїдного до 72,1 % відповідно, від загальної кількості мікроклонів, що вижило.

Найоптимальнішою для внесення до живильного середовища була концентрація колхіцину 0,01 %. У цьому варіанті досліджень за рахунок зменшення кількості відмерлих рослин вівса посівного (19,6–14,0 %) отримано 46 % поліплоїдного матеріалу. Це дозволило

отримати 66,0 % гомодиплоїдного матеріалу та 12,5 % тетраплоїдного від загальної кількості рослин у досліді. З'ясовано, що міксоплоїди гаплоїдного типу, яких у досліді була незначна кількість (0,5–1,1 %) при культивуванні на ростовому живильному середовищі поступово відновлювали гаплоїдний рівень плоїдності. Очевидно, що після обробки колхіцином частина клітин залишається поза дією алкалоїду, і, оскільки мітотичний цикл ділення гаплоїдних клітин деє у 1,4 раза коротший диплоїдних, то через 4–5 пересаджувань гаплоїдні клітини біоматеріалу здатні відновлювати попередній рівень плоїдності рослин.

Таким чином, сформовано регенеранти вівса посівного до розміру 0,5–1,0 см, їх вирізували з експлантів і пересаджували на ростові живильні середовища для клонування. Морфологічні спостереження (форма та забарвлення листової пластинки) та цитологічний аналіз сформованих рослин довів генетичну ідентичність біоматеріалу щодо рослини-донора експлантів вівса посівного.

Проведено гібридизацію вівса методом кастрації і ручного запилення за генетичною схемою ♀ 6х /♂ 2х, а кількість хромосом визначали в меристемних клітинах корінців – проростків. У сорго було розроблено модель отримання і подолання геномної несумісності та отримано поліплоїдні лінії.

Література

1. Войтовська В. І., Орлов С. Д., Недяк Т. М., Потапович О. А. Вплив гормонів на біометричні показники рослин вівса залежно від вихідного матеріалу. *Тези доповідей Міжнародної наукової інтернет-конференції «Інноваційні зернопродукти і технології»* (м. Умань, 20 лютого 2024 р.). Умань, 2024. С. 26.
2. Мазур О. В., Лозінський М. В. Селекція та насінництво польових культур. Вінниця : ТВОРИ, 2020. 348 с.
3. Кирильчук А. М., Ковальчук С. О. Селекція на кількісні та якісні показники пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.). Розширення генетичного різноманіття культурної пшениці. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 2. С. 140–148.
4. Васильківський С. П. Селекція і насінництво польових культур. Біла Церква : Миронівська друкарня, 2016. 376 с.
5. Сметана О. Ю. Сільськогосподарська біотехнологія: курс лекцій. Миколаїв : МНАУ, 2017. 132 с.
6. Voitovska V. I., Orlov S. D. The value of common oats (*Avena sativa* L.) in agriculture: food industry, and bioenergy. *Тези доповідей Міжнародної наукової інтернет-конференції «Інноваційні зернопродукти та агротехнології»* (м. Умань, 21 лютого 2025 р.). Умань: УНУС, 2025. С. 40.
7. Роїк М. В., Ковальчук Н. С., Зінченко О. А. та ін. Перспективи й методи поліплоїдної селекції нових високопродуктивних клонів міскантусів у природно-кліматичних умовах України. *Біоенергетика*. 2021. № 2. С. 5–12. <https://doi.org/10.47414/be.2.2021.244098>
8. Eng W. H., Ho W. S. Polyploidization using colchicine in horticultural plants: A review. *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 246. P. 604–617. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.010>
9. Li X., Zhang L., Wei X. et al. Polyploidization: a biological force that enhances stress resistance. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25, Iss. 4. Article 1957. <https://doi.org/10.3390/ijms25041957>
10. Scarrow M., Wang Y., Sun G. Molecular regulatory mechanisms underlying the adaptability of polyploid plants. *Biological Reviews*. 2021. Vol. 96, Iss. 2. P. 394–407. <https://doi.org/10.1111/brv.12661>

РОЗВИТОК НАСІННИКІВ ЦУКРОВИХ І КОРМОВИХ БУРЯКІВ З ЯРОВИЗОВАНИХ *IN VITRO* РОСЛИН

М. В. Роїк, доктор с.-г. наук,

В. І. Войтовська, кандидат с.-г. наук

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Цукровий і кормовий буряк (*Beta vulgaris* L.) належать до стратегічно важливих культур агропромислового комплексу, що забезпечують населення цінними харчовими та кормовими продуктами, а переробну промисловість — сировиною для виробництва цукру, біоетанолу, біогазу та побічної білково-вітамінної продукції. Підвищення продуктивності, цукристості та стійкості цих культур до біотичних і абіотичних чинників залишається пріоритетним завданням сучасного буряківництва. Ефективне насінництво є однією з ключових умов для стабільного виробництва якісного насіння, що гарантує отримання високих урожаїв і однорідного генетичного матеріалу [1–3].

Традиційна система насінництва буряків передбачає дворічний цикл розвитку рослин: у перший рік формується коренеплід і розетка листків, у другий — після проходження яровизації — відбувається перехід до генеративної фази з утворенням квітконосних пагонів і насіння. Проте така схема потребує значних витрат часу, енергоресурсів і матеріальних засобів. Тому актуальним напрямом досліджень є розроблення методів прискореного насінництва з використанням біотехнологічних підходів [4–7].

Методи культури тканин і органів *in vitro* відкривають широкі можливості для оптимізації процесів розмноження, селекції та насінництва буряків. Вирощування рослин у контрольованих умовах дозволяє підтримувати стерильність, забезпечувати рівномірний розвиток експлантів і відбирати найперспективніші генотипи ще на ранніх етапах розвитку. Застосування технології *in vitro* дає змогу отримувати значну кількість клонованих рослин із однорідними морфологічними ознаками та стабільними спадковими характеристиками [8].

Одним із найважливіших етапів прискореного насінництва є яровизація, тобто вплив низьких температур, який забезпечує перехід рослини від вегетативного до генеративного стану. Проведення яровизації безпосередньо в умовах *in vitro* або після укорінення клонів у стерильних посудинах дає змогу суттєво скоротити тривалість повного життєвого циклу рослин буряка. Такі підходи особливо ефективні для генотипів, які потребують тривалого періоду охолодження або мають слабо виражену реакцію на природні температурні зміни [9, 10].

Яровизовані *in vitro* рослини після акліматизації здатні формувати насінники вже у перший рік розвитку, що відкриває перспективу створення однорічних циклів насінництва. Це не лише прискорює селекційний процес, а й підвищує його ефективність, оскільки дозволяє швидше фіксувати бажані ознаки та оцінювати нащадків. У поєднанні з методами мікроклонального розмноження та контролю фізіолого-біохімічних параметрів такі системи дають змогу зберігати та розмножувати цінні генотипи у короткі терміни [11, 12].

Водночас ефективність формування насінників у яровизованих *in vitro* рослин залежить від багатьох чинників — температурного режиму, складу живильного середовища, терміну впливу холодом, віку експлантів, генотипу та умов подальшої акліматизації. Саме тому необхідні комплексні дослідження, спрямовані на оптимізацію умов яровизації, укорінення та адаптації рослин для забезпечення їх повноцінного переходу до генеративної фази [13, 14].

Дослідження процесу розвитку насінників у яровизованих *in vitro* рослин цукрових і кормових буряків має важливе теоретичне та практичне значення. Воно сприяє глибшому розумінню механізмів регуляції фазового розвитку буряків і створенню біотехнологічних моделей, придатних для прискореного відновлення сортів, гібридів і селекційно цінних форм. Застосування такого підходу може суттєво скоротити часові затрати на одержання насінневого матеріалу, підвищити продуктивність лабораторного насінництва та створити основу для формування сучасних біотехнологічних систем у буряківництві [15].

Таким чином, розроблення ефективної технології формування насінників цукрових і

кормових буряків із яровизованих *in vitro* рослин є актуальним завданням сучасної біотехнології та насінництва, спрямованим на підвищення ефективності відтворення та селекції цих культур.

Для отримання розсади буряків в умовах *in vitro* здійснювали введення насіння у культуру з метою одержання стерильних проростків. Отримані експланти подальше розмножували на модифікованому живильному середовищі Гамборга та Евелега (B5), що забезпечувало активну проліферацію пагонів. Після формування необхідної кількості клонів їх переносили на живильне середовище, призначене для укорінення, яке розміщували у колбах або пробірках.

Укорінені рослини утримували за температури +4 °C протягом 40 діб для проведення штучної яровизації. Після завершення цього етапу рослини висаджували на субстрат, що складався із суміші ґрунту та піску, з метою поступової адаптації до нестерильних умов або висаджували безпосередньо у відкритий ґрунт.

Після періоду акліматизації здійснювали оцінку морфологічних та біологічних показників рослин. У процесі спостережень фіксували послідовність проходження основних фенологічних фаз: формування розетки листків, стеблуння (утворення квітконосних пагонів), цвітіння, формування та досягання плодів. Початком кожної фази вважали момент, коли до неї переходило 10–15 %, а повне настання фази визначали при вступі в неї 75 % рослин.

З метою скорочення цього періоду було проведено експеримент із яровизації рослин цукрових буряків у культурі *in vitro*. Укорінені рослини, вирощені в пробірках, піддавали дії пониженої температури (+4 °C) протягом 40 діб. Такий режим охолодження імітував природні умови формування маточних коренеплодів першого року вегетації, забезпечуючи індукцію переходу рослин до генеративного розвитку.

Після завершення періоду яровизації підготовлену розсаду, отриману шляхом клонального мікророзмноження, висаджували у відкритий ґрунт. Для порівняння у досліді використовували також неяровизовану розсаду, вирощену за аналогічною технологією.

Як показали результати спостережень, яровизовані рослини дещо поступалися неяровизованим за приживлюваністю та інтенсивністю росту. Зокрема, приживлюваність становила 91,5 % проти 98,6 % у контролі. На 36-й день після висаджування середня кількість листків у яровизованих рослин становила 25 шт., довжина черешків — 15,8 см, а площа листової поверхні — 594,9 см². У контрольному варіанті відповідні показники дорівнювали 27 листкам, 16,4 см та 698,8 см².

Водночас уже на 48-му добу вегетації у 82 % яровизованих рослин спостерігалось формування квітконосних пагонів, тоді як неяровизовані зразки перебували лише на стадії змикання листків у міжряддях. Це свідчить про істотне прискорення переходу до генеративної фази під впливом штучної яровизації в умовах *in vitro*.

Подальше порівняння динаміки розвитку насінників показало, що рослини, отримані з яровизованої розсади, характеризувалися скороченим періодом формування генеративних органів порівняно з насінниками, які формувалися із коренеплодів неяровизованих рослин, одержаних шляхом клонального мікророзмноження.

Урожайність насінників, отриманих із яровизованих рослин, становила 1,32 т/га, що дещо поступається контролю (1,50 т/га). Незважаючи на певне зниження цього показника, якість насіння залишалася високою та наближеною до контрольних значень.

Аналіз посівних якостей показав, що енергія проростання насіння з яровизованих рослин становила 84 %, схожість — 93 %, маса 1000 плодів — 15,0 г, доброякісність — 93 %, вирівняність — 100 %. Для контролю відповідні показники дорівнювали 86 %, 95 %, 15,5 г, 95 % і 100 %. Отже, вплив яровизації не спричинив істотного погіршення посівних властивостей насіння. Навпаки, спостерігалася тенденція до збереження високої доброякісності та вирівняності насіннєвого матеріалу.

За виходом основних посівних фракцій (3,5–4,5 і 4,5–5,5 мм) насінники, вирощені з яровизованих рослин, не поступалися контрольним варіантам. Частка цих фракцій у загальній масі становила 77,9 % проти 72,9 % у контролі, що свідчить про високу однорідність і кондиційність отриманого насіння.

Загалом отримані результати доводять можливість використання технології *in vitro* яровизації не лише для прискорення генеративного розвитку буряків, а й для одержання насінників із задовільними урожайними та посівними показниками, порівнянними з традиційною технологією насінництва.

Література

1. Vogt S. H., Weyens G., Lefèbvre M. et al. The FLC-like gene BvFL1 is not a major regulator of vernalization response in biennial beets. *Frontiers in Plant Science*. 2014. Vol. 5. Article 146. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00146>
2. Kim D.-H., Sung S. Genetic and epigenetic mechanisms underlying vernalization. *The Arabidopsis Book*. 2014. Vol. 11, Article e0171. <https://doi.org/10.1199/tab.0171>
3. Melzer S., Müller A., Jung C. Genetics and genomics of flowering time regulation in sugar beet. *Genetics and Genomics of the Sugar Beet*. Springer Netherlands, 2014. P. 3–26. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7575-6_1
4. Liang N., Cheng D., Liu Q. et al. Difference of proteomics vernalization-induced in bolting and flowering transitions of *Beta vulgaris*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2018. Vol. 123. P. 222–232. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.12.036>
5. Yuan W., Luo X., Li Z. et al. A cis cold memory element and a trans epigenome reader mediate Polycomb silencing of FLC by vernalization in *Arabidopsis*. *Nature Genetics*. 2016. Vol. 48. Article 12. <https://doi.org/10.1038/ng.3712>
6. Ream T. S., Woods D. P., Schwartz C. J. et al. Interaction of photoperiod and vernalization determines flowering time of *Brachypodium distachyon*. *Plant Physiology*. 2014. Vol. 164, Iss. 2. P. 694–709. <https://doi.org/10.1104/pp.113.232678>
7. Villacorta-Martin C., Núñez de Cáceres González F. F., de Haan J. et al. Whole transcriptome profiling of the vernalization process in *Lilium longiflorum* (cultivar White Heaven) bulbs. *BMC Genomics*. 2015. Vol. 16. Article 550. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1675-6>
8. Zhang N., Zhao J., Lens F. et al. Morphology, carbohydrate composition and vernalization response in a genetically diverse collection of Asian and European turnips (*Brassica rapa* subsp.). *PLoS One*. 2014. Vol. 9, No. 12. Article e114241. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114241>
9. Rodrigues C. M., Müdsam C., Keller I., Zierer W. Vernalization alters sugar beet (*Beta vulgaris*) sink and source identities and reverses phloem translocation from taproots to shoots. *bioRxiv*. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.06.01.127548>
10. McGrath J. M., Townsend B. J. Sugar Beet, Energy Beet, and Industrial Beet. *Industrial Crops. Handbook of Plant Breeding* / Edited by V. M. V. Cruz, D. A. Dierig. Vol. 9. New York, NY : Springer, 2015. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1447-0_5
11. Brunner A. M., Evans L. M., Hsu C.-Y., Sheng X. Vernalization and the chilling requirement to exit bud dormancy: shared or separate regulation? *Frontiers in Plant Science*. 2014. Vol. 5. Article 732. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00732>
12. Bouché F., Woods D. P., Amasino R. M. Winter memory throughout the plant kingdom: different paths to flowering. *Plant Physiology*. 2016. Vol. 173, Iss. 1. P. 27–35. <https://doi.org/10.1104/pp.16.01322>
13. Bettgenhaeuser J., Corke F. M. K., Opanowicz M. et al. Natural variation in *Brachypodium* links vernalization and flowering time loci as major flowering determinants. *Plant Physiology*. 2017. Vol. 173. P. 256–268. <https://doi.org/10.1104/pp.16.01114>
14. Duncan S., Holm S., Questa J. et al. Seasonal shift in timing of vernalization as an adaptation to extreme winter. *eLife*. 2015. Vol. 4. Article e06620. <https://doi.org/10.7554/eLife.06620>
15. Angel A., Song J., Yang H. et al. Vernalizing cold is registered digitally at FLC. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 2015. Vol. 112. P. 4146–4151. <https://doi.org/10.1073/pnas.1503100112>

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ І ҐРУНТОВИХ РЕСУРСІВ — ЗБЕРЕЖЕННЯ РОДЮЧОСТІ, ЗРОШЕННЯ, АГРОЕКОЛОГІЧНІ ПРАКТИКИ

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА РІСТ ТА РОЗВИТОК КУКУРУДЗИ

О. В. Копитов, аспірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Застосування науково обґрунтованих елементів технології вирощування кукурудзи передбачає не тільки проведення всіх технологічних операцій у встановлені строки а й відповідно до біологічних вимог рослин. Адже саме стабільному формуванню урожайності в першу чергу може перешкодити неконтрольований фактор — погода, який зокрема впливає і на доступність елементів живлення рослинам кукурудзи та і інших елементів агротехніки. Здавалося б виконані вчасно усі агротехнічні операції, а от характер перебігу погодних умов вегетаційного періоду вносить свої корективи.

Досліджено, що застосування кріопротектора суттєво впливало на формування урожайності кукурудзи. Так, в цілому отримано 8,17 т/га зерна, при цьому на варіантах без внесення кріопротектора було 7,36 т/га, там де застосовували лише обробку кріопротектором по настанню заморозків було отримано урожайність 7,78 т/га, а обробка насіння сприяла формуванню 9,36 т/га зерна кукурудзи. При цьому саме за застосування кріопротектора рослини кукурудзи гарно взаємодіяли з вологоутримувачем та на варіанті АМАЛГЕРОЛ ЕССЕНС та внесення вологоутримувача AQUASORB, 200 кг/га урожайність становила 9,83 т/га, тобто була найбільшою в досліді.

В умовах 2024 року вплив факторів дещо відрізнявся від попереднього року, особливо в контексті. Так, було підтверджено, що застосування кріопротектора суттєво впливало на формування урожайності кукурудзи. Адже, в цілому по досліді отримано 6,87 т/га зерна, при цьому на варіантах без внесення кріопротектора було 5,99 т/га, там де застосовували лише обробку кріопротектором по настанню заморозків було отримано урожайність в цілому 6,52 т/га, а обробка насіння сприяла формуванню 8,10 т/га зерна кукурудзи.

А за застосування кріопротектора рослини на варіанті обробки АМАЛГЕРОЛ ЕССЕНС передпосівна обробка насіння, з розрахунку 2,5 л та внесення вологоутримувача AQUASORB, 50 кг/га урожайність становила 9,20 т/га, тобто була найбільшою в досліді. А уже підвищення норми внесення вологоутримувача понад 50 кг/га призводило до зниження рівня урожайності по усіх варіантах досліді. Тобто, в умовах 2024 року, ми прослідкували чітку залежність, коли за тотального дефіциту вологи в ґрунті більші норми вологоутримувача працювали в протилежному напрямку — утримуючи додаткову вологу і роблячи її недоступною для рослин. Причому, додатково слід вивчати питання чи це може бути пов'язано з недостатнім розвитком в рослин кукурудзи вторинної кореневої системи, щоб використати доступні рослинам кількості вологи з вологоутримувача. Однак, зниження урожайності понад контрольні варіанти (де вологоутримувач не вносили) ми не спостерігали.

ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ЗА ЗАСТОСУВАННЯ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

М. В. Марків, аспірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Буряки цукрові є важливою культурою які формують до 30 % світового виробництву цукру та розташовані на понад 4,6 млн га посівних площ, у тому числі майже 1,7 млн га в країнах Європейського Союзу.

Упродовж останніх десятиліть позакореневе підживлення сільськогосподарських культур хелатними мікродобривами набуло широкого застосування, сприяло отриманню високої їх урожайності. Вивчення оптимальних доз та строків застосування мікродобрив у позакореневе підживлення буряків цукрових, оптимізація їх складу, поєднане внесення мікродобрив і інших біологічно активних компонентів є заходами, які формують міцний фундамент для подальшого підвищення продуктивності, досягнення високих показників економічної та енергетичної ефективності агротехнології вирощування цієї культури. Обмежена кількість наукових досліджень з цього питання робить їх актуальними і затребованими в умовах сучасного виробництва. Тому виникає необхідність у дослідженнях з вивчення особливостей формування якості коренеплодів буряків цукрових за умов комплексного застосування препаратів для позакореневого підживлення різноманітного спектру дії (мікродобрива, оптимізатор росту, фотосинтезу та поліпшувач цукристості).

Встановлено, що станом на 20 жовтня на фоні внесених мікродобрив та застосування SWEETLIPS та ЕКОЛАЙН, адже прибавка цукристості була 0,22 та 0,27 %. Тоді як обробка рослин МОДДУС 250 ЕС обмежувала ростові процеси, проте не була ефективною в плані зростання рівня цукро накопичення.

Також досліджено, що за обробки посівів оптимізатором росту МОДДУС 250 ЕС урожайність коренеплодів дещо зменшувалася, порівняно з необробленими варіантами на 2,37 т/га. Тобто ми отримали в умовах 2024 року не лише обмеження росту листкової маси, а й певне пригнічення ростових процесів загалом. Що потрібно дослідити більш детально в наступні роки. А краща ж урожайність буряків цукрових була на варіантах поєднання YaraVita BORTRAC 150 з SWEETLIPS та ЕКОЛАЙН Фосфитний (К-Аміно) — 73,3 т/га.

Визначено, що в середньому по досліді ми отримали 16,2 т/га, а варіант без застосування додаткових заходів впливу забезпечив найнижчий рівень — 14,6 т/га. Тоді як збір цукру у разі застосування Інтермаг Моно-Марганець становив 16,0 т/га, коли обробка рослин YaraVita BORTRAC 150 забезпечила прибавку на 0,6 т/га. А в цілому кращий збір цукру з буряків цукрових був на варіанті, який передбачав поєднання YaraVita BORTRAC 150 з SWEETLIPS та ЕКОЛАЙН Фосфитний (К-Аміно) — 17,2 т/га.

FORMATION OF WINTER BREAD WHEAT YIELD UNDER THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS IN THE KYIV REGION

O. I. Prysiazhniuk, Doctor of Agricultural Sciences,

N. O. Kononiuk, Candidate of Agricultural Sciences,

O. A. Maliarenko, Senior Research Fellow, **V. V. Musich**, PhD

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, Kyiv

Winter wheat is essentially one of the most important cereal crops worldwide. In 2014, according to FAO data, the total wheat sown area globally was 221 million ha, with an average yield of 3.56 t/ha, and the total harvested grain exceeded 787 million tons. Thus, despite the vast cultivation area and relatively simple cultivation technologies, the average wheat yields remain rather low.

Grain yield depends strongly on weather conditions. Research conducted in Hungary showed that optimal wheat yields are formed when annual precipitation is 450–500 mm; both lower and higher precipitation amounts have a negative impact on yields. In contrast, studies in Poland did not reveal any correlation between wheat yield and precipitation amount.

During 2020–2024, the hydrothermal coefficient (HTC) of the spring–summer growing season was the main integral factor determining the yield of winter bread wheat in the Kyiv region: $r = 0.83$ (*strong correlation*). The greatest yield losses were recorded when $HTC < 0.7$.

The favorable interval for achieving yields above 5.0 t/ha was as follows: $HTC = 0.90–1.15$; autumn–winter temperature deviation index $K_s = -0.5...+1.0$; spring–summer precipitation $K_s > -0.5$; spring–summer temperature $K_s < +1.5$.

The most critical deviations of weather elements caused the following yield reductions:

- $HTC < 0.6 \rightarrow 20–25\%$ decrease;
- precipitation deficit in May–June ($K_s < -1.0$) $\rightarrow 15–20\%$ decrease;
- summer extreme temperatures ($K_s > +2.0$) $\rightarrow 10–15\%$ decrease.

In the event of a dry period ($HTC < 0.7$), it is necessary to grow drought-tolerant varieties with a 15–20 % lower sowing density compared to the standard and to apply moisture-saving technologies. Under optimal conditions ($HTC 0.9–1.1$), intensive varieties and a full technological package are preferable. In the case of excessive moisture ($HTC > 1.1$), the most important factors are resistance to lodging and diseases, the use of growth retardants, and enhanced fungicide protection.

Over the years of the study, profitability fluctuated between 38.7 % and 98.6 %. Negative deviations of HTC and precipitation caused direct economic losses of 3.4–6.3 thousand UAH/ha, while in favorable years, additional profits reached 3.6–4.5 thousand UAH/ha.

To reduce climatic risks, the recommended varietal composition is:

- 30 % drought-tolerant varieties,
- 40 % universal plastic varieties,
- 30 % intensive varieties.

This structure ensures stable yields of 4.8–5.2 t/ha and profitability of 60–90 %, regardless of the weather conditions of the year.

ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ДОВГОТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ У ПЛОДОЗМІННІЙ ТА ЗЕРНОПРОСАПНІЙ СІВОЗМІНАХ

В. М. Сінченко, доктор с.-г. наук,

О. М. Атаманюк

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Однією з найважливіших умов стабільного функціонування агроєкосистем є підтримання високої родючості ґрунтів та оптимального живлення сільськогосподарських культур. За сучасних кліматичних умов, які характеризуються підвищенням середньорічних температур, нерівномірним розподілом опадів і частими посухами, ефективне використання ґрунтової вологи й елементів живлення стає визначальним чинником формування урожайності.

Тривале застосування мінеральних добрив без органічної складової призводить до погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунту, зменшення вмісту гумусу, зниження водоутримувальної здатності та біологічної активності. У свою чергу, використання лише органічних добрив не забезпечує повного задоволення потреб культур у доступних формах елементів живлення, особливо в інтенсивних сівозмінних. Тому особливого значення набуває поєднання органічних і мінеральних форм живлення, що створює умови для сталого балансу поживних речовин і підтримання високої продуктивності агрофітоценозів.

Дослідження, проведені на багаторічному стаціонарному досліді Білоцерківської ДСС, спрямовані на оцінку ефективності різних систем удобрення у плодозмінних і зернопросапних сівозмінних та на визначення їхньої післядії на урожайність пшениці озимої. Аналіз

результатів багаторічних спостережень дозволяє виявити закономірності впливу удобрення на родючість ґрунту, ефективність використання вологи та елементів живлення, що має важливе значення для формування адаптивних технологій вирощування культур у Правобережному Лісостепу України.

Метою дослідження було встановити вплив систем удобрення та типів сівозмін на урожайність пшениці озимої, визначити ефективність тривалого застосування органічних, мінеральних і органо-мінеральних добрив у різних агрофітоценозах та оцінити їхню післядію на показники продуктивності культур у багаторічному стаціонарному досліді.

Особлива увага приділялася порівнянню впливу плодозмінної та зернопросапної сівозмін на формування врожаю пшениці озимої залежно від фону живлення, а також виявленню оптимальних поєднань добрив, що забезпечують стабільну продуктивність і підтримання родючості ґрунту за умов Правобережного Лісостепу України.

Варіанти удобрення культур

Вар.	№	С.-г. культура	Дози внесення добрив		Вар.	№	С.-г. культура	Дози внесення добрив	
1 ¹	1	Викоовес	0-0-0		11	1	Викоовес	Без добрив з 1976 року	
	2	Оз. пшениця	90-60-60			2	Оз. пшениця		
	3	Цукрові буряки	140-90-90 + солома			3	Цукрові буряки		
	4	ЯчмінЬ + конюшина	0-0-0 + гичка			4	ЯчмінЬ + конюшина		
	5	Конюшина	40-40-40			5	Конюшина		
	6	Оз. пшениця	90-60-60 + солома			6	Оз. пшениця		
2	1	Викоовес	0-0-0		12	1	Викоовес	Післядія 1NPK + гній з 2 ланки 3 ротації	0-0-0
	2	Оз. пшениця	90-60-60			2	Оз. пшениця		0-0-0
	3	Цукрові буряки	100-90-90			3	Цукрові буряки		N ₄₀ + солома
	4	ЯчмінЬ + конюшина	0-0-0			4	ЯчмінЬ + конюшина		гичка
	5	Конюшина	40-40-40			5	Конюшина		0-0-0
	6	Оз. пшениця	90-60-60			6	Оз. пшениця		солома
3	1	Викоовес	Післядія 2NPK + гній з 2 ланки 3 ротації	0-0-0	13	1	Викоовес	0-0-0	
	2	Оз. пшениця		0-0-0		2	Оз. пшениця	90-60-60	
	3	Цукрові буряки		N ₄₀ + солома		3	Цукрові буряки	100-90-90 + 40 т гною	
	4	ЯчмінЬ + конюшина		гичка		4	ЯчмінЬ + конюшина	0-0-0	
	5	Конюшина		0-0-0		5	Конюшина	40-40-40	
	6	Оз. пшениця		солома		6	Оз. пшениця	90-60-60	
4	1	Викоовес	0-0-0		14	1	Викоовес	40 т/га гною (без мін. добрив у 2, 3, 4, 5, 6 ротаціях)	
	2	Оз. пшениця	90-60-60			2	Оз. пшениця		
	3	Цукрові буряки	140-90-90 + солома			3	Цукрові буряки		
	4	ЯчмінЬ + конюшина	0-0-0 + гичка			4	ЯчмінЬ + конюшина		
	5	Конюшина	40-40-40			5	Конюшина		
	6	Оз. пшениця	90-60-60 + солома			6	Оз. пшениця		
5 ²	1	Викоовес	0-0-0		15	1	Викоовес	Післядія 3NPK + гній з 2 ланки 3 ротації	0-0-0
	2	Оз. пшениця	90-60-60			2	Оз. пшениця		0-0-0
	3	Цукрові буряки	140-90-90 + солома			3	Цукрові буряки		N ₄₀ + солома
	4	ЯчмінЬ + конюшина	0-0-0 + гичка			4	ЯчмінЬ + конюшина		гичка
	5	Конюшина	40-40-40			5	Конюшина		0-0-0
	6	Оз. пшениця	90-60-60 + солома			6	Оз. пшениця		солома

Вар.	№	С.-г. культура	Дози внесення добрив		Вар.	№	С.-г. культура	Дози внесення добрив	
1	2	3	4		5	6	7	8	
41 ¹	1	Викоовес	0-0-0		49 ²	1	Викоовес	0-0-0	
	2	Оз. пшениця	90-60-60			2	Оз. пшениця	90-60-60	
	3	Цукрові буряки	140-90-90 + солома			3	Цукрові буряки	140-90-90 + солома	
	4	Ячмінь	0-0-0			4	Ячмінь	0-0-0	
	5	Вика яра	40-40-40			5	Вика яра	60-40-40	
	6	Оз. пшениця	90-60-60			6	Оз. пшениця	90-60-60	
42 ²	1	Викоовес	0-0-0		50 ²	1	Викоовес	0-0-0	
	2	Оз. пшениця	90-30-30			2	Оз. пшениця	90-60-90	
	3	Цукрові буряки	140-50-50 + солома			3	Цукрові буряки	140-90-120 + солома	
	4	Ячмінь	0-0-0			4	Ячмінь	0-0-0	
	5	Вика яра	40-20-20			5	Вика яра	40-40-60	
	6	Оз. пшениця	90-30-30			6	Оз. пшениця	90-60-90	
43	1	Викоовес	Післядія 2NPK + гній з 2 ланки 3 ротації	0-0-0	51	1	Викоовес	Без добрив з 1976 року	
	2	Оз. пшениця		0-0-0		2	Оз. пшениця		
	3	Цукр. буряки		N ₄₀ + сол		3	Цукр. буряки		
	4	Ячмінь		гичка		4	Ячмінь		
	5	Вика яра		солома		5	Вика яра		
	6	Оз. пшениця		солома		6	Оз. пшениця		
44	1	Викоовес	0-0-0		52	1	Викоовес	Післядія 2NPK + гній з 4 ротації	0-0-0
	2	Оз. пшениця	90-30-30			2	Оз. пшениця		0-0-0
	3	Цукрові буряки	140-50-90 + солома			3	Цукрові буряки		N ₄₀ + солома
	4	Ячмінь	0-0-0			4	Ячмінь		гичка
	5	Вика яра	40-20-20			5	Вика яра		солома
	6	Оз. пшениця	90-30-60			6	Оз. пшениця		солома
45	1	Викоовес	0-0-0		53	1	Викоовес	0-0-0	
	2	Оз. пшениця	90-0-60			2	Оз. пшениця	90-60-60	
	3	Цукрові буряки	140-0-90 + солома			3	Цукрові буряки	100-90-90 + 40 т гною	
	4	Ячмінь	0-0-0			4	Ячмінь	0-0-0	
	5	Вика яра	40-0-40			5	Вика яра	40-40-40	
	6	Оз. пшениця	90-0-60			6	Оз. пшениця	90-60-60	
46 ¹	1	Викоовес	0-0-0		54	1	Викоовес	Післядія 4NPK + гній з 2 ланки 3 ротації	0-0-0
	2	Оз. пшениця	90-110-110			2	Оз. пшениця		0-0-0
	3	Цукрові буряки	140-100-100 + солома			3	Цукрові буряки		N ₄₀ + солома
	4	Ячмінь	0-0-0			4	Ячмінь		гичка
	5	Вика яра	70-100-100			5	Вика яра		солома
	6	Оз. пшениця	90-110-110			6	Оз. пшениця		солома

Результати досліджень. У 2023–2025 роках погодні умови загалом були сприятливими для росту й розвитку пшениці озимої, що дозволило об’єктивно оцінити вплив систем удобрення та типу сівозміни на продуктивність культури. У плодозмінній сівозміні (попередник — конюшина) врожайність пшениці озимої була вищою на 0,53–0,56 т/га порівняно із зернопросапною сівозміною (попередник — вика яра).

У варіантах із післядією добрив спостерігалось закономірне зниження урожайності. У плодозмінній сівозміні при післядії одинарної дози добрив протягом 26 років урожайність знизилася на 1,22 т/га, а в зерно-просапній — за післядії подвійної дози — на 1,53–2,24 т/га. Навіть на варіантах із післядією найбільших доз добрив відмічено зменшення врожайності на

1,12–1,79 т/га, що вказує на вичерпання залишкової дії добрив за тривалого використання без повторного внесення.

Особливо суттєвим виявилось виключення фосфорного компонента, яке призвело до зниження врожайності в зернопросапній сівозміні на 1,42 т/га. У той самий час на варіанті з максимальною дозою добрив урожайність перевищила стандартну норму, що свідчить про доцільність коригування системи удобрення з урахуванням балансу елементів живлення.

У середньому за роки досліджень урожайність пшениці озимої в плодозмінній сівозміні становила 6,3–7,5 т/га, у зернопросапній — 5,0–7,3 т/га. Співвідношення соломи до зерна змінювалося в межах 1,28–1,45, що характеризує добру збалансованість ростових процесів за різних систем удобрення (табл. 1).

Таблиця 1

**Урожайність пшениці озимої, 2023–2025 рр.
(шоста культура третьої ротації)**

Варіант	Врожайність, т/га					Відношення соломи до зерна, %
	зерна				соломи	
	Роки			Сер-не за варіантом		
	2023	2024	2025			
Плодозмінна сівозміна						
1	7,00	7,46	6,95	7,14	9,79	1,37
2	6,71	6,96	6,62	6,76	9,44	1,40
3	6,50	6,67	6,19	6,45	8,24	1,28
4	7,05	7,68	7,04	7,26	10,00	1,38
5	6,67	5,82	6,56	6,35	8,55	1,35
11	5,17	5,19	4,91	5,09	6,74	1,32
12	6,38	6,66	5,93	6,32	8,12	1,28
13	7,51	7,82	7,30	7,54	10,96	1,45
14	6,65	6,76	6,52	6,64	9,14	1,38
15	6,51	6,68	6,38	6,52	8,42	1,29
Зернопросапна сівозміна						
41	6,71	6,93	6,68	6,77	9,55	1,41
42	6,05	5,83	5,51	5,80	7,69	1,33
43	4,73	5,18	5,17	5,03	6,39	1,27
44	6,08	6,19	5,59	5,95	7,78	1,31
45	5,93	5,47	5,37	5,59	7,13	1,28
46	7,28	7,53	7,17	7,33	10,19	1,39
47	6,30	6,52	5,82	6,21	8,19	1,32
48	4,40	5,13	4,78	4,77	5,83	1,22
49	6,85	7,04	6,72	6,87	9,69	1,41
50	6,61	6,73	6,48	6,61	9,59	1,45
51	4,21	4,63	4,74	4,53	5,83	1,29
52	5,74	5,38	5,33	5,48	7,53	1,37
53	6,96	7,28	6,80	7,01	9,96	1,42
54	5,19	5,21	5,25	5,22	6,78	1,30
55	6,52	6,78	6,41	6,57	9,04	1,38
Р, % 2,19 2,01 2,08						
НІР ₀₅ , т/га 0,39 0,36 0,36						

Висновки. Проведені дослідження підтвердили вирішальну роль систем удобрення у формуванні продуктивності пшениці озимої в різних типах сівозмін. Встановлено, що поєднання органічних і мінеральних добрив забезпечує найвищу ефективність використання елементів живлення та сприяє стабільному підвищенню врожайності.

У плодозмінній сівозміні врожайність пшениці озимої перевищувала зернопросапну на 0,53–0,56 т/га, що свідчить про позитивний вплив попередників бобових культур і кращу структурну організацію ґрунту. Найвищі результати отримано на варіантах із комплексним застосуванням органо-мінеральних добрив, де приріст урожаю становив 10–12 % порівняно з використанням лише одного виду добрив.

Тривала післядія добрив показала тенденцію до поступового зниження врожайності навіть за внесення підвищених доз, що підкреслює необхідність систематичного поповнення запасів поживних речовин у ґрунті. Водночас виключення фосфорного компонента істотно зменшувало врожайність, підтверджуючи значення збалансованого живлення культур.

Література

1. Ременюк С. О., Копчук К. М. Вплив агрофітоценотичних взаємодій на продуктивність культур короткоротаційної сівозміни в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10, № 2. <https://doi.org/10.47414/na.10.2.2022.270483>
2. Щерба М. М., Качмар О. Й., Дубицька А. О. та ін. Вплив систем удобрення на формування продуктивності зернобобових культур у короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. № 71, ч. 2. С. 202–227. [https://doi.org/10.32636/01308521.2022-\(71\)-2-13](https://doi.org/10.32636/01308521.2022-(71)-2-13)
3. Makukh Y. P., Tkalic Y. I., Remeniuk S. O. et al. The decrease in fertility of typical chernozem due to long-term anthropogenic pressure in grain-beet crop rotations. *Agrology*. 2024. Vol. 7, No. 1. P. 27–33. <https://doi.org/10.32819/202404>
4. Makukh Y., Remeniuk S., Moshkivska S. et al. Dynamics of productive moisture reserves, and water consumption use in short-rotation grain-sugar beet crop rotations in the forest-steppe depending on the fertilization system and soil potential fertility. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26, No. 6. P. 261–274. <https://doi.org/10.12912/27197050/204338>
5. Makukh Y., Remeniuk S., Moshkivska S. et al. The effect of soil moisture reserves on the productivity of soybean and sunflower under different fertilization systems and residual effects of fertilizers. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26, No. 9. P. 45–59. <https://doi.org/10.12912/27197050/209005>

ІНТЕГРАЦІЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР В ЕНЕРГЕТИЧНУ СТРАТЕГІЮ УКРАЇНИ – БІОПАЛИВО, БІОГАЗ, ЕНЕРГЕТИЧНА НЕЗАЛЕЖНІСТЬ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

БІОЕНЕРГЕТИЧНІ КУЛЬТУРИ ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ РЕСУРС ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВІДНОВЛЮВАНИХ ВИДІВ ЕНЕРГІЇ

О. О. Берещук, магістр I року агробіологічного факультету

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, м. Київ*

Біопаливо та біогаз є одними з ключових напрямів розвитку сучасної енергетики, спрямованої на використання відновлюваних джерел енергії. В умовах глобальної енергетичної кризи та зростання викидів парникових газів вони набувають особливої цінності, оскільки дозволяють зменшити залежність від викопних палив, зменшити забруднення атмосфери та сприяти сталому розвитку. Біопаливо та біогаз виробляються з органічної сировини, яка може включати залишки сільськогосподарського виробництва, промислові відходи, харчові відходи та спеціально вирощені енергетичні культури [1–3].

Біоенергетичні культури, як основне джерело сировини для виробництва біопалива, відзначаються високою продуктивністю біомаси та здатністю ефективно накопичувати енергію сонячного світла у вигляді органічних речовин. До таких культур належать багаторічні трави, наприклад, міскантус, просо прутоподібне, енергетична верба, а також однорічні рослини — сорго, кукурудза, ріпак та соняшник. Вони характеризуються високим вмістом цукрів, крохмалю або ліпідів, що робить їх придатними для переробки на біоетанол, біодизель або для ферментації з метою отримання біогазу [4, 5].

Виробництво біопалива на основі енергетичних культур має багатосторонні переваги. По-перше, воно дозволяє ефективно використовувати малопродуктивні та маргінальні землі, що не придатні для вирощування продовольчих культур, тим самим зменшуючи конкуренцію між продуктами харчування та енергією. По-друге, висока швидкість росту та значний урожай біомаси таких культур забезпечують стабільне постачання сировини протягом року. Енергетичні культури здатні накопичувати значну кількість вуглецю у наземній та підземній масі, що сприяє зменшенню вуглецевого сліду та збереженню родючості ґрунтів [6, 7].

Біопаливо отримують шляхом хімічної чи біохімічної переробки рослинної сировини. Біоетанол виробляють з культур, багатих на крохмаль або цукри, таких як кукурудза, сорго та цукровий буряк. Біодизель отримують із насіння олійних культур, зокрема ріпаку та соняшника, що дозволяє замінювати традиційні дизельні палива на відновлювані джерела енергії. Біогаз виробляється шляхом анаеробного зброджування органічної маси, де енергетичні культури та залишки сільськогосподарських культур виступають джерелом метану, що може використовуватися для опалення, виробництва електроенергії або як паливо для транспорту [8, 9].

Особливо важливим є те, що біоенергетичні культури здатні адаптуватися до різних агрокліматичних умов, демонструючи стійкість до посухи, низького родючості ґрунтів та коливань температур. Це робить їх надійним джерелом сировини для біопалива у різних регіонах. Крім того, використання таких культур у сівозміні підвищує біорізноманіття агроєкосистем і покращує структуру ґрунту, зменшуючи ерозійні процеси [10, 11].

Важливою характеристикою біоенергетичних культур є швидкий приріст надземної біомаси, що дозволяє досягати високої продуктивності та економічної ефективності виробництва біопалива. Наприклад, сорго прутоподібне і міскантус можуть накопичувати понад 10–15 тонн сухої маси на гектар за сезон, що робить їх одними з найбільш перспективних для біоенергетики. Водночас однорічні культури, такі як кукурудза, забезпечують значний вихід крохмалю і цукрів для біоетанолу, а ріпак і соняшник — ліпідів для біодизеля [12, 13].

Таким чином, біопаливо та біогаз, отримані з енергетичних культур, мають стратегічне значення для сталого розвитку енергетики, зменшення шкідливих викидів та підвищення енергонезалежності. Їх використання сприяє інтеграції сільського господарства та енергетики, створюючи нові економічні можливості та стимулюючи розвиток інноваційних технологій у переробці біомаси. Вивчення продуктивності, морфологічних особливостей та адаптивних можливостей біоенергетичних культур є важливим для оптимізації процесів виробництва біопалива та забезпечення стабільного постачання відновлюваної енергії в умовах сучасних агроecosystem [14].

Енергетичні культури демонструють високу ефективність у трансформації сонячної енергії у хімічну, що робить їх основою для виробництва біопалива та біогазу. Вони не лише забезпечують відновлювану сировину, а й сприяють екологічній стабільності, регулюють водний баланс у ґрунті, зменшують ерозію та накопичують органічну речовину. Використання таких культур забезпечує синергію між виробництвом енергії та збереженням природних ресурсів, що є ключовим для майбутнього сталого розвитку [15].

Таким чином, біоенергетичні культури становлять фундамент сучасної біоенергетики. Вони дозволяють ефективно використовувати землі, оптимізувати сільськогосподарське виробництво, зменшувати шкідливий вплив традиційної енергетики та формувати нові економічні та екологічні переваги. У зв'язку з цим дослідження морфологічних, продуктивних та біохімічних характеристик цих культур набуває особливої актуальності для розвитку енергетичної незалежності та забезпечення сталого використання відновлюваних джерел енергії.

Біопаливо та біогаз із енергетичних культур становлять перспективний напрям розвитку сучасної агроенергетики, що поєднує економічну вигоду, екологічну безпеку та соціальну значущість. Високий потенціал урожайності, здатність до адаптації в різних кліматичних умовах та універсальність у технологічній переробці роблять їх ключовими компонентами енергетичних стратегій багатьох країн. Вивчення та впровадження таких культур є необхідним кроком для забезпечення енергетичної сталості та розвитку відновлюваної енергетики у XXI столітті.

Біоенергетичні культури відрізняються між собою за потенціалом вироблення біогазу та загальної енергії, що визначається їх хімічним складом, урожайністю та вмістом сухої речовини.

Кукурудза є однією з найпоширеніших культур для біогазових установок завдяки високій урожайності та значному вмісту крохмалю, який легко перетворюється на метан. З одного гектара кукурудзи можна отримати до 6–8 тис. м³ біогазу, що забезпечує високу енергетичну віддачу. Соняшник поступається кукурудзі за кількістю біогазу, але його побічна продукція, зокрема жом і лушпиння, також має енергетичну цінність.

Сорго є стійкою до посухи культурою, тому часто розглядається як альтернатива кукурудзі в регіонах із недостатнім зволоженням. Його біомаса дає близько 4–6 тис. м³ біогазу з гектара, що робить його конкурентоспроможним у посушливих умовах.

Багаторічні трави, як-от міскантус та свічграс, мають нижчий вихід біогазу на тонну, проте дають стабільну врожайність протягом багатьох років. Міскантус забезпечує до 4 тис. м³ біогазу з гектара, а його перевагою є низькі витрати на догляд і відновлення посівів.

Енергетична верба та тополя використовуються переважно для отримання твердої біомаси, але при анаеробному зброджуванні теж дають певну кількість біогазу. Проте їх ефективність нижча через високий вміст лігніну, що ускладнює розклад органічної речовини.

Люцерна і конюшина демонструють помірний вихід біогазу, але мають перевагу у відновленні ґрунтової родючості завдяки азотфіксації.

Ріпак здатний виробляти не лише біогаз, а й біодизель, тому його відносять до універсальних енергетичних культур. Залишки ріпаку після віджимання олії можна успішно використовувати для анаеробного зброджування.

Цукровий буряк виділяється високим вмістом легкозброджуваних цукрів, що забезпечує інтенсивне газоутворення. З гектара буряків можна отримати понад 7 тис. м³ біогазу, але вирощування цієї культури вимагає значних енергетичних витрат. Картопля має середній потенціал біогазоутворення, проте використовується рідше через економічну недоцільність.

Зернові соломи, хоча й мають низьку частку метану, можуть бути цінною сировиною у сумішах з іншими культурами. Комбінація культур, наприклад кукурудзи з травами чи буряком, часто підвищує загальний вихід енергії. Порівняно з однорічними культурами, багаторічні мають екологічні переваги — зменшення ерозії та накопичення вуглецю в ґрунті.

Ефективність біоенергетичних культур також залежить від кліматичних умов, рівня агротехніки та структури ґрунту. Загалом кукурудза й цукровий буряк залишаються лідерами за виходом біогазу, тоді як міскантус і свічграс — за стабільністю виробництва енергії.

Розумне поєднання різних культур дозволяє забезпечити безперервну роботу біогазових комплексів упродовж року. Таким чином, вибір культури для виробництва біогазу має базуватися не лише на кількості отриманої енергії, а й на економічній та екологічній доцільності її вирощування.

Література

1. Відновлювана енергетика в Україні: сьогодення та перспективи. URL: <https://www.slideshare.net/slideshow/ss-77032725/77032725>
2. Stefanovska T. R., Lews E. E. Evaluation of potential risk for agricultural landscapes from second generation biofuel productions in Ukraine: the role of pests / edited by P. Ivanetta, S. Hubbard, A. Karley, B. Smith. *Aspects of Applied Biology*. 2011. Vol. 109. P. 165–169.
3. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / М. В. Роїк та ін. ; за ред. В. М. Сінченка. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2015. 340 с.
4. Енергетичний баланс України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
5. Ігнатенко О. П. Використання біомаси у муніципальному секторі: практичний посібник. Проєкт ПРООН/ГЕФ «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі України». Київ, 2016. 168 с.
6. Калетнік Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні. *Біоенергетика*. 2013. № 1. С. 11–16.
7. Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси / Г. Гелету́ха та ін. Київ : Програма розвитку Організації Об'єднаних Націй, 2016. 334 с.
8. Пасховер А. Горючее предложение. *Новий час країни*. 2018. № 7. С. 34–37.
9. Перехід України на відновлювальну енергетику до 2050 року: звіт за результатами моделювання базового та альтернативних сценаріїв розвитку біоенергетичного сектору / О. Дячук та ін. ; за заг. ред. Ю. Огаренко, О. Алієвої. Київ : АРТ КНИГА, 2017. 88 с.
10. Перспективи розвитку біоенергетики як інструменту заміщення природного газу в Україні / Г. Г. Гелету́ха та ін. Біоенергетична асоціація України, 2015. URL: <http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-12-ua.pdf>
11. Проведення комплексного дослідження ринку котлів, що працюють на біомасі в Україні / Г. Гелету́ха та ін. Київ : Програма розвитку ООН, 2016. 212 с.
12. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні / Г. Г. Гелету́ха та ін. URL: <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-9-ua.pdf>
13. Giampietro M., Ulgiati S. Integrated assessment of large-scale biofuel production. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2005. Vol. 24. P. 365–384. <https://doi.org/10.1080/07352680500316300>
14. Keoleian G., Volk T. Renewable energy from willow biomass crops: life cycle energy, environmental and economic performance. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2005. Vol. 24, Iss. 5–6. P. 385–406. <https://doi.org/10.1080/07352680500316334>
15. WBA Global Bioenergy Statistics. URL: https://worldbioenergy.org/uploads/WBA%20GBS%202017_hq.pdf

ВПЛИВ ВІКУ ПЛАНТАЦІЙ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЯКІСТЬ ДЕРЕВИНИ ТОПОЛІ ЧОРНОЇ (*POPULUS NIGRA* L.) В УМОВАХ УКРАЇНИ

І. І. Бойко, кандидат с.-г. наук,

М. С. Данюк, доктор філософії

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Осокір, або тополя чорна (*Populus nigra* L.), є одним із найпоширеніших деревних видів, який трапляється майже в усіх типах екосистем. Ареал її природного поширення охоплює Центральну та Південну Європу, Західну Азію й Північну Африку. Найчастіше рослина росте групами, а в долинах річок і бореальних лісах формує великі деревостани. З огляду на зростання інтересу до збереження лісових насаджень і створення швидкорослих енергетичних плантацій, тополя чорна набуває все більшого наукового та практичного значення [1, 2].

У світі накопичено значний досвід вирощування тополі для енергетичних цілей. Зокрема, у Швеції та Польщі проводяться масштабні програми, спрямовані на селекцію гібридних форм із підвищеними темпами росту та цінним біохімічним складом. За даними зарубіжних авторів, середня врожайність тополі у Швейцарії становить від 5,9 до 13,2 т сухої біомаси з 1 га на рік, а теплотворна здатність деревини сягає в середньому 18 МДж/кг [3, 4].

Вітчизняні дослідники також підкреслюють високу цінність тополі чорної та верби як видів, придатних не лише для біоенергетики, але й для формування лісозахисних насаджень. Особливо помітні результати у Волинській області, яка є одним із провідних регіонів України у створенні плантацій швидкорослих деревних порід. Зібрану деревину активно використовують на місцевих міні-ТЕС, де вона служить джерелом відновлюваної енергії.

Під час закладання плантацій швидкорослих енергетичних дерев рекомендується використовувати землі, малоприсадибні або непридатні для традиційного сільськогосподарського виробництва [5].

Дослідження, проведені в Західній Литві з вербою та тополею чорною на природно-кислих моренних ґрунтах, свідчать, що внесення азотних добрив сприяє істотному підвищенню кількості пагонів, приросту біомаси й покращенню біохімічного складу рослин. Урожайність сухої речовини тополі чорної у таких умовах становила 42,28–54,24 т/га.

Після збирання деревини її подрібнення та спалювання проводять у котлах середньої й великої потужності, оснащених топковими пристроями, адаптованими до спалювання вологої біомаси. Доведено, що сортові особливості істотно впливають на теплотворну здатність біоенергетичної сировини [6, 7].

Вирощування тополі (*Populus* sp.) у Південному Степу України показало, що за густоти посадки 4–6 тис. шт./га технічна стиглість настає у п'ятирічному віці, а запас деревини сягає 80–85 м³/га. За зрізання рослин у десятирічному віці обсяг деревини зростає до 445–670 м³/га. Оптимізація густоти насаджень дозволяє регулювати не лише товарну структуру, але й загальну продуктивність деревини [8].

При оцінюванні ефективності плантацій необхідно враховувати не тільки рівень урожайності, а й тривалість вегетаційного періоду. Встановлено, що рослини короткоротаційних насаджень формують тонші стовбури й характеризуються зниженими біохімічними показниками якості [9, 10].

У порівняльних дослідках із шістьма гібридами тополі та трьома дикорослими річковими генотипами *Populus nigra* протягом трирічного періоду спостережень відзначено, що коефіцієнт форми α був вищим у гібридів ($\alpha \geq 2,0$), ніж у дикорослих форм ($\alpha \leq 2,0$). Натомість показник β у гібридів зменшувався з часом, тоді як у дикорослих форм зростав — від 1,42 до 2,38 і від 1,47 до 2,03 відповідно [13, 14].

Отримання якісної сировини для біоенергетичних потреб та створення захисних лісових насаджень є одним із важливих напрямів сучасного природокористування. За оцінками М. В. Роїка і Я. Д. Фучила, завдяки розвитку швидкорослих деревних насаджень і біо-

енергетичних плантацій в Україні можливо щороку отримувати понад 54,6 млн т деревини, придатної для енергетичного використання [15].

Одним із ключових якісних показників біомаси тополі чорної є вміст сухої речовини, який упродовж вегетаційного періоду зазнає істотних змін. На початку вегетації цей показник у листках рослин коливався в межах 34,1 % (для насаджень 2018 року посадки) — 42,3 % (для 2020 року). У липні вміст сухої речовини зростав і становив від 40,3 до 44,9 %, що свідчить про активізацію процесів фотосинтетичного накопичення органічних сполук. У період найінтенсивнішого росту максимальні значення сухої речовини зафіксовано у листках тополі 2018 року посадки — 48,7 %, тоді як найнижчий показник (45,0 %) відзначено у рослин 2020 року.

Стебла досліджуваних рослин на початку вегетаційного періоду містили від 47,3 до 49,1 % сухої речовини, тоді як у кінці вегетації цей показник зростав до 64,8–66,4 %. Це свідчить про активне накопичення структурних вуглеводів і часткове здерев'яніння тканин у міру дозрівання пагонів. Вміст зольних елементів у стеблах тополі на початку вегетації становив 1,7–2,0 %, у середині — 1,8–2,5 %, а наприкінці вегетації — 1,9–2,5 %. Аналогічна тенденція спостерігалася й у листках: на початку вегетації їх зольність дорівнювала 4,4–4,5 %, у середині періоду вона зростала до 4,9–5,2 %, а в серпні досягала 7,0 % (2018 рік посадки) – 8,2 % (2020 рік посадки). Це свідчить про накопичення мінеральних речовин у процесі старіння листової маси.

Вивчення елементного складу біомаси тополі чорної має важливе значення для оцінки її придатності як сировини для біоенергетики, оскільки рівень мінералізації й співвідношення структурних полісахаридів суттєво впливають на вихід енергії під час термохімічної переробки.

Накопичення целюлози в листках тополі відбувалося поступово протягом вегетації. На початку періоду найбільший вміст целюлози (28,20 %) відмічено у листках рослин 2018 року посадки, найменший (26,25 %) — у листках 2020 року посадки. У середині вегетації показник зростав до 32,40–33,95 %, а наприкінці періоду сягав 34,00–36,61 %. Найвищий рівень накопичення целюлози знову зафіксовано у старших насадженнях (2018 рік посадки).

Вміст геміцелюлози в листках тополі на початку вегетації становив 5,5–5,8 %, а до кінця сезону зростав до 6,1 % (2020 рік посадки) – 7,2 % (2018 рік посадки).

Стебла характеризувалися істотно вищими показниками вмісту структурних полісахаридів порівняно з листками. Так, у червні кількість целюлози в стеблах становила 42,05–44,05 %, у липні — 43,15–47,20 %, а в серпні — 45,25–50,10 %, залежно від року посадки. Паралельно зростав і вміст геміцелюлози — від 10,10–11,10 % на початку до 11,45 % у кінці вегетації.

Отримані результати свідчать, що стебла тополі чорної є більш цінною сировиною для біоенергетичного використання, оскільки містять більшу частку целюлози та геміцелюлози — основних компонентів, що визначають енергетичну ємність біомаси.

Накопичення лігніну відбувалося синхронно зі збільшенням вмісту структурних вуглеводів. У листках тополі чорної на початку вегетації вміст лігніну становив 8,60–8,80 %, тоді як наприкінці сезону він підвищувався до 10,10–10,30 %. Більший уміст лігніну, як і целюлози, притаманний стеблам рослин, що підтверджує закономірність посилення процесів лігніфікації у тканинах із віком і збільшенням ступеня зрілості рослинного матеріалу.

Загалом встановлено, що з віком плантацій тополі чорної зростає частка структурних компонентів клітинної стінки — целюлози, геміцелюлози та лігніну — у поєднанні зі стабільними показниками зольності, що свідчить про високу енергетичну ефективність старших насаджень як джерела біосировини для виробництва твердих біопалив.

Література

1. Висоцька Н. Ю. Лісотипологічна структура та продуктивність деревостанів тополі чорної в різних природно-кліматичних зонах рівнинної частини України. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2017. Вип. 131. С. 11–22.

2. Jasinskas A., Banioniene V., Jotautiene E., Ziemelis I. Investigation of black poplar (*Populus nigra* L.) preparation and utilization for energy conversion. *Engineering for Rural Development : Proceedings of the International Scientific Conference (Latvia)*. Latvia University of Life Sciences and Technologies, 2019. No. 18.
3. Дзяконов О. В., Халін С. Ф., Д'яконов В. І. Світовий досвід створення штучних плантацій швидкоростучих рослин. *Матеріали І-ї міжнародної науково-практичної інтернет-конференції студентів та молодих науковців «Актуальні питання охорони праці у контексті сталого розвитку та європейської інтеграції України»* (9–11 листопада 2020 р.) Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. С. 181.
4. Bytner O., Laskowska A., Drożdżek M. et al. Evaluation of the dimensional stability of black poplar wood modified thermally in nitrogen atmosphere. *Materials*. 2021. Vol. 14, No. 6. Article 1491. <https://doi.org/10.3390/ma14061491>
5. Маурер В. М., Шилін І. С. Сучасний стан та шляхи інтенсифікації плантаційного лісовирощування тополі на Волині. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*. 2014. Вип. 198 (2). С. 137–143.
6. Šiaudinis G., Jasinskas A., Jotautiene E. et al. The effect of liming and nitrogen application on common osier and black poplar biomass productivity and determination of biofuel quality indicators. *Renewable Energy*. 2020. Vol. 152. P. 1035–1040.
7. Salehi A., Calagari M., Ahmadloo F. Effect of soil and water affected by municipal effluent on performance one-year-old plants of three black poplar (*Populus nigra* L.) clones. *Forestist*. 2021. P. fa114–fa127.
8. Фучило Я., Гончарук Г., Дзяконов О. та ін. Досвід та перспективи вирощування тополі (*Populus* sp. L.) у Південному Степу України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2009. Вип. 7. С. 66–69.
9. Ішук Л. П. До проблеми збереження вікових тополь. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*. 2015. Вип. 229. С. 250–259.
10. Walter M., Brzozowski B., Adamczak M. Effect of supercritical extract from black poplar and basket willow on the quality of natural and probiotic drinkable yogurt. *Animals*. 2021. Vol. 11, No. 10. Article 2997.
11. Висоцька Н. Ю., Ткач В. П. Деревостани тополі та осики в Україні. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2016. Вип. 128. С. 20–27.
12. Войтовська В. І., Бойко І. І. Формування технологічної якості тополі чорної залежно від тривалості вегетації. *Інноваційні зернопродукти і технології: тези доповідей Міжнародної наукової інтернет-конференції (20 лютого 2024 р.) / редкол. : Непочатенко О. О. (відп. ред.) та ін. Умань, 2024. С. 25.*
13. Saulino L., Allevato E., Todaro L. et al. Comparative study of hybrid and wild black poplar genotypes in the first three-year cycle of multi-stem short-rotation coppice. *Biomass and Bioenergy*. 2019. Vol. 122. P. 17–27.
14. Manzone M. Energy and moisture losses during poplar and black locust logwood storage. *Fuel Processing Technology*. 2015. Vol. 138. P. 194–201.
15. Роїк М. В., Фучило Я. Д., Ганженко О. М. Теоретичні та прикладні аспекти використання агролісомеліоративних насаджень України в енергетичних цілях. *Біоенергетика*. 2021. № 1. С. 5–8. <https://doi.org/10.47414/be.1.2021.243933>

ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА БІОЕНЕРГЕТИЧНІ ЦІЛІ

О. О. Крушець, апірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

В Україні на сьогодні одним із завдань аграріїв та виробників продукції сільського господарства є підвищення продуктивності кукурудзи на зерно і силос для агропромислового комплексу та відновлюваної енергетики [1, 2].

Кукурудза за господарського-цінними ознаками, високою урожайністю основної і побічної продукції, багатьма напрямками використання значно вирізняється серед інших сільськогосподарських культур, які використовують на біопаливо. Біомаса кукурудзи має відмінні енергетичні й екологічні показники в порівнянні з іншими видами енергоносіїв рослинного походження, що позитивно характеризує цю сировину для використання в якості джерела енергії [3, 4].

За даними авторів енергетичний вихід від біоетанолу з кукурудзи залежить від урожайності цієї культури. Якщо етанол виробляти з кукурудзи, то при його спалюванні виділяється на третину більше енергії, ніж було витрачено на вирощування, збирання та переробку цієї рослини. Енергетичний баланс (енергетичний коефіцієнт) переробки кукурудзи на біоетанол при врахуванні додаткових продуктів становить 1,67 [5].

Стебла кукурудзи можна використовувати як сировину для виробництва твердого палива, у вигляді брикетів або прямого спалювання.

Важливе значення має впровадження у виробництво ефективних елементів технологій вирощування, для підвищення ступеня реалізації біологічного потенціалу урожайності наземної (зеленої маси) кукурудзи. Основними елементами є пошук сучасних енергетичних гібридів, норм висіву та як екологічна складова – застосування біопрепаратів.

Тому перспективним є розробка елементів технології вирощування гібридів кукурудзи як сировини для виробництва біопалива в умовах Правобережного Лісостепу України.

Метою досліджень є підвищення продуктивності гібридів кукурудзи шляхом вивчення впливу елементів технології вирощування на ріст, розвиток і формування урожайності рослин в умовах Правобережного Лісостепу України.

Дослідження з вивчення елементів технології вирощування гібридів кукурудзи проводяться з 2024 року в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. Схема досліді передбачає вивчення біологічних особливостей гібридів кукурудзи (фактор А), норм висіву насіння (фактор В) та застосування мікоризоутворювального препарату.

Таким чином, в умовах постійного зростання цін на енергоресурси постає необхідність у пошуку технологічних рішень за вирощування кукурудзи на силос, які б забезпечували високу ефективність, підвищували продуктивність посівів і можливість її використання у біоенергетичних цілях. Доцільність вивчення елементів технології вирощування гібридів кукурудзи як сировини для виробництва біопалива є перспективним і потребує подальших досліджень.

Література

1. Калетнік Г. М. Виробництво та використання біопалив. Вінниця : Консоль, 2015. 416 с.
2. Кравченко І. Й. Аспекти розвитку виробництва сільськогосподарської продукції та проміжних продуктів цукрового виробництва як сировини для переробки на біопаливо. *Інноваційна економіка*. 2014. № 5. С. 107–110.
3. Климчук О. В. Ефективність комплексного використання кукурудзи в біоенергетиці. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 19. С. 150–154.
4. Соколік С. П. Перспективи використання кукурудзи на зерно в якості біопалива. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2016. Вип. 173. С. 168–176.
5. Дубровін В. О., Корчемний М. О., Масло І. П. Біопалива (технологія, машини і обладнання). Київ : ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. 256 с.

БІОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ І ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО (*PANICUM VIRGATUM* L.) В УМОВАХ УКРАЇНИ

С. М. Мандровська, кандидат с.-г. наук

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Просо прутіподібне (*Panicum virgatum* L.) є відносно новою для України культурою, інтродукованою приблизно у 2000 році. Його культивування на малопродуктивних та деградованих землях розглядається як перспективний напрям для розвитку вітчизняного біоенергетичного сектору, зокрема у виробництві рідкого та твердого біопалива [4, 5]. Першими в Україні були інтродуковані сорти американського походження — ‘Cave-in-Rock’ і ‘Carthage’ [6, 7].

Подальші дослідження та селекційна робота, проведена в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, сприяли створенню вітчизняних сортів: ‘Морозко’ (2015 р.) та ‘Лядовський’ (2018 р.). Крім того, у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НАН України було отримано сорт ‘Зоряне’. Усі вони внесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні [8].

Біомаса проса прутіподібного є високоефективним джерелом відновлюваної енергії, оскільки формується у процесі фотосинтезу з використанням атмосферного CO₂. Культура є багаторічною, що зменшує витрати на відновлення посівів і підвищує екологічну ефективність виробництва біопалива [9, 10]. Найдоцільніший спосіб розмноження виду — насіннєвий, проте насіння характеризується низькою схожістю через тривалий період фізіологічного спокою, що ускладнює оцінку його якості стандартними методами [11, 12].

За даними досліджень В. А. Дороніна та ін. [13] та М. І. Кулика [14], інтенсивність проростання насіння істотно залежить від попереднього охолодження, яке активізує метаболічні процеси. Підтверджено, що охолодження протягом чотирьох діб сприяє підвищенню схожості, а швидкість проростання при температурі 20 °C зростає на 15 % порівняно з контролем.

Дослідження М. І. Кулика [15], проведені у центральній частині Лісостепу України на малородючих ґрунтах, засвідчили, що за показниками врожайності та вмістом сухої речовини виділяються сорти ‘Cave-in-Rock’ і ‘Carthage’, які переважають сорт ‘Forestburg’. Як зазначає В. В. Дрига [16], для умов Західного Лісостепу ефективним є добір сортів з урахуванням особливостей формування біомаси: рекомендовано ‘Forestburg’ (ранньостиглий), ‘Sunburst’ (середньоранній), ‘Морозко’, ‘Cave-in-Rock’ і ‘Alamo’ (середньо- та пізньостиглі). Пізні генотипи забезпечують високий вихід сухої маси, однак характеризуються нижчою схожістю та зрідженими посівами.

Дані Ялтушківської дослідно-селекційної станції за 2018–2023 рр. підтверджують, що в умовах нестійкого зволоження Західного Лісостепу найвищі показники врожайності отримано у сортів ‘Cave-in-Rock’ (0,137 т/га), ‘Forestburg’ (0,128 т/га) та ‘Nebraska’ (0,124 т/га). Нижчими значеннями характеризувалися сорти ‘Dakota’, ‘Carthage’ і ‘Kanlow’, які відзначалися меншою насіннєвою продуктивністю [17].

Інші багаторічні спостереження показали, що урожайність сухої біомаси проса прутіподібного істотно варіює залежно від сортових особливостей і погодних умов року вирощування. Найвищу продуктивність формували пізньостиглі сорти — ‘Carthage’ (13,3 т/га), ‘Kanlow’ (13,0 т/га) та ‘Shelter’ (12,1 т/га), а також середньостиглі — ‘Cave-in-Rock’ (11,5 т/га) і ‘Sunburst’ (11,8 т/га) [18].

Таким чином, рівень продуктивності проса прутіподібного зумовлюється як генетичними особливостями сортів різних груп стиглості, так і агрокліматичними умовами року вирощування, що визначає доцільність подальших досліджень щодо оптимізації його вирощування в енергетичних цілях.

Кількість стебел *Panicum virgatum* L. (просо прутоподібне) залежно від групи стиглості характеризується нерівномірним розподілом між сортами. У середньому за роки досліджень встановлено, що в ранньостиглих сортів цей показник коливався в межах 790–868 шт./м², у середньостиглих — 768–803 шт./м², у пізньостиглих — близько 764 шт./м², тоді як у надпізньостиглих — 696–717 шт./м².

Виявлено, що варіювання кількості стебел у межах одного року мало сортоспецифічний характер: найбільші коливання спостерігалися у зразків ‘Dakota’ та ‘Sunburst’, тоді як у сортів ‘Alamo’, ‘Cave-in-Rock’, ‘Carthage’ і ‘Kanlow’ відмічено стабільніші показники.

Дослідження висоти рослин проса прутоподібного показали, що варіювання цього показника як між сортами, так і протягом вегетаційного періоду було незначним. Найбільші коливання висоти в межах сортозразків відзначені у 2016 році — від 43 до 93 см. Аналізуючи окремі сорти, встановлено, що ‘Dakota’ мала відносно стабільну висоту (від 75 до 116 см), ‘Forestburg’ — 93–149 см, тоді як у ‘Kanlow’ спостерігалася найширша амплітуда — 52–205 см, що свідчить про високу реактивність сорту на мінливі умови середовища.

Згідно зі статистичним аналізом експериментальних даних, визначено, що на кількість стебел проса прутоподібного найбільший вплив мали умови вирощування — 47 %, тоді як біологічні особливості сорту становили лише 1 %. При цьому взаємодія факторів «сорт × умови вирощування» забезпечувала 38 % загальної варіації показника, що вказує на значну залежність морфологічної структури культури від комплексу екологічних і генетичних чинників.

Продуктивність *P. virgatum* значною мірою визначається групою стиглості сорту та умовами вирощування. Проведений аналіз показав, що висота рослин і кількість стебел безпосередньо корелюють із рівнем врожайності біомаси: чим більші ці морфологічні параметри, тим вищий вихід сухої та сирої маси.

Максимальні показники біомаси зафіксовані у сортів надпізньостиглої та середньостиглої групи. Найвища середньорічна врожайність сирої та сухої маси спостерігалася у сортозразку ‘Kanlow’ — 25,8 та 13,2 т/га відповідно.

Серед пізньостиглих і середньостиглих сортів урожайність коливалася в межах 15,2–19,0 т/га, причому у сортів ‘Cave-in-Rock’, ‘Shelter’ та ‘Carthage’ вона становила відповідно 18,5; 19,0 та 18,7 т/га.

Найнижчі показники врожайності спостерігалися у ранньостиглого сорту ‘Dakota’ — лише 10,5 т/га, тоді як у більшості інших сортів сирої маси формувалося 14,9–15,2 т/га. Таким чином, сортозразок ‘Kanlow’ забезпечує максимальну продуктивність фітомаси, а мінімальні показники властиві ‘Dakota’ та ‘Forestburg’, що обумовлено тривалістю вегетаційного періоду та сортоспецифічними особливостями морфології і росту.

Література

1. Крайсвітній П. А., Кулик М. І., Рій О. В. Просо прутоподібне як енергоємна сировина для виробництва біопалива. Вінниця, 2012. 150 с.
2. Моргун А. В., Пясецький П. І., Любич В. В. Продуктивність різних сортів і гібридів сорго цукрового за різних строків збирання. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2022. Вип. 101. С. 163–173. <http://dx.doi.org/10.32782/2415-8240-2022-101-1-163-173>
3. Любич В. В., Пясецький П. І., Моргун А. В. Формування показників біоенергетики сортів сорго цукрового за різних строків сівби і збирання. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. № 2. С. 85–90. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2022-2-85-90>
4. Роїк М. В., Курило В. Л., Гументик М. Я. та ін. Роль і місце фітоенергетики у паливно-енергетичному комплексі України. *Цукрові буряки*. 2011. № 1. С. 6–7.
5. Гументик М. Я. Агротехнічні прийоми вирощування проса прутоподібного *Panicum virgatum* L. *Біоенергетика*. 2014. № 1. С. 29–32.
6. Пясецький П. І., Моргун А. В., Леонова К. П., Любич В. В. Вихід біоетанолу з урожаю стебел різних гібридів сорго цукрового за різної норми висіву. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2022. № 3. С. 49–56.

7. Браніцький Ю. Ю., Мазур О. В. Кількісні показники рослин проса лозовидного за різних технологічних прийомів вирощування. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2019. № 12. С. 28–43.
8. Mazur V. A., Branitskyi Y. Y., Pantsyrev H. V. Bioenergy and economic efficiency technological methods growing of switchgrass. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, Iss. 2. P. 8–15.
9. Elbersen H. W., Christian D. G., El Bassen N. et al. Switchgrass variety choice in Europe. *Aspects of Applied Biology*. 2001. Vol. 65. P. 21–28.
10. Рахметов Д. Б., Вергун О. М., Рахметова С. О. *Panicum virgatum* L. – перспективний інтродуцент у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НААН України. *Інтродукція рослин*. 2014. Вип. 3. С. 4–12.
11. Мандровська С. М., Балан В. М. Продуктивність проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) залежно від норми висіву та сортових особливостей. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2015. Вип. 23. С. 44–49.
12. Gumentyk M., Kharytonov M. Development and assessment of technologies of miscanthus and switchgrass growing in Foreststeppe zone of Ukraine. *Agriculture & Forestry*. 2018. Vol. 64. Iss. 2. P. 137–146.
13. Доронін В. А., Кравченко Ю. А., Бусол М. В. та ін. Визначення схожості насіння проса прутоподібного (свічграсу) *Panicum virgatum* L. Київ : ІБКІЦБ НААН, 2015. 10 с.
14. Кулик М. І. Мінливість кількісних показників проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) залежно від сорту. *Генофонд рослин та його використання в сучасній селекції* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої пам'яті професора М. М. Чекаліна (м. Полтава, 22–23 квітня 2015 р.). Полтава, 2015. С. 89–90.
15. Кулик М. І. Вплив елементів технології вирощування на урожайність сортів проса прутоподібного. *Екологічні, соціальні й економічні аспекти розвитку АПК на засадах раціонального природокористування*. Полтава : Сімон, 2015. С. 194–205.
16. Дрига В. В. Оцінка сорторазків проса прутоподібного за врожайністю вегетативної маси та якістю насіння залежно від груп їх стиглості. *Новітні агротехнології*. 2024. Т. 12, № 1. <https://doi.org/10.47414/na.12.1.2024.297360>
17. Дрига В. В., Доронін В. А., Кравченко Ю. А. та ін. Насіннева продуктивність проса прутоподібного залежно від сортових особливостей. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2023. Вип. 31. С. 76–84.
18. Кулик М. І. Урожайність сортів проса прутоподібного п'ятого року вегетації залежно від біометричних показників рослин. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 1–2. С. 30–35.

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА

М. М. Остапчук, аспірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Кукурудза (*Zea mays* L.) є однією з найважливіших сільськогосподарських культур у світі, оскільки поєднує високу врожайність, універсальність використання та доступність для масштабної переробки [1]. За останні десятиліття вона стала не лише продовольчою та кормовою культурою, але й стратегічною сировиною для виробництва біопалива, зокрема біоетанолу першого покоління [2, 3].

З огляду на зміну клімату та необхідність скорочення залежності від викопного палива, провідні країни світу активно розвивають політики підтримки біоенергетики на основі сільськогосподарської сировини [2, 5]. Дослідження показують, що енергетичне використання кукурудзи та її побічної біомаси здатне забезпечувати суттєве скорочення викидів

парникових газів, за умови правильної побудови логістики та повернення органічних решток у ґрунт [5, 7].

Особливість вирощування кукурудзи полягає у її подвійному сировинному потенціалі — зернова фракція та побічна целюлозна маса. Побічна целюлозна маса кукурудзи (стебла, листя, обгортки качанів), відома як *corn stover*, розглядається як перспективне джерело для виробництва біогазу та біометану [4, 5]. Такий підхід дозволяє створювати комбіновані технологічні схеми переробки (біорафінерії), за якими зернова і стеблова фракції одночасно використовуються у різних енергетичних напрямках [6].

Водночас питання агрономічної стійкості, включно з контролем ерозії та балансом поживних речовин, потребують науково обґрунтованого підходу. Ефективність технологій конверсії кукурудзи у рідкі та газоподібні біопалива значною мірою залежить від вибору типу ферментації, ферментативних систем та попередньої підготовки сировини [8].

Таким чином, кукурудза розглядається як багатокомпонентна енергетична культура, яка здатна інтегруватися у сучасні моделі із замкненими вуглецевими потоками [3]. Завдяки поєднанню високої врожайності, сталого агротехнічного менеджменту та широкої варіативності використання побічної біомаси, виступає як одна із стратегічних культур для виробництва біопалива. Подальше розширення її використання в енергетичному секторі потребує системного аналізу технологічних, екологічних та економічних переваг як зерна, так і побічної біомаси.

Біоетанол першого покоління на основі зерна кукурудзи (зернова фракція) є одним із наймасштабніших видів відновлюваного транспортного палива у світі. Річне світове виробництво становить понад 110 млрд літрів, з яких понад 55 % припадає на США, а ще 30 % — на Бразилію [2, 8].

Основною технологічною перевагою кукурудзи є високий вміст ферментованого крохмалю (до 72 % у зерні) 10 % білка та 4 % жиру, забезпечуючи енергетичну щільність 365 ккал/100 г [3]. Типова схема виробництва включає сухе подрібнення, гідротермічну обробку, ферментативну гідролізацію амілазами та бродіння дріжджами, після чого етанол проходить ректифікацію та дегідратацію до 99,5 % [8].

Завдяки екологічним перевагам, потребам енергетичної безпеки та економічній доцільності, біоетанол активно впроваджується на світовому ринку як заміник або добавка до бензину. Його світове виробництво постійно зростає, при цьому кукурудза є однією з основних сировинних культур, що використовується у цьому секторі [9]. Розвиток біопаливної економіки тісно пов'язаний із сільськогосподарським виробництвом, що підкреслює необхідність пошуку відновлюваних та екологічно стійких ресурсів на тлі проблем з викидами парникових газів та цінами на викопне паливо [8].

Політика Європейського Союзу щодо енергетики послідовно інтегрує біоенергетику з аграрними системами, наголошуючи на стійкості ланцюгів постачання і верифікації скорочень GHG [10]. Інституційна еволюція норм для біопалив у ЄС супроводжується переходом від простих квот до комбінованих вимог щодо життєвого циклу, масового балансу та простежуваності походження. В оглядових роботах відзначено, що політика підтримки багаторічних і однорічних культур на енергію в Європі дедалі більше зосереджується на LCA-порівнянні з викопними аналогами й територіальній інтеграції агровиробництва. Для кукурудзяного етанолу та біометану ключовим стає не лише обсяг заміщення палива, а й екосистемні ефекти — збереження ґрунтів, управління добривами, повернення органіки з дигестату [11].

Сучасні європейські підходи підтримують комплексні моделі, у яких поєднуються рідкі та газоподібні біопалива, що дозволяє вирівнювати енергетичні баланси підприємств та зменшувати питомі викиди [10, 3]. Політика також стимулює локалізацію доданої вартості: замість експорту сировини заохочується переробка на місці з виходом на європейські ринки палива за умови дотримання критеріїв сталості [10]. Для біометану наголошується на інфраструктурних рішеннях — від апгрейдингу й ін'єкції в мережу до сертифікації походження та обліку GHG-ефектів у торгівлі енергоносіями [10]. У сегменті біоетанолу ключовим інструментом є паливні суміші з підтвердженими GHG-скороченнями за LCA, що поєднують паливну політику з аграрною [11].

Тоді як Європейський Союз зосередився на підході LCA (комплексної оцінки екологічних впливів) та сталості, політика США історично покладалася на обов'язкові обсяги відбору біопалива, що стало вирішальним фактором інтенсивного нарощування виробництва кукурудзяного етанолу. Бразилія стимулювала високі частки етанолу в бензині, створивши стабільний внутрішній ринок палива з біосировини [11]. Європейський акцент на переведенні біогазу в біометан і його включенні до газових мереж контрастує з американською орієнтацією на рідкі компоненти пального. Натомість у ЄС робиться ставка на газову інфраструктуру як носій декарбонізації. Водночас і в ЄС, і в США спільним стає верифікована екологічна ефективність і технологічна модернізація переробки кукурудзи [10, 11].

Регуляторна політика ЄС, США та провідних біоенергетичних регіонів світу демонструє чітку тенденцію: пріоритет мають не окремі види біопалива, а комплексні системи агроенергетичної переробки, здатні документально підтвердити GHG-ефективність, простежуваність та сталість землекористування. У цій парадигмі кукурудза перетворюється з «культури на зерно» на функціональну енергетичну платформу, де значення має не лише крохмаль, але й стеблова маса, CO₂ як продукт, тепло як побічний ресурс і дигестат як компонент ґрунтового відновлення.

Таким чином, у середньостроковій перспективі конкурентоспроможність аграрних регіонів визначатиметься не тільки обсягами виробництва зерна, а й здатністю інтегруватися в ланцюги доданої вартості біоетанолу та біометану з повним життєвим циклом контролю викидів. За умови розвитку інфраструктури та стандартизації систем кукурудза може стати ключовим інструментом декарбонізації транспорту, газового сектору та агровиробництва одночасно. Це формує нову парадигму агроенергетичної політики, де зернова культура переходить у категорію стратегічних елементів енергетичної безпеки.

Література

1. Erenstein O., Jaleta M., Sonder K. et al. Global maize production, consumption and trade: trends and future outlook for R&D. *Food Security*. 2022. Vol. 14, Iss. 5. P. 1295–1319.
2. Hoang T. D., Nghiem N. Recent developments and current status of commercial fuel ethanol production. *Fermentation-Basel*. 2021. Vol. 7, Iss. 4. Article 314.
3. Ranum P., Peña-Rosas J. P., Garcia-Casal M. N. Global maize production, utilization, and consumption. *Technical Considerations for Maize Flour and Corn Meal Fortification in Public Health*. 2014. Vol. 1312. P. 105–112.
4. Aghaei S., Alavijeh M. K., Shafiei M., Karimi K. A comprehensive review on bioethanol production from corn stover: Global potential, environmental importance, and perspectives. *Biomass & Bioenergy*. 2022. Vol. 161. Article 106447.
5. Chandra R., Takeuchi H., Hasegawa T. Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes: A review in context of 2nd generation biofuel production. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2012. Vol. 16, Iss. 3. P. 1462–1476.
6. Rabelo S. C., Carrere H., Filho R. M., Costa A. C. Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept. *Bioresource Technology*. 2011. Vol. 102, Iss. 17. P. 7887–7895.
7. Lal R. Global production of crop residues and their uses as biofuel. *Environment International*. 2005. Vol. 31, Iss. 4. P. 575–584.
8. Rezanian S., Oryani B., Cho J. et al. Different pretreatment technologies of lignocellulosic biomass for bioethanol production: An overview. *Energy*. 2020. Vol. 199. Article 117457.
9. Demirbas A. Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. *Energy Conversion and Management*. 2008. Vol. 49, No. 8. P. 2106–2116. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.02.020>
10. Clifton-Brown J., Hastings A., von Cossel M. et al. Perennial biomass cropping and use: Shaping the policy ecosystem in European countries. *Global Change Biology Bioenergy*. 2023. Vol. 15, No. 5. P. 520–534. <https://doi.org/10.1111/gcbb.13038>
11. Taylor G., Donnison I. S., Murphy-Bokern D. et al. Sustainable bioenergy for climate mitigation: Developing drought tolerant trees and grasses. *Annals of Botany*. 2019. Vol. 124, No. 4. P. 510–517. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz146>

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ КУЛЬТУР — ВУГЛЕЦЕВИЙ СЛІД, БІОРІЗНОМАНІТТА, ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ Й РОЗВИТКУ СОНЯШНИКУ

Б. М. Борисенко, аспірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

В Україні зосереджена значна частина світових посівних площ та валового виробництва соняшнику. На фоні тенденції до збільшення контрасту між погодними умовами окремих років спостерігається зростання попиту на розробку елементів технології вирощування, які б відповідали сучасним вимогам.

Соняшник належить до культур з низькою передзбиральною густрою посіву та невисокою компенсаційною здатністю параметрів, які є складниками врожаю. Ця особливість призводить до того, що за негативного впливу погодних умов, або помилок в технології вирощування рослини не можуть в достатній мірі відрегулювати генеративні параметри, тим самим різко втрачається їх продуктивність.

Досліджено, що висота рослин відповідала першочергово генетичному потенціалу гібрида і в середньому в гібрида ‘ЕС ЦЕЙЛОН СУ’ вона була 176,7 см, ‘Суміко’ — 176,5, ‘П64ЛЕ25’ — 177,8 см. Найбільш вагомим коректором висоти рослин соняшнику виступали саме регулятори росту, застосовані фоліарно. Так, в гібрида ‘ЕС ЦЕЙЛОН СУ’ на контролі була зафіксована висота 187,5–186,5 см, коли за обробки рослин препаратом Церон – 159,0 см. Аналогічно, обробка рослин гібридів ‘Суміко’ та ‘П64ЛЕ25’ цим же препаратом сприяла формуванню посівів висотою 159,0 та 165,0 см, що на 29,0 та 21,0 см менше контрольних необроблюваних варіантів дослідів.

Визначено, що кращі показники діаметру кошика в гібрида ‘ЕС ЦЕЙЛОН СУ’ було отримано за застосування обробки насіння Амалгерол, ЕВ з подальшим фоліарним внесенням Медакс Топ + Турбо, коли в гібридів ‘Суміко’ та ‘П64ЛЕ25’ ефективним виявилась обробка насіння Амалгерол, ЕВ.

Досліджено, що в гібрида ‘ЕС ЦЕЙЛОН СУ’ застосування додаткових агрозаходів впливу не сприяло отриманню достовірної прибавки врожаю. Причому, коли ефект від обробки насіння Амалгерол, ЕВ за достовірністю відхилень НІР по урожайності був в межах похибки дослідів, хоча і нижчий чим на контролі, то застосуванні ріст обмежуючих препаратів сприяло достовірному зниженню урожайності і лише за обробки Медакс Топ + Турбо урожай незначно перевищував контрольний варіант дослідів. Тоді як в гібрида ‘Суміко’ також спостерігали нижчі показники урожайності за застосування фоліарно препаратів з обмеження росту, проте обробка насіння Амалгерол, ЕВ сформувала умови до отримання 4,24 т/га врожаю. А в гібрида ‘П64ЛЕ25’ ми також спостерігали найкращі результати за обробки насіння Амалгерол, ЕВ — 4,30 т/га, причому це максимум урожайності отриманий в нашому досліді. А внесення фоліарно регуляторів росту призводило до зменшення урожайності, проте за обробки Медакс Топ + Турбо ми отримали зниження в межах похибки дослідів.

За збором олії було визначено, що в середньому по досліді гібрид ‘ЕС ЦЕЙЛОН СУ’ мав показник 1,80 т/га, ‘Суміко’ — 1,93, а ‘П64ЛЕ25’ — 1,86 т/га. У гібрида ‘ЕС ЦЕЙЛОН СУ’ застосування додаткових агрозаходів не сприяло отриманню достовірної прибавки збору олії і максимум отримано на чистому контролі 1,99 т/га. У гібрида ‘Суміко’ також спосте-

рігали нижчі показники збору олії за застосування фоліарно препаратів з обмеження росту, проте обробка насіння Амалгерол, ЕВ сформувала умови до отримання 2,20 т/га олії – кращого показника по досліді. Аналогічно в гібрида ‘П64ЛЕ25’ ми також спостерігали кращі результати за обробки насіння Амалгерол, ЕВ – 2,08 т/га, а фоліарне застосування регуляторів росту призводило до зменшення збору олії, проте за обробки Медакс Топ + Турбо отримали зниження в межах похибки досліді.

ІНВАЗІЙНІ ВИДИ БУР’ЯНІВ ТА ЇХНІЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТЕХНІЧНИХ І БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

Ю. М. Михайловин, доктор філософії

Уманський національний університет, м. Умань

Вирощування біоенергетичних культур у сучасних агроєкосистемах характеризується значними викликами, серед яких одне з ключових місць займає проблема інвазійних бур’янів. Ці рослини, потрапляючи на нові території, здатні швидко адаптуватися та домінувати над культурними видами, що призводить до суттєвого зниження їхньої продуктивності. Інвазійні види бур’янів не лише конкурують за світло, воду та поживні речовини, а й впливають на мікробіологічний склад ґрунту, змінюючи його фізико-хімічні властивості, що, у свою чергу, відображається на рості та розвитку культурних рослин [1, 2].

Особливо актуальною є проблема бур’янів у вирощуванні технічних культур, зокрема цукрових та кормових буряків, соняшнику, ріпаку та інших олійних культур, які мають високі вимоги до агротехнічних умов і чутливі до конкуренції, а також і до біоенергетичних.

Амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.) є яскравим прикладом інвазійного виду, здатного значно знижувати врожайність. Ця рослина демонструє високу здатність до розповсюдження насіння, швидкий початковий ріст та стійкість до несприятливих умов, що дозволяє їй успішно конкурувати з культурними видами за ресурсами [3, 4].

Вплив інвазійних бур’янів на продуктивність культур проявляється у різних аспектах. По-перше, вони безпосередньо зменшують площу живлення культурних рослин, забираючи доступну воду та поживні елементи. По-друге, високий темп росту та розгалужена коренева система таких видів як амброзія створюють фізичні перепони для розвитку кореневої системи буряків та інших технічних культур. По-третє, інвазійні види здатні виробляти алелопатичні речовини, які пригнічують проростання та ріст сусідніх культурних рослин [5, 6].

Сучасні дослідження показують, що інтенсивність конкуренції між культурними рослинами та інвазійними бур’янами безпосередньо залежить від густоти їхнього поширення та часу появи на полі. Найбільш критичними періодами є ранні фази росту технічних і біоенергетичних культур, коли вони ще не сформували конкурентоспроможну листову і кореневу систему. У цей період присутність амброзії та інших агресивних бур’янів може призвести до зменшення маси наземної частини, затримки розвитку та зниження фотосинтетичної активності культурних рослин [7, 8].

Інвазійні види бур’янів також мають опосередкований вплив на агроєкосистему через зміну умов мікроклімату на рівні ґрунту. Вони можуть створювати додаткову тінь, підвищувати вологість під покривом листя та змінювати температуру ґрунту, що впливає на процеси нітрифікації та мінералізації органічних речовин. У результаті порушуються оптимальні умови для розвитку культур, що потребує більшої уваги до планування агротехнічних заходів [9, 10].

Важливим аспектом є також вплив інвазійних бур’янів на стійкість культур до хвороб та шкідників. Конкуренція за ресурси ослаблює рослини, роблячи їх більш вразливими до патогенів та шкідників. Крім того, інвазійні види самі можуть слугувати резервуаром для фітопатогенів, що додатково ускладнює захист посівів [11].

Стратегія боротьби з інвазійними бур'янами включає як агротехнічні, так і хімічні та біологічні методи. Агротехнічні заходи, такі як своєчасна оранка, сівозмінна та мульчування, дозволяють зменшити чисельність інвазійних видів на полі. Хімічні методи передбачають застосування гербіцидів, які мають селективну дію на культурні види, мінімізуючи при цьому негативний вплив на екологію. Біологічні підходи передбачають використання природних ворогів бур'янів або ферментативних препаратів, що підвищують конкурентну спроможність культурних рослин [12, 13].

Таким чином, інвазійні бур'яни є суттєвим чинником, що обмежує продуктивність технічних і біоенергетичних культур. Їхній вплив комплексний і включає фізіологічні, морфологічні та екологічні механізми. Розуміння цих процесів та розробка адаптивних агротехнічних заходів сприяє підвищенню ефективності виробництва та забезпеченню сталого функціонування агроєкосистем. Особливо це стосується культур із високими енергетичними та харчовими потенціями, до яких відносяться буряки, соняшник, ріпак та інші технічні види [14].

Вивчення взаємодії культурних рослин та інвазійних бур'янів також відкриває перспективи для оптимізації сівозміни, використання міжрядних культур та селекційного добору сортів з підвищеною конкурентоспроможністю.

У цілому, дослідження впливу інвазійних бур'янів на продуктивність технічних і біоенергетичних культур є необхідним елементом сучасної агроєкологічної науки, оскільки дозволяє інтегрувати знання про біологічні взаємодії в систему управління сільськогосподарським виробництвом та формувати стратегічні підходи до підвищення ефективності аграрного сектору країни.

Інвазія амброзії полинолисткої (*Ambrosia artemisiifolia* L.) суттєво впливає на продуктивність біоенергетичних культур, знижуючи їх урожайність та погіршуючи якісні показники біомаси. Дослідження показують, що у посівах сорго енергетичного, густота амброзії на рівні 50–70 рослин на 1 м² може зменшувати врожайність на 18–25 %, а при високій щільності бур'яну (понад 100 рослин на 1 м²) зниження сягає 40 %. У проса прутноподібного, яке вирощують для отримання біомаси, амброзія здатна знижувати масу сухої речовини на 12–20 % у середньому за роки спостережень.

В посівах кукурудзи на біоенергетичні цілі наявність амброзії у фазі 5–6 листків призводить до зменшення врожайності на 15–30 %, при цьому вміст клітковини та лігніну у стеблах зменшується на 5–8 %, що знижує калорійність біомаси при прямому спалюванні або піролізі. У соняшнику, який використовують для отримання біодизеля, бур'ян зменшує врожай насіння на 20–35 %, а олійність – на 2–4 %, що безпосередньо впливає на технологічні показники сировини для переробки.

Експерименти на багаторічних трав'яних культурах, таких як міскантус та енергетична верба, демонструють, що при середній щільності амброзії (60–80 рослин/м²) біомаса знижується на 10–18 %, а концентрація цукрів і вуглеводів у стеблах зменшується на 4–6 %, що негативно відображається на потенційній вихідній енергії. У посівах сорго-суданської суміші втрати урожайності у присутності амброзії досягають 22 %, тоді як у контролі без бур'яну маса сухої біомаси становить 12,5 т/га, а за інвазії – лише 9,7–10,0 т/га.

За даними польових досліджень, ранньостиглі сорти проса прутноподібного втрачають до 15 % урожайності при середньому забур'яненні, тоді як пізньостиглі — до 12 %, що пояснюється різною конкуренцією за освітлення та поживні речовини в різні фази росту. У міскантусу амброзія знижує суху масу стебел на 11–14 %, а водопоглинальна здатність та вміст білка у сировині зменшуються на 3–5 %.

У багаторічних трав'яних енергетичних культурах (солома пшениці, тритикале) амброзія викликає зниження продуктивності на 10–20 % залежно від щільності бур'яну, а вміст клітковини у стеблах зменшується на 2–4 %. Досліди в умовах центрального Лісостепу України показали, що при високій засміченості амброзією (понад 90 рослин/м²) врожайність сорго-суданської суміші падає з 14,0 т/га до 10,2 т/га, що становить 27 % втрат.

В умовах недостатнього зволоження ефект конкуренції амброзії посилюється: у

міскантусу втрати маси сухої біомаси сягають 18 %, а концентрація сухих речовин зменшується на 6 %, що негативно впливає на показники енергетичної цінності. Для енергетичної верби при високій щільності амброзії врожайність зменшується на 15–20 %, а вміст цукрів у верхніх пагонах — на 5 %.

У проса прутоподібного, що вирощується на малородючих ґрунтах, інвазія амброзії призводить до зниження кількості стебел на 10–15 %, а висота рослин зменшується на 8–12 %, що прямо впливає на загальну масу біомаси. У сорго енергетичного втрата кількості стебел становить 12–18 %, а зниження висоти — 7–10 %, що зменшує механічну ефективність збору.

У кукурудзи для біоенергетичних цілей при середньому рівні засміченості амброзією зниження маси сухої біомаси становить 15–20 %, а у пізньостиглих сортів — 12–15 %. У соняшнику середні втрати врожайності насіння за присутності амброзії складають 22 %, тоді як олійність зменшується на 3 %.

Дані польових досліджень також підтверджують, що на інвазійні види бур'янів, включно з амброзією, припадає до 35 % загальної конкуренції за світло, воду та поживні речовини у посівах біоенергетичних культур. У сорго-суданської суміші це проявляється у зниженні коефіцієнта розварювання стебел на 5–7 %, а в міскантусі — у зменшенні водопоглинальної здатності на 4–6 %.

Експериментальні дані свідчать, що контроль амброзії дає змогу підвищити врожайність сорго на 20–25 %, проса прутоподібного — на 15–18 %, а міскантусу та енергетичної верби — на 12–16 %. Зменшення конкуренції бур'яну також підвищує вміст білка у стеблах на 3–5 % та цукрів на 2–4 %.

Таким чином, амброзія полинолиста є критично важливим фактором, що обмежує продуктивність та якісні показники біоенергетичних культур, а її контроль дозволяє суттєво підвищити ефективність вирощування сировини для біоенергетичних цілей.

Література

1. Wan S., Yuan T., Bowdish S. et al. Response of an allergenic species, *Ambrosia psilostachya* (Asteraceae), to experimental warming and clipping: implications for public health. *American Journal of Botany*. 2002. Vol. 89. P. 1843–1846.
2. Богословська М. С. Особливості конкурентних взаємовідносин багаторічних злакових трав з рослинами амброзії полинолистої. *Агроекологічний журнал*. 2011. № 3. С. 90–94.
3. Борона В. П. Шкодочинність амброзії полинолистої та хімічні заходи її контролю у посівах сої. *Матеріали 7-ої науково-теоретичної конференції Українського наукового товариства гербологів* (м. Київ, 3–5 березня 2010 р.). Київ : Колобіг, 2010. С. 30–38.
4. Борона В. П., Неїлик М. М. Фізіологічний спокій насіння амброзії полинолистої та способи його порушення. *Корми і кормовиробництво*. 2008. Вип. 63. С. 45–47.
5. Солоненко В. І. Розповсюдження амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisiifolia* L.). *Збірник наукових праць Вінницького НАУ*. 2010. Вип. 40(1). С. 132–139.
6. Борона В. П., Задорожний В. С. Гербологія: проблеми розвитку. *Захист рослин*. 2003. № 2. С. 21–22.
7. Борона В. П., Карасевич В. В., Неїлик М. М. Амброзія полинолиста у посівах сої. *Карантин і захист рослин*. 2008. № 12. С. 7–9.
8. Борона В. П., Карасевич В. В., Неїлик М. М. Амброзія полинолиста. Насіннева продуктивність залежно від умов вегетації. *Карантин і захист рослин*. 2009. № 2. С. 27–28.
9. Борона В. П., Карасевич В. В., Неїлик М. М. Інтегрований контроль бур'янів у агроценозах кормових і зернофуражних культур. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 2. С. 10–13.
10. Бортняк М. М. Нотатки про адвентивну флору Київської області. *Український ботанічний журнал*. 1976. Т. 33, № 6. С. 612–622.
11. Симонов В. Є., Романченко В. О., Челомбітко А. Ф., Башинська О. В. Карантинні організми на рослинах — розповсюдження у 2012 та прогноз поширення у 2013 роках в Україні. *Карантин і захист рослин*. 2013. № 3. С. 20–23.

12. Сірко З. С., Головач В. М., Вишняков І. Ю., Протасов О. С. Композиція для боротьби з амброзією. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. № 1. URL: <https://scireports.com.ua/en/article/download/kompozitsiya-dlya-borotbi-z-ambroziyeyu>

13. Родінкова В. В., Мотрук І. І., Александрова О. Є Вплив метеорологічних факторів на концентрацію алергенного пилку трав'янистих рослин в атмосферному повітрі Вінницької області. *Вісник Вінницького національного медичного університету*. 2016. № 2. С. 366–369.

14. Родінкова В. В., Мазур О. І., Слободянюк Л. В., Мотрук І. І. Аналіз сезонної та добової динаміки розповсюдження пилку *Ambrosia* у повітрі Вінницького регіону. *Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Серія Біологія*. 2012. № 17. С. 49–52.

ОЦІНКА КОМПОНЕНТІВ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯК ФАКТОРІВ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ РОСЛИН ЯЧМЕНЮ ЗВИЧАЙНОГО (*HORDEUM VULGARE* L.)

І. Є. Бурба, магістр 1-го року навчання

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

Врожайність ячменю є інтегральним показником, який формується не одним, а сукупністю генетично детермінованих ознак, що включають елементи структури врожаю та адаптивні реакції рослини. Наявна об'єктивна залежність, часто обернена, між кількісними показниками продуктивності та якісними характеристиками зерна, зокрема вмістом білка, що відображає фізіологічні пріоритети рослини у розподілі асимілятів. Архітектоніка рослини, особливо її висота та стійкість до вилягання, виступає критичним фактором реалізації генетичного потенціалу врожайності в умовах інтенсивного землеробства. Тривалість вегетаційного періоду є фундаментальною адаптивною ознакою, що визначає еколого-географічну придатність сорту та його місце в сівозміні. Стійкість до біо- та абіотичних стресових факторів виконує функцію стабілізатора врожайності, мінімізуючи втрати від несприятливих умов середовища. Поєднання цих компонентів створює унікальний господарський профіль кожного сорту, що визначає його цільове призначення.

Мета роботи — оцінити компоненти продуктивності сортів ячменю ярого та їхній вплив на формування врожайності.

Предмет дослідження: оцінка компонентів продуктивності як факторів формування врожайності рослин ячменю звичайного (*Hordeum vulgare* L.).

Об'єкт дослідження: сорти ярого ячменю: 'СБ Скорє', 'Авалон', 'КВС Кріссі', 'КВС Таліс', 'РЖТ Планет', 'Квенч'. Сорт 'КВС Таліс' демонструє високу врожайність 5,19 т/га, що підкріплено значною масою 1000 зерен (48,8 г) та відмінною стійкістю до вилягання і хвороб (оцінки 9 балів), але при цьому має відносно низький уміст білка — 10,7 %. На противагу, сорт 'Авалон' характеризується найвищим умістом білка (14,0 %) та низькорослістю (48 см), що робить його цінним для кормових цілей, хоча його вегетаційний період довший (91 доба в регіоні Полісся). Сорт РЖТ Планет' вирізняється винятковою якістю зерна з масою 1000 зерен 55 г та високою стійкістю до проростання в колосі (9,7 бала). 'КВС Кріссі' представляє збалансований тип за врожайністю (4,81 т/га) та комплексним імунітетом проти хвороб (8–9 балів). Сорт 'СБ Скорє' вирізняється потенційною врожайністю (7,9 т/га) і доброю стійкістю до вилягання (9 балів), тоді як 'Квенч' демонструє значну гарантований приріст урожайності (+4,3 т/га в регіоні Лісостепу), що свідчить про його високу стабільність.

ДИНАМІКА НАКОПИЧЕННЯ ПІГМЕНТІВ ХЛОРОФІЛІВ *A* ТА *B* У ЛИСТІ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ РІЗНОГО ГЕНЕТИЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Я. В. Манзюк, аспірант

Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ

Фотосинтез — процес синтезу органічних сполук з вуглекислого газу та води з використанням енергії світла й за участю хлорофілу з виділенням кисню як побічного продукту. Процес фотосинтезу це основний шлях надходження енергії сонця в біосферу, один з найважливіших чинників у процесі розвитку росли, адже саме від нього залежить утворення органічних сполук та формування майбутнього врожаю [1]. Загальне накопичення сухої маси рослини також залежить від інтенсивності фотосинтезу, вмісту хлорофілів, розміру листової поверхні. Проте фотосинтез неможливий без пігментів.

Пігменти — це сполуки, які вибірково поглинають світло у видимій (400–700 нм) частині спектра. Непоглинені ділянки сонячного спектра відбиваються, що і зумовлює забарвлення пігмента. Наприклад, зелений пігмент хлорофіл поглинає червоні і сині промені, тоді як зелені відбиваються [2].

Хлорофіл — це природний зелений пігмент, який міститься в клітинах рослин, водоростей та деяких бактерій. Він відповідає за зелений колір цих організмів та бере участь у процесі фотосинтезу, де перетворює світлову енергію на хімічну. Кількість хлорофілу в рослині змінюється в процесі вегетації, поступово зростаючи до фази цвітіння і зменшуючись від цвітіння до кінця вегетації [3].

У процесі фотосинтезу хлорофіли виконують складні функції: поглинання світла, передання енергії, передачу електронів. Група хлорофілів включає понад 10 пігментів, що відрізняються деякими структурними особливостями. Найпоширеніші чотири форми хлорофілів: *a*, *b*, *c*, *d*.

Хлорофіл *a* — особлива форма хлорофілу, яка використовується для оксигенного фотосинтезу. Найсильніше поглинає світло у фіолетово-блакитній та оранжево-червоній частині спектру. Знаходиться у всіх фотосинтезуючих організмах, за винятком бактерій.

Хлорофіл *b* — форма хлорофілу, один із допоміжних пігментів фотосинтезу у вищих рослин, зелених водоростей та евгленових, а також у ціанобактерій. Поглинає світло переважно в синій частині спектра, і тому має жовто-зелений колір.

Метою цього дослідження було вивчення накопичення хлорофілу *a* та *b* в листі цукрових буряків різного генетичного походження на різних етапах вегетації.

У дослідженні використовували різні лінії цукрових буряків, включаючи селекційний матеріал, отриманий від диких видів роду *Beta* L. (*B. maritima* та *B. patula*), а також апоміктичні потомства з Ялтушківської дослідно-селекційної станції (ЯДСС). Експеримент проводили в умовах Ялтушківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (Барський р-н, Вінницька обл.) у зоні Правобережного Лісостепу. Ґрунти станції — світло-сірі, сірі, темно-сірі опідзолені та середньо-суглинкові зі вмістом гумусу 1,87–2,11 %. Глибина гумусного горизонту — 30–35 см. Для визначення кількості хлорофілів були використані стандартизовані методи, що включають спектрофотометричне вимірювання екстрактів пігментів з листя рослин.

Визначення кількості пігментів хлорофілу *a* та *b* проводили на різних етапах вегетації рослин, починаючи з червня, коли інтенсивність фотосинтезу досягає пікових значень. У червні кількість хлорофілу *a* варіювала від 1,01 мг/г у зразка 22-143-1ЧС до 1,81 мг/г у 22-136-2ЧС А1, а хлорофілу *b* — від 0,70 мг/г у 22-184-1ЧС А10 до 0,90 мг/г у 53-17/1 О-тип № 2 (ВПДСС).

У липні кількість хлорофілу *a* збільшилась, і вже становила від 1,85 мг/г у варіанту 22-185-ЧС IF1 до 2,35 мг/г у *B. maritima* × О-тип № 1 (ВПДСС), а хлорофілу *b* від 0,83 мг/г 22-185-ЧС IF1 до 1,35 мг/г у 22-200-2ЧС А 10.

Найвищі значення хлорофілів у зразках було зафіксовано у серпні: хлорофіл *a* — від найнижчого значення 3,05 мг/г у *B. maritima* × О-тип № 1 (ВПДСС) до найвищого 4,05 мг/г у

22-133-1ЧС, хлорофіл *b* — від 1,00 мг/г у 22-146-1ЧС А9 (R+2I) до 1,65 мг/г у 22-200-2ЧС А 10.

Наприкінці вегетації (вересень) кількість хлорофілу *a* знижувалася до значень від 2,05 мг/г у 22-184-3ЧС до 3,78 мг/г у 22-184-3ЧС, а хлорофілу *b* — від 0,95 мг/г у 22-184-3ЧС, до 1,30 мг/г у 53-17/1 О-тип № 2 (ВПДСС). Для контрольного варіанту (14841 ВПДСС 2-9 Поділля) у кінці вегетації вміст хлорофілу *a* становив 2,99 мг/г, хлорофілу *b* — 0,99 мг/г.

Отримані результати свідчать про значну залежність кількості хлорофілу в листі цукрових буряків від фази вегетації та генетичних особливостей рослин. Найвищі показники накопичення пігментів спостерігалися в серпні, що відповідає піковим значенням фотосинтетичної активності. Зниження вмісту хлорофілу в кінці вегетації, ймовірно, пов'язане зі старінням листя та зменшенням фотосинтетичної активності. Результати можуть бути корисними для подальшої оптимізації селекційних програм та поліпшення фотосинтетичної ефективності в умовах різного генетичного походження рослин.

Отже, накопичення хлорофілу *a* та *b* в листі цукрових буряків залежить від фази вегетації та генетичних характеристик рослин. Найбільше накопичення цих пігментів спостерігається в серпні, що відповідає піковим значенням фотосинтетичної активності. Отримані результати мають практичне значення для вдосконалення методів селекції та підвищення ефективності фотосинтезу в цукрових буряків.

Література

1. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин / за ред. М. М. Макрушина. Вінниця : Нова Книга, 2006. 416 с.
2. Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин : підручник. Суми : Університетська книга, 2004. 464 с.
3. Фізіологія рослин. Навчально-методичний посібник до виконання лабораторних занять студентами аграрних вузів III–IV рівня акредитації з напряму підготовки 0514 — «Біотехнологія» / укл. О. А. Бойко. Київ, 2013. 47 с.

ДОБІР ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗА ІНДЕКСОМ ЕФЕКТИВНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

М. В. Качан, магістр 1-го року навчання, **В. Л. Жемойда**, кандидат с.-г. наук,
В. А. Мокрієнко, кандидат с.-г. наук, **Р. О. Спряжка**, доктор філософії
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

Стабілізація виробництва зерна кукурудзи неможлива без комплексного врахування всіх кліматичних та агротехнічних чинників. За даними вітчизняних та іноземних вчених, частка гібрида становить 50 %, агротехніки — 20 %, погодних умов — 30 %. Впровадження у виробництво сучасних гібридів кукурудзи та зональних інноваційних технологій вирощування дало змогу за останні роки підвищити врожайність культури на 15–20 %.

Метою наших досліджень було оптимізувати добір гібридів кукурудзи за індексом їхньої продуктивності. Додатковим завданням було встановити динаміку вологовіддачі зерна як одного з ключових показників, що впливають на кінцевий індекс ефективності та економічну доцільність вирощування того чи іншого гібрида.

Дослідження проводили в умовах СТОВ «Урожай» (Звенигородський р-н, Черкаська обл.). Ґрунтові та кліматичні умови господарства цілком сприятливі для вирощування кукурудзи на зерно. У господарстві кукурудза вирощується на площі понад 1000 га. Посівна площа — 150 м², облікова — 60 м². Індекс Ленга, або індекс ефективної продуктивності, є показником, який дає змогу оцінити продуктивність гібрида кукурудзи з урахуванням урожайності та збиральної вологості зерна, оскільки надмірна вологість потребує додаткових затрат на сушіння, що знижує економічну ефективність. До схеми досліду було включено

перспективні гібриди кукурудзи — ‘Аякс’, ‘Максалия’, ‘Ліпекс’, ‘Дублікс’, ‘Вінкс’, ‘ДКС 4795’, ‘Ноемікс’ компаній «RAGT» та «Bayer».

Установлено, що гібриди з більшою величиною ФАО мають вищий генетичний потенціал. На початкових етапах органогенезу в середньоранніх гібридів з (ФАО 210–290) спостерігається інтенсивніший розвиток асиміляційної поверхні, що зумовлено їх морфологічними та біологічними особливостями, і вони формували врожайність зерна на рівні 10,2–11,8 т/га. Гібриди середньостиглої та середньопізньої груп стиглості характеризувалися швидшим наростанням асиміляційної поверхні при настанні фази 11–13 листків і в кінцевому результаті формували врожайність 12,4–14,4 т/га та 16,6 т/га (‘Ноемікс’).

Гібриди із зубовидним типом зернівки характеризуються швидшою вологовіддачею під час дозрівання.

Найдоцільнішим з економічного погляду є вирощування середньораннього гібрида ‘Максалия’ (ФАО 250) з індексом ефективності 0,6, тоді як за вирощування середньопізнього ‘Ноемікс’ (ФАО 420) він становив 0,49, що свідчить про значні додаткові витрати на післязбиральну доробку.

ФОРМУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КАРТОПЛІ ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ БІОСТИМУЛЯТОРІВ ТА БІОФУНГІЦИДІВ ЗА ОРГАНІЧНОЇ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ

Р. В. Невгод, аспірант, **Н. А. Захарчук**, кандидат біол. наук
Інститут картоплярства НААН, сел. Немішаєве

За сучасних умов екологічно збалансоване ведення господарства в агроценозах набуває дедалі більшого значення. Ключову увагу дослідники приділяють розробленню та впровадженню систем удобрення, що базуються на використанні біологічних засобів інтенсифікації. Відновлення потенційної родючості ґрунтів шляхом їх насичення органічною речовиною сидеральних культур (зелених добрив), застосування побічної продукції рослинництва (соломи, стебел та ін.), органічних добрив (гною, біогумусу, торфу, компостів) та використання біологічного азоту є основою вирощування екологічно чистої та високоякісної продукції. Біостимулятори в системах органічного землеробства також не є другорядним засобом. Вони часто інтегруються в програми живлення в органічних картопляних господарствах, щоб покращити ріст коренів, поглинання поживних речовин та допомогти культурі переносити стресові умови навколишнього середовища [1, 2].

За даними Дослідного Інституту органічного сільського господарства FiBL, традиційними лідерами у світі за площами під органічними культурами є Австралія (22,7 млн га), Аргентина (3,1 млн га), США (2,0 млн га). Загалом у ЄС понад 9 млн ферм, з яких приблизно 1 млн спеціалізується на вирощуванні картоплі. Серед тих, хто вирощує цей вид продукції, лише 25 тисяч ферм декларують вирощування органічним способом. Цей показник свідчить про те, що органічна картопля вирощується лише у 2,5 % господарств. Найбільше органічної картоплі вирощується в Австрії — 25,6 % [2, 3].

Під органічний напрям сільськогосподарського виробництва в Україні, за наявними статистичними даними, сертифіковано 421 тис. га угідь. За цим показником Україна посідає 20-те місце у світі. Основні площі вітчизняних органічних сільгоспугідь задіяні під вирощування зернових (пшениця, ячмінь, кукурудза) — 197 тис. га. Під олійні культури — соняшник і ріпак — відведено 67 тис. га. Площі під органічними овочами перевищують 8 тис. га, органічною картоплею — 1,2 тис. га (дев'ята позиція в рейтингу світових виробників) [5].

Реалізація науково обґрунтованих систем удобрення у виробничій практиці спрямована на підвищення ефективності органічного землеробства, збереження ґрунтової родючості та екологічну стабільність агроландшафтів.

Картопля не є легкою культурою для вирощування в системах органічного виробництва.

Серед факторів, що обмежують врожайність картоплі, вирощеної в системах органічного виробництва, найпоширенішими є дефіцит поживних речовин у ґрунті та обмеження на використання пестицидів. Тому метою наших досліджень було вивчення впливу сумісного застосування різних фонів удобрення, біостимуляторів та біофунгіцидів на формування листкового апарату, чистої продуктивності фотосинтезу та урожайності картоплі.

Дослідження провели у 2023–2025 рр. у рамках стаціонарного досліду, закладеного в чотирирічній сівозміні Інституту картоплярства НААН із таким чергуванням культур: 1) подвійний сидеральний пар (гірчиця біла); 2) картопля; 3) жито озиме; 4) овес.

Ґрунтово-кліматичні умови дослідної ділянки відповідають типовим характеристикам поліської зони України. Ґрунт — дерново-підзолистий супіщаний. Уміст гумусу в орному шарі становив 1,4 %, азоту легкогідролізованого — 98 мг/кг, рухомого фосфору — 72 мг/кг, обмінного калію — 100 мг/кг. Уміст кальцію і магнію становив відповідно 4,4 та 0,5 мг/100 г ґрунту; гідролітична кислотність — 1,97 мг-екв/100 г; pH 5,6.

Польові досліди закладено з середньораннім сортом картоплі 'Мирослава' у триразовому повторенні згідно з методичними рекомендаціями [6]. Облікова площа однієї ділянки — 45 м². Польовий трифакторний дослід було закладено методом розщеплених блоків. У схему досліду було включено такі варіанти: *фактор А* — Фон 1 (контроль 1) — подвійний сидерат гірчиці білої з наступною його заробкою; Фон 2 (контроль 2) — подвійний сидерат гірчиці білої + 40 т/га перегною ВРХ; *фактор В* — біопрепарати: 1 — Біогран, 2 — Біогран + StimPure AA Liquid, 3 — StimPure AA Liquid, 4 — Гуміфілд, 5 — VIT-ORG VG; *фактор С* — біофунгіциди Мікохелп і Фітохелп.

Будь-який технологічний захід вирощування картоплі має бути спрямований насамперед на покращення умов перебігу процесів фотосинтезу, від ефективності яких безпосередньо залежить рівень урожайності культури. Основними показниками інтенсивності фотосинтетичної діяльності є площа асиміляційної поверхні листків, вміст у них фотоактивних пігментів, передусім хлорофілу, а також фотосинтетичний потенціал рослин [7, 8].

Як свідчать результати наших досліджень, площа листкової поверхні змінювалась від факторів, які вивчали. Зокрема, на фоні 1 (подвійний сидерат гірчиці білої) у контрольному варіанті (без застосування біопрепаратів та біофунгіцидів) відзначено найменшу площу асиміляційної поверхні впродовж усього періоду вегетації, яка складала у період сходів 3,4 тис. м²/га та досягала максимального значення 27,6 тис. м²/га у фазі «зеленої ягоди». Застосування біологічних регуляторів росту та біофунгіцидів сприяло зростанню площі асиміляційної поверхні. Незалежно від біостимуляторів, вищі показники було відмічено за використання препарату Мікофелп. Загалом у фазі сходів площа листкової поверхні за застосування стимуляторів росту варіювала у фазі сходів у межах 3,6–4,5 тис. м²/га, бутонізації — 16,5–18,1 тис. м²/га, квітування — 27,1–29,6 тис. м²/га, «зеленої ягоди» — 29,1–33,3 тис. м²/га, початку відмирання картоплиння — 20,9–22,8 тис. м²/га. На фоні 1 найвищий показник площі листкової поверхні відзначено за використання біостимулятора VIT-ORG VG та біофунгіциду Мікохелп у фазі «зеленої ягоди», що становив 33,3 тис. м²/га. У разі застосування біофунгіциду Фітохелп площа листкової поверхні було дещо нижчою порівняно з препаратом Мікохелп, проте тенденція до її зростання за використання біостимуляторів росту незалежно від фази росту й розвитку зберігалась.

Вищими показниками площі фотосинтетичного апарату впродовж періоду вегетації характеризувались рослини сорту 'Мирослава', які вирощували на фоні 2 [подвійний сидерат (гірчиця біла) + перегній ВРХ 40 т/га]. У контрольному варіанті площа листкової поверхні зростала на 4,7–20,6 % залежно від фази росту й розвитку порівняно з аналогічним варіантом фону 1 і становила 4,1 тис. м²/га у фазі сходів, 17,2 – бутонізації, 27,3 – квітування, 28,9 – «зеленої ягоди» та 20,1 тис. м²/га у фазі початку відмирання картоплиння.

Слід зазначити, що інтенсивніше збільшення площі листкової поверхні відбувалось на початку вегетації у міжфазний період сходи — бутонізація на фоні внесення біофунгіциду Мікохелп і зростала за застосування біопрепаратів: Біогран — з 4,9 до 18,1 тис. м²/га; Біогран + StimPure AA Liquid – з 4,9 до 18,5; StimPure AA Liquid – 4,4 до 17,9; Гуміфілд – 4,7 до 18,2; VIT-ORG VG — з 5,0 до 19,8 тис. м²/га. Максимальних значень асиміляційна поверхня

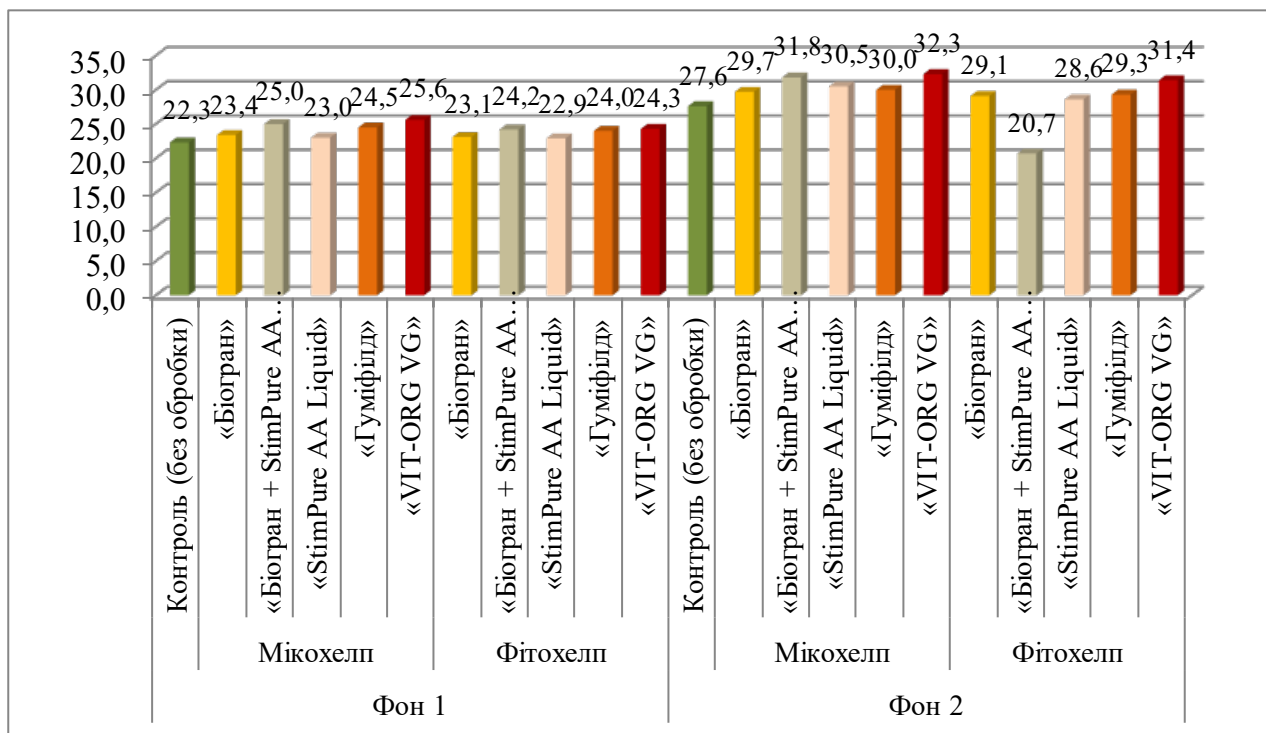
досягала у фазі «зеленої ягоди» за використання біопрепарату VIT-ORG VG у разі застосування як біофунгіциду Мікохелп – 34,6, так і Фітохелп – 32,4 тис. м²/га.

Не менш важливе значення у формуванні врожаю картоплі належить чистій продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) як показника роботи фотосинтетичного апарату не лише за біометричними показниками, а й за кількістю діб активного функціонування листкового апарату [9]. Цей показник рослин картоплі змінювався залежно від їх фази росту й розвитку та досліджуваних факторів. Зокрема, у середньому за вегетаційний період листкова поверхня у контрольному варіанті фону 1 синтезувала 6,5 г/м² за добу сухої речовини, застосування біостимуляторів сприяло збільшенню ЧПФ за використання Мікохелпу на 13,8–41,5 %, Фітохелпу — 10,8–37,0 %. Загалом на фоні 1 найвищий показник ЧПФ відзначено у варіанті з використанням біостимулятора VIT-ORG VG та біофунгіциду Мікохелп – 9,2 г/м²/добу.

На фоні 2 [подвійний сидерат (гірчиця біла) + перегній ВРХ 40 т/га] у контрольному варіанті відмічено показник ЧПФ 7,4 г/м². Найбільші темпи синтезу сухої речовини були характерними для варіанту із використанням біостимулятора VIT-ORG VG за внесення як Мікохелп, так і Фітохелп – 10,0 та 9,5 г/м² за добу відповідно.

Вищий рівень ЧПФ — від 9,7 до 12,8 на фоні 1 та від 10,8 до 13,8 г/м²/добу на фоні 2 — спостерігали у період «сходи — бутонізація», що є закономірним, враховуючи досить значний вплив материнської бульби. У період від бутонізації до масового квітування встановлено зниження чистої продуктивності фотосинтезу до меж 8,1–12,1 на фоні 1 та 9,3–12,9 г/м² за добу на фоні 2. Від квітування до «зеленої ягоди» утворення сухої речовини коливалось у межах від 7,4 до 11,2 г/м² за добу на фоні 1 та від 8,0 до 11,9 на фоні 2. У період від «зеленої ягоди» до початку відмирання картоплиння показники ЧПФ були найнижчими та варіювали на фоні подвійного сидерату гірчиці білої в межах 6,2–9,6 г/м²/добу, на фоні подвійний сидерат (гірчиця біла) + перегній ВРХ від 7,2 у контролі до 10,5 г/м²/добу у варіанті з використанням біостимулятора VIT-ORG VG та біофунгіциду Мікохелп.

Завершальним показником, який характеризує ефективність певної технології або окремого її елементу, є врожайність. За результатами досліджень (2023–2025 рр.) встановлено, що в середньому на фоні 1 (фактор А) урожайність становила 22,3 т/га та фоні 2 вона зростала на 5,3 т/га, що становило 27,6 т/га (рисунк).



НІР_{0,05}: А — 0,53; Б — 0,27; С — 0,37; АВС — 1,06

Рис. Урожайність картоплі 'Мирослава' залежно від фону живлення, біостимуляторів та біофунгіцидів, т/га (середнє за 2023–2025 рр.)

Біостимулятори (фактор В) та біофунгіциди (фактор С) позитивно впливали на врожайність картоплі: приріст становив від 0,7 до 3,3 т/га на фоні 1 та від 1,0 до 4,7 т/га на фоні 2. Найвищою врожайністю характеризувалися варіанти фону 2 за використання VIT-ORG VG та біофунгіциду Мікохелп — 32,3 т/га, Біогран + StimPure AA Liquid + біофунгіциду Мікохелп — 31,8 т/га, що перевищує контроль на 17 та 15,2 % відповідно.

Дисперсійний аналіз отриманих результатів показав, що на формування врожайності бульб картоплі в середньому за 2023–2025 рр. найбільший вплив мав фон удобрення (А), частка якого становила — 30,4 %, біофунгіциди (С) — 25,7 %, біостимулятори (В) — 16,3 %, взаємодія фону і біофунгіцидів (АС) — 10,4 %, біостимуляторів і біофунгіцидів (ВС) — 7,2 %, фону і біостимуляторів (АВ) — 6,9 %, сорту, строків садіння та регуляторів росту (АВС) — 3,1 %.

Література

1. Khomenko T., Tonkha O., Pikovska O., Achasov A. The influence of biological preparations on the microbiological activity of sod-podzolic soil for the cultivation of food potatoes. *Plant and Soil Science*. 2022. Vol. 13, Iss. 1. P. 60–66. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(1\).2022.60-66](https://doi.org/10.31548/agr.13(1).2022.60-66)
2. Кисіль В. І. Біологічне землеробство в Україні: проблеми і перспективи. Харків : Штрих, 2000. 162 с.
3. Statistical Yearbook 2023, World Food and Agriculture 2023 / Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, 2023.
4. Eurostat. Agricultural production crops. Potatoes and sugar beet. 2022. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/statics-explained/index.php?title>
5. Статистичний щорічник України за 2022 рік / за ред. І. Є. Вернера. Київ, 2023. 383 с. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/zb/11/year_22_u.pdf
6. Mishchenko Y., Kolisnyk O., Bahorka M. et al. Agro-Ecological, Marketing Assessment for Siderate in Potato Cultivation. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2024. Vol. 25, Iss. 12. P. 158–164. <https://doi.org/10.12912/27197050/193945>
7. Бондарчук А. А., Колтунов В. А., Олійник Т. М. та ін. Картоплярство: Методика дослідної справи / за ред. А. А. Бондарчука, В. А. Колтунова. Вінниця : ТВОРИ, 2019. 625 с.
8. Gelfand I., Snapp Z. S., Robertson G. F. Energy Efficiency of Conventional, Organic and Alternative Cropping Systems for Food and Fuel at a Site in the U.S.Midwest. *Environmental Science & Technology*. 2010. Vol. 44, No 10. P. 4006–4011. <https://doi.org/10.1021/es903385g>
9. Марценюк Я. Ю. Ефективність дії рістрегулюючих препаратів на процеси формування продуктивності картоплі в умовах Південного Полісся України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 136, ч. 2. С. 26–34. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.2.4>

Наукове видання

**БІОЕНЕРГЕТИЧНІ КУЛЬТУРИ ТА ЦУКРОВІ БУРЯКИ
В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН:
ВИКЛИКИ, РІШЕННЯ, ПЕРСПЕКТИВИ**

**МАТЕРІАЛИ
Всеукраїнської науково-практичної конференції**

(м. Київ, 29 жовтня 2025 р.)

Електронне видання

Матеріали друкуються в авторській редакції
з мінімальними технічними правками.
Автори несуть відповідальність за дотримання вимог академічної
добросовісності, зміст і достовірність представлених матеріалів.

Погоджено до опублікування 23.10.2025.
Формат: PDF.

Видавець

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
03110, м. Київ, вул. Клінічна, 25

Тел.: (044) 275-50-00; e-mail: sugarbeet@ukr.net

<https://bio.gov.ua>

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 5713 від 19.10.2017