

Світлана Василівна Пида,

доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувачка кафедри ботаніки та зоології
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,
Україна
orcid.org/0000-0002-7858-104X, e-mail: spyda@ukr.net

Олена Василівна Тригуба,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри біології, екології
та методик їх навчання
Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка, Україна
orcid.org/0000-0002-7264-7714), e-mail: boratun1@ukr.net

Оксана Богданівна Мацюк,

кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри ботаніки та зоології
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,
Україна
orcid.org/0000-0002-0117-1325, e-mail: macjuk@chem-bio.com.ua

Ольга Ігорівна Дух,

кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології, екології
та методик їх навчання
Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка, Україна
orcid.org/0000-0003-3650-9813, e-mail: olja_dykh@ukr.net

Вікторія Олегівна Козак,

аспірант кафедри ботаніки та зоології
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,
Україна
orcid.org/0009-0003-5762-4682, e-mail: shelest.1995@ukr.net

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ *LENS CULINARIS* MEDIKUS

Анотація. Мета дослідження – оцінити ефективність передпосівної обробки насіння *Lens culinaris* Medik. сорту Лінза регуляторами росту рослин Регоплант і Стимпо за параметрами росту рослин, формування симбіотичних систем на коренях і урожайності насіння. Польовий експеримент проводили на території агробіолабораторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка впродовж 2019–2022 років. Рослини вирощували за загальноприйнятою для Лісостепу України технологією. Насіння перед сівбою зволожували з розрахунку 2% від його маси водою (контроль) та регуляторами росту рослин Регоплант (25 мл/л) і Стимпо (2,5 мл/л). Розміщення варіантів одноярусне послідовне із 4-разовим повторенням і обліковою площею 4 м². Дані проходили описовий і кореляційний ($P \leq 0,05$) аналіз. Встановлено, що використання регуляторів росту стимулювало ростові процеси та підвищувало насінневу продуктивність рослин. Ефективнішим виявився регулятор росту Стимпо, на 19,6, 27,6 та 21,1% порівняно з контролем зросла висота пагона у фазах бутонізації, цвітіння та зеленого

бобу, на 47,3 і 50,5% – кількість і маса сирих бульбочок на коренях рослин у фазі цвітіння, на 5,9 і 18,2% – маса 1 000 насінин і урожайність насіння. Отже, регулятори росту рослин Регоплант і Стимпо в зазначених дозах можна ефективно використовувати в технології вирощування рослин сочевиці харчової в Західному Лісостепу України для підвищення її продуктивності.

Ключові слова: сочевиця харчова, регулятори росту рослин, ріст, симбіотична система, урожайність.

ВСТУП

Сочевиця харчова (*Lens culinaris* Medikus) – важлива харчова та кормова зернобобова культура, яка вирощується в усьому світі завдяки високим поживним властивостям насіння, що забезпечують здоровий спосіб життя [1–7]. У зерні сочевиці міститься 21–36% білків, 47–60 крохмалю, 2–4 клітковини, 2–4 золи, 0,6–2,1 олії. Енергетична цінність 100 г насіння становить 310 ккал [8–11].

У насінні сочевиці накопичується до 60% карбогідратів. Завдяки наявності в їхньому складі низки специфічних цукрів унормовується діяльність шлунково-кишкового тракту, гальмуються процеси гниття, що має велике значення для підтримки високого рівня здоров'я людини [12]. Феноли у вареній зеленій сочевиці (сорт Гренландія) володіють біодоступністю, антиоксидантною та протизапальною активністю [13]. Низка епідеміологічних даних підтверджує вплив споживання сочевиці на зниження ризику розвитку ракових захворювань людини та їх лікування [14–16]. Сочевиця не накопичує в надземній масі нітратів, нітритів, радіонуклідів та інших токсичних для здоров'я речовин. Продукти із сочевиці здатні знижувати вміст цукру у крові, є незамінними для хворих на цукровий діабет. Профілактичну дію мають проростки сочевиці, оскільки містять багато вітаміну С і значно підвищують імунітет організму [17].

Сочевиця також має велике агротехнологічне значення, оскільки впродовж вегетаційного періоду засвоює з повітря симбіоз із бульбочковими бактеріями приблизно 40–90 кг/га екологічно чистого біологічного азоту. Культура та її післяжнивні залишки є найкращим поживним матеріалом для корисної мікрофлори, завдяки цій властивості використовуються як сидерат. Ґрунт під зернобобовими культурами зберігає свою будову, менше ущільнюється та краще утримує вологу у верхніх шарах. Покращуючи ґрунтову родючість, сочевиця підвищує врожайність інших культур сівозміни [18].

У світі вирощують такі типи сочевиці: червону (75%), зелену (20%), чорну, жовту, коричневу (5%). За посівними площами сочевиця серед зернобобових культур посідає 5 місце. Позиції світових лідерів продовжують утримувати Канада й Індія. Для України культура не нова, активно вирощувалась у довоєнні та післявоєнні роки [19], нині площі її посівів зменшилися. У державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, на 2023 р. усі 9 сортів: *Linza* (2005 р.), *Maksymum* (2017 р.), *Antonina* (2017 р.), *Darynka* (2017 р.), *Blondi* (2018 р.), *Harri* (2018 р.), *Khryzolit* (2018 р.), *SNIM 18* (2018 р.), *Serpanok* (2020 р.), належать до зеленого типу. Сорти, занесені до реєстру у 2018–2019 рр., у виробництві практично відсутні [20].

Lens culinaris Medik. є унікальною культурою тому, що шляхом біологічної азотфіксації поліпшує родючість ґрунту, не поглинає з нього шкідливі токсичні речовини, у результаті є екологічно безпечним продуктом. Нині вважають, що популярність сочевиці обмежується браком технологій вирощування. Ефективним засобом підвищення продуктивності бобових культур, сочевиці зокрема, є використання

в технології вирощування екологічно безпечних препаратів і отримання органічної продукції, оскільки масштаби органічного сільського господарства з року в рік у світі зростають швидкими темпами.

Мета роботи – дослідити вплив передпосівної обробки насіння регуляторами росту рослин (далі – РРР) природного походження Регоплант і Стимпо на ростові процеси, формування симбіотичних систем на коренях і продуктивність рослин сочевиці харчової.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Польові досліді проводили на території агробіолабораторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (далі – ТНПУ) на важкосуглинковому чорноземі типовому з дуже високим вмістом обмінного калію, низьким вмістом легкогідролізованого азоту, сірки, кобальту та цинку, середньою забезпеченістю гумусом, фосфором, марганцем, близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину тощо (табл. 1).

Технологія вирощування сочевиці загальноприйнята для Лісостепу України (норма висіву – 1,8 млн насінин на 1 га, ширина міжрядь – 22 см, глибина сівби – 4–6 см, строк – друга декада квітня). Сочевицю висівали у 8-пільній польовій сівозміні після кукурудзи на зерно без використання добрив. Система догляду культури передбачала лише агротехнічні заходи, без використання хімічних засобів захисту.

Таблиця 1

Агрохімічні показники ґрунту агробіолабораторії ТНПУ

Агрохімічний показник	Результат аналізу	Забезпеченість
кислотність: обмінна <i>pH</i> сол.	5,6	бл. до нейтральної
гідролітична, мг-екв./100 г	2,16	бл. до нейтральної
сума ввібраних основ, мг-екв./100 г	19,0	підвищена
вміст в орному шарі гумусу, %	2,63	середня
легкогідролізований азот, мг/кг	102	низька
рухомий фосфор, мг/кг	71	середня
обмінний калій, мг/кг	189	дуже висока
S, мг/кг	2,60	дуже низька
B, мг/кг	0,69	висока
Mn, мг/кг	9,34	середня
Co, мг/кг	0,09	низька
Cu, мг/кг	0,25	підвищена
Zn, мг/кг	1,05	низька
Cd, мг/кг	0,06	не перевищує ГДК
Pb, мг/кг	1,01	не перевищує ГДК

Насіння перед сівбою зволожували водою з розрахунку 2% від його маси (контроль) і РРР Регоплант (25 мл/л) і Стимпо (2,5 мл/л), які виробляються в міжвідомчому науково-технологічному центрі (далі – МНТЦ) «Агробіотех» за ТУ У 24.2-31168762-006 – Регоплант і ТУ У 24.2-31168762-005 – Стимпо. В основу

препаратів покладено взаємодоповнюючу дію препаратів Радостим (у Регопланті) та Біолан (у Стимпо), які отримують із культури гриба-мікроміцета з кореневої системи женьшеню й аверсектина – продукту життєдіяльності бактерій *Streptomyces avermetilis*. Препарати містять збалансовану композицію біологічно активних речовин – аналогів фітогормонів (цитокінінів, ауксинів), амінокислот, жирних кислот, вуглеводів (глюкоза, рибоза, галактоза, олігосахариди), хітозану та мікроелементів, а також біозахисних сполук – аверсектинів [21].

Розміщення варіантів одноярусне послідовне із 4-разовим повторенням і загальною обліковою площею 4 м². Упродовж вегетації досліджували ростові процеси сочевиці середньостиглого сорту Лінза. Облік корневих бульбочок проводили методом рамкового виймання ґрунту (метод моноліту). Величину та структуру врожаю культури визначали у фазу повної стиглості методом пробних майданчиків [22]. Статистичну обробку даних здійснювали за допомогою комп'ютерної програми *Microsoft Excel*.

РЕЗУЛЬТАТИ

У фазу бутонізації висота стебла рослин за передпосівної обробки насіння РРР Регоплант і Стимпо зросла на 10,1 і 19,6% порівняно з контролем. Під час цвітіння та фази зеленого бобу виявлено аналогічну закономірність. Висота дослідних рослин порівняно з контрольними в зазначених вище фазах була на 16,7 і 27,6 та 10,8 і 21,1% більшою.

Таблиця 2

Висота стебла рослин сочевиці сорту Лінза за дії регуляторів росту рослин Регоплант і Стимпо, $M \pm m$, $n = 40$

Варіант	Фаза росту і розвитку		
	бутонізація	цвітіння	зелений біб
контроль	19,9 ± 1,3	24,5 ± 1,2	43,7 ± 2,2
Регоплант	21,9 ± 1,2	28,6 ± 1,6*	48,4 ± 2,1
Стимпо	23,8 ± 1,4*	31,3 ± 1,4*	52,9 ± 2,5*

Примітка: * – $p < 0,05$ різниця вірогідна порівняно з контролем.

Стимулювання бобово-ризобіальних відносин комплексом біологічно активних речовин (далі – БАР) відбувається не тільки під час сумісного застосування їх із бактеризацією, а й під час формування симбіозу на основі місцевих популяцій бульбочкових бактерій [23].

Установлено, що РРР Регоплант і Стимпо також впливали на формування симбіотичних систем на коренях сочевиці на тлі спонтанної інокуляції місцевими расами бульбочкових бактерій (табл. 3). РРР достовірно збільшували кількість і масу сирих бульбочок на коренях рослин на 27,5 і 29,6 (Регоплант) та 47,3 і 50,5% (Стимпо). Виявлено тенденцію до збільшення маси однієї бульбочки. Ефективнішим РРР за показниками формування симбіотичних систем на коренях сочевиці у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України виявився Стимпо.

БАР є чинниками, що впливають на формування та функціонування системи «ґрунт – мікроорганізми – рослина», їх доцільно враховувати під час розробки та впровадження нових підходів до керування продукційним процесом бобових культур [23]. Показано,

Таблиця 3

Бобово-ризобіальна система рослин сочевиці сорту Лінза за дії регуляторів росту рослин Регоплант і Стимпо у фазу цвітіння, $M \pm m$, $n = 40$

Показник	Контроль	Регоплант	Стимпо
кількість бульбочок, шт./рослину	9,1 ± 0,6	11,6 ± 0,4*	13,4 ± 0,5*
<i>відсоток до контролю</i>	100,0	127,5	147,3
маса сирих бульбочок, мг/рослину	155,8 ± 8,7	201,8 ± 9,4*	234,5 ± 9,3*
<i>відсоток до контролю</i>	100,0	129,6	150,5
маса 1 сиріої бульбочки, мг	17,1 ± 0,8	17,4 ± 0,5	17,5 ± 0,9
<i>відсоток до контролю</i>	100,0	101,8	102,3

Примітка: * – $p < 0,05$ різниця вірогідна порівняно з контролем.

що РРР Стимпо за вирощування сочевиці у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України істотно збільшив урожайність насіння культури (на 18,2%). Виявлено стимулювальний вплив на насіннєву продуктивність сочевиці і РРР Регоплант (табл. 4). Біологічно активні речовини сприяли також формуванню крупнішого насіння порівняно з контролем на 3,4 (Регоплант) і 5,9% (Стимпо).

Отже, за вирощування сочевиці харчової сорту Лінза у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України за передпосівної обробки насіння РРР Регоплант і Стимпо виявлено стимулювальний вплив зазначених препаратів на ростові процеси стебла, формування симбіотичних систем на коренях рослин і насіннєву продуктивність перспективної бобової культури.

Таблиця 4

Урожайність сочевиці сорту Лінза за дії регуляторів росту рослин Регоплант і Стимпо, $M \pm m$, $n = 40$

Варіант	Урожайність		Маса 1 000 насінин, г
	т/га	%	
контроль	1,32	100,0	59,1 ± 0,8
Регоплант	1,44	109,1	61,1 ± 0,6
Стимпо	1,56	118,2	62,6 ± 0,7*
$HIP_{0,05}$	0,14		

Нині активно досліджуються біологічні процеси в рослинах сочевиці за дії мікробних препаратів і регуляторів росту рослин природного походження. Найбільшу висоту стебла сочевиці виявлено у фазу утворення бобів за передпосівної обробки насіння сумішшю мікробіологічного препарату з РРР та позакореневого внесення в посівах РРР. Висота рослин зазначеного варіанту перевищила контроль на 19%, цей комплекс позитивно вплинув і на формування симбіотичного апарату й урожайність [24–26]. Показано, що в кінці онтогенезу рослини сочевиці мали найвищі показники висоти за густоти 3,0 млн/га: за природного водозабезпечення – 36,3, зрошення – 43,3 см [18]. За нашими даними, висота рослин у контрольному варіанті була 43,7 см.

Наші дослідження підтвердили, що рослини у фазі зеленого бобу були на 10,8 та 21,1% вищими порівняно з контролем за передпосівної обробки насіння РРР Регоплант і Стимпо. Застосування РРР стимулює ростові процеси сочевиці, що вказує на підвищення рівня метаболізму в рослинах під впливом компонентів РРР.

БАР PPP сприяли формуванню симбіотичних систем на коренях сочевиці на тлі спонтанної інокуляції місцевими расами бульбочкових бактерій, що поліпшило азотне живлення рослин, вплинуло на активність апікальних меристем і насінневу продуктивність рослин.

За даними В.І. Січкара, виявлено помітне збільшення середньої врожайності насіння сочевиці з 8,7 ц/га у 2000 р. до 10,4–11,7 ц/га у 2014–2018 рр. [17]. За нашими даними, за передпосівної обробки насіння PPP Регоплант і Стимпо насіннева продуктивність сочевиці в умовах Західного Лісостепу України становила 14,4 і 15,6 ц/га. Варто зауважити, що на продуктивність рослин впливає цілий комплекс умов: вирощування сорту, який добре пристосований до місцевості, кліматичні умови та технологія вирощування.

ВИСНОВКИ

Встановлено збільшення висоти рослин за передпосівної обробки насіння *Lens culinaris* Medik. сорту Лінза PPP Регоплант і Стимпо впродовж вегетації рослин до максимального піку у фазі зеленого бобу. Показано, що симбіотична система на коренях рослин сочевиці у фазі цвітіння за впливу PPP на тлі спонтанної інокуляції місцевими популяціями бульбочкових бактерій була потужнішою. Відзначено зростання зернової продуктивності за передпосівної обробки насіння PPP Регоплант на 9,1%, PPP Стимпо – 18,2% відносно до контролю. Одержані дані вказують на доцільність і перспективність використання PPP з біозахисними функціями для оптимізації симбіотичної азотфіксації та продуктивності сочевиці харчової, як додаткових елементів технології вирощування культури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Anjali Yadav, Arvind M. Kayastha. *Lens culinaris* β -galactosidase (Lsbgal): Insights into its purification, biochemical characterization and trisaccharides synthesis. *Bioorganic Chemistry*. 2020. № 95. P. 103. DOI: 10.1016/j.bioorg.2019.103543.
2. Mircea Oroian. The temperature hydration kinetics of *Lens culinaris*. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2017. № 16 (3). P. 250–256. DOI: 10.1016/j.jssas.2015.08.004.
3. Isolation of antioxidant phytoconstituents from the seeds of *Lens culinaris* Medik. / Mohammad Jameel et al. *Food Chemistry*. 2015. № 175. P. 358–365. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.11.130.
4. Can lentil (*Lens culinaris* Medikus) reduce the risk of obesity / Niroshan Siva et al. *Journal of functional foods*. 2017. № 38. P. 706–715. DOI: 10.1016/j.jff.2017.02.017.
5. Effect of herbicide stress on synchronization of carbon and nitrogen metabolism in lentil (*Lens culinaris* Medik.) / Shivani Satvir Kaur Grewal et al. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2023. № 196. P. 402–414. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106438>.
6. Comparative effects of caffeine and lead nitrate on the bio-physiological and yield associated traits of lentil (*Lens culinaris* Medik.) / Janib Yousuf et al. *Heliyon*. 2023. № 9 (6). P. 16351. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16351>.
7. Nutritional, chemical and antioxidant evaluation of Armuña lentil (*Lens culinaris* spp): Influence of season and soil / Ângela Liberal et al. *Food Chemistry*. 2023. № 411. P. 13549. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135491>.

8. Kripi Vohraa, Vivek Kumar Gupta. Pharmacognostic evaluation of *Lens culinaris* Medikus seeds. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2012. № 2. P. 1221–1226. DOI: 10.1016/S2221-1691(12)60389-X.
9. Лавренко С.О., Максимов М.В. Фотосинтетичний потенціал посівів сочевиці залежно від технологічних прийомів вирощування. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2016. № 89. С. 185–191.
10. Sarker A., Singh M. Improving breeding efficiency through application of appropriate experimental designs and analysis models: A case of lentil (*Lens culinaris* Medikus subsp. *culinaris*) yield trials. *Field Crops Research*. 2015. № 179. P. 26–34. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.04.007.
11. Use of iso-osmotic solution to understand salt stress responses in lentil (*Lens culinaris* Medik.) / M.S. Hossain et al. *South African Journal of Botany*. 2017. № 113. P. 346–354. DOI: 10.1016/j.sajb.2017.09.007.
12. The roles and potential of lentil prebiotic carbohydrates in human and plant health / Nathan Johnson et al. *Plants, People, Planet*. 2020. № 2. P. 310–319. DOI: 10.1002/ppp3.10103.
13. Reprint of “Bioaccessibility, in vitro antioxidant and anti-inflammatory activities of phenolics in cooked green lentil (*Lens culinaris*)” / Bing Zhang et al. *Journal of Functional Foods*. 2017. № 38. P. 698–705. DOI: 10.1016/j.jff.2017.03.040.
14. Chemopreventive effect of raw and cooked lentils (*Lens culinaris* L.) and soybeans (*Glycine max*) against azoxymethane-induced aberrant crypt foci / Mo’ez Al-Islam E. et al. *Nutrition Research*. 2009. № 29 (5) P. 355–362. DOI: 10.1016/j.nutres.2009.05.005.
15. Mo’ez Al-Islam E. Faris, Mohammad G. Mohammad, Sameh Soliman Lentils (*Lens culinaris* L.) a candidate chemopreventive and antitumor functional food. *Functional Foods in Cancer Prevention and Therapy*. 2020. № 6. P. 99–120. DOI: 10.1016/B978-0-12-816151-7.00006-5.
16. The clinical utility of *Lens culinaris* agglutinin-reactive thyroglobulin ratio in serum for distinguishing benign from malignant conditions of the thyroid / K. Shimizu et al. *Clinica Chimica Acta*. 2007. № 379 (1–2). P. 101–104. DOI: 10.1016/j.cca.2006.12.017.
17. Сочевиця у світі та Україні: сучасний стан і перспективи / В. Січкара та ін. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. 2020. № 16. С. 178–193. DOI: 10.37555/2707-3114.16.2020.219830.
18. Максимов М.В. Удосконалення технології вирощування сочевиці за різних умов зволоження : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.02. Херсон, 2016. 206 с.
19. Сочевиця – джерело рослинного білка / В.Д. Орехівський та ін. *Зернові продукти і комбікорми*. 2017. Т. 17. № 4. С. 22–29.
20. A feature collection of lentil (*Lens culinaris* Medik.) by nutritious value of seeds / N.A. Vus et al. *Plant Breeding and Seed Production*. 2020. № 117. P. 25–36. DOI: 10.30835/2413-7510.2020.206962.
21. Регулятори росту рослин. Рекомендації по застосуванню / Л.А. Анішин та ін. Київ : МНТЦ «Агробіотех», 2011. 54 с.
22. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунту / З.М. Грицаєнко та ін. Київ : ЗАТ «Нічлава», 2003. 320 с.
23. New plant growth regulators: basic research and technologies of application : monograph / Ed. S.P. Ponomarenko, H.O. Iutynska. Kyiv : Nichlava, 2010. 211 p.
24. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів / В.П. Карпенко та ін. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. № 2. С. 39–44. DOI: 10.31395/2310-0478-2018-21-39-43.
25. Вміст пігментів у листках сочевиці за дії біологічних препаратів / В.П. Карпенко та ін. *Наукові горизонти*. 2019. № 7. С. 41–47. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-41-47.
26. Новікова Т.П. Фотосинтетична продуктивність рослин сочевиці за дії біологічних препаратів. *Наукові горизонти*. 2019. № 10 (83). С. 28–34. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-83-10-28-34.

REFERENCES

1. Anjali Yadav, Arvind M. Kayastha (2020). Lens culinaris β -galactosidase (Lsbgal): Insights into its purification, biochemical characterization and trisaccharides synthesis. *Bioorganic Chemistry*, 95, 103. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.103543>.
2. Mircea Oroian (2017). The temperature hydration kinetics of Lens culinaris. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16 (3), 250–256. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.08.004>.
3. Mohammad Jameel, Abuzer Ali, Mohammed Ali (2015). Isolation of antioxidant phytoconstituents from the seeds of Lens culinaris Medik. *Food Chemistry*, 175, 358–365. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.130>.
4. Nirosan Siva, Dil Thavarajah, Casey R. Johnson, Susan Duckett (2017). Can lentil (*Lens culinaris Medikus*) reduce the risk of obesity. *Journal of functional foods*, 38, 706–715. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.02.017>.
5. Shivani Satvir Kaur Grewal, Ranjit Kaur Gill, Harpreet Kaur Virk, Rachana D. Bhardwaj (2023). Effect of herbicide stress on synchronization of carbon and nitrogen metabolism in lentil (*Lens culinaris Medik.*). *Plant Physiology and Biochemistry*, 196, 402–414. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106438>.
6. Janib Yousuf, Aamir Raina, Shiekh Rasik, Zubair Altaf Reshi, Durre Shahwar (2023). Comparative effects of caffeine and lead nitrate on the bio-physiological and yield associated traits of lentil (*Lens culinaris Medik.*). *Heliyon*, 9 (6), e16351. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16351>.
7. Ângela Liberal, Daiana Almeida, Ângela Fernandes, Carla Pereira, Isabel C.F.R. Ferreira, Ana Maria Vivar-Quintana, Lillian Barros (2023). Nutritional, chemical and antioxidant evaluation of Armuña lentil (*Lens culinaris spp.*). *Influence of season and soil. Food Chemistry*, 411, 15, 13549. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135491>.
8. Kripi Vohraa, Vivek Kumar Gupta (2012). Pharmacognostic evaluation of Lens culinaris Medikus seeds. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2, 1221–1226. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60389-X](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60389-X).
9. Lavrenko S.O., Maksymov M.V. (2016). Fotosyntetychnyi potentsial posiviv sochevytsi zalezno vid tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia [Photosynthetic potential of lentil crops depending on technological methods of cultivation]. *Zbirnyk naukovykh prats UNUS*. 89: 185–191 [in Ukrainian].
10. Sarker A., Singh M. (2015). Improving breeding efficiency through application of appropriate experimental designs and analysis models: A case of lentil (*Lens culinaris Medikus* subsp. *culinaris*) yield trials. *Field Crops Research*, 179, 26–34. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.04.007>.
11. Hossain M.S., Alam M.U., Rahman A., Mirza Hasanuzzaman, K. Nahar, J. Al Mahmud, M. Fujita (2017). Use of iso-osmotic solution to understand salt stress responses in lentil (*Lens culinaris Medik.*). *South African Journal of Botany*, 113, 346–354. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.09.007>.
12. Nathan Johnson, Casey R. Johnson, Pushparajah Thavarajah, Shiv Kumar (2020). The roles and potential of lentil prebiotic carbohydrates in human and plant health. *Plants, People, Planet*, 2, 310–319. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10103>.
13. Bing Zhang, Zeyuan Deng, Yao Tang, Peter X Chen (2017). Reprint of “Bioaccessibility, in vitro antioxidant and anti-inflammatory activities of phenolics in cooked green lentil (*Lens culinaris*)”. *Journal of Functional Foods*, 38, 698–705. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.03.040>.
14. Mo'ez Al-Islam E., Hamed R. Takruri, Maha S. Shomaf, Yasser Bustanji Chemopreventive effect of raw and cooked lentils (*Lens culinaris* L) and soybeans (*Glycine max*) against azoxymethane-induced aberrant crypt foci (2009). *Nutrition Research*, 29 (5), 355–362. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2009.05.005>.

15. Mo'ez Al-Islam E. Faris, Mohammad G. Mohammad, Sameh Soliman (2020). Lentils (*Lens culinaris* L.): A candidate chemopreventive and antitumor functional food. *Functional Foods in Cancer Prevention and Therapy*, 6, 99–120. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816151-7.00006-5>.
16. Shimizu K., Nakamura K., Kobatake S., Satomura S., Maruyama M. Kameko F., Tajiri J., Kato R. (2007). The clinical utility of *Lens culinaris* agglutinin-reactive thyroglobulin ratio in serum for distinguishing benign from malignant conditions of the thyroid. *Clinica Chimica Acta*, 379 (1–2), 101–104. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2006.12.017> [in English].
17. Sichkar V.I., Kryvenko A.I., Solomonov R.V. (2020). Sochevytsia u sviti ta Ukraini: suchasnyi stan i perspektyvy [Lentils in the world and Ukraine: current state and prospects]. *Journal of Native and Alien Plant Studies*, 16, 178–193. <https://doi: 10.37555/2707-3114.16.2020.219830> [in Ukrainian].
18. Maksymov M.V. (2016). Udoskonalennia tekhnolohii vyroshchuvannia sochevytsi za riznykh umov zvolozhennia [Improvement of the technology of growing lentils under different moisture conditions] : dys. ... kand. s.-h. nauk : spets. 06.01.02 / Derzhavnyi vyshchyi navchalnyi zaklad Khersonskiy derzhavnyi ahraryni universytet. Kherson, 2016, 206 [in Ukrainian].
19. Orekhivskiy V.D., Sichkar V.I., Ovsianynkova L.K., Solomonov R.V. (2017). Sochevytsia – dzherelo roslynnoho bilka [Lentils are a source of vegetable protein]. *Zernovi produkty i kombikormy*, 17 (4), 22–29 [in Ukrainian].
20. Vus N.A., Bezuglaya O.N., Kobyzeva L.N. Bozhko, T.N., Vasilenko, A.A., Shelyakina, T.A. (2020). A feature collection of lentil (*Lens culinaris* Medik.) by nutritious value of seeds. *Plant Breeding and Seed Production*, 117, 25–36. <https://doi: 10.30835/2413-7510.2020.206962> [in English].
21. Anishyn L.A., Ponomarenko S.P., Hrytsaienko Z.M. (2011). Rehulatory rostu roslyn. Rekomendatsii po zastosuvanniu [Plant growth regulators. Recommendations for use]. K. : MNNTs, Ahrobiotekh. 54 [in Ukrainian].
22. Hrytsaienko Z.M., Hrytsaienko A.O., Karpenko V.P. (2003). Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i gruntu [Methods of biological and agrochemical research of plants and soil]. K. : ZAT Nichlava. 320 [in Ukrainian].
23. Ponomarenko S.P., Iutynska H.O. (2010). New plant growth regulators: basic research and technologies of application. Monograph. K.: Nichlava. 211 [in English].
24. Karpenko V.P., Novikova T.P., Prytuliak R.M. (2018). Formuvannia symbiotychnoho aparatu sochevytsi za dii biolohichnykh preparativ [Formation of the symbiotic apparatus of lentils under the action of biological preparations]. *Visnyk UNUS*. 2: 39–44. <https://doi:10.31395/2310-0478-2018-21-39-43> [in Ukrainian].
25. Karpenko V.P., Novikova T.P., Prytuliak R.M., Hnatiuk M.H. (2019). Vmist pihmentiv u lystkakh sochevytsi za dii biolohichnykh preparativ [The content of pigments in lentil leaves under the influence of biological preparations]. *Scientific Horizons*, 7 (80), 41–47. <https://doi: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-41-47> [in Ukrainian].
26. Novikova T.P. (2019). Fotosyntetychna produktyvnist posiviv sochevytsi za dii biolohichnykh preparativ [Photosynthetic productivity of lentil plants under the influence of biological preparations]. *Scientific Horizons*. 10 (83), 28–34. <https://doi: 10.33249/2663-2144-2019-83-10-28-34> [in Ukrainian].

ABSTRACT

EFFICIENCY OF USING BIOPREPARATIONS IN GROWING LENS CULINARIS MEDIKUS

The purpose of the study was to evaluate the effectiveness of presowing treatment of *Lens Culinaris* Medikus seeds of the Linza variety with plant growth regulators, Regoplant and Stympo, based on plant growth parameters, formation of symbiotic systems on the roots, and seed yield. A field experiment was conducted on the territory of the agrobiolaboratory of Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University from 2019 to 2022. Plants were grown using a common technology for the Forest-Steppe region of Ukraine. The seeds were moistened with water at a rate of 2% of their mass before sowing (control) and with plant growth regulators Regoplant (25 ml/l) and Stympo (2,5 ml/l). The variants were arranged in a single-row sequence with four replications and an accounting area of 4 m². Data underwent descriptive and correlation ($P \leq 0,05$) analysis. It was established that the use of plant growth regulators stimulated growth processes and increased the seed productivity of plants. The plant growth regulator Stympo was more effective, increasing the height of shoots during the budding, flowering, and green pod phases by 19,6, 27,6, and 21,1% compared to the control. Additionally, it increased the quantity and weight of fresh nodules on the roots of plants by 47,3 and 50,5% during the flowering phase, and by 5,9 and 18,2% in terms of the weight of 1 000 seeds and seed yield. Therefore, plant growth regulators Regoplant and Stympo at the specified doses can be effectively used in the technology of growing food lentils in the Western Forest-Steppe of Ukraine to increase its productivity.

Key words: food lentil, plant growth regulators, growth, symbiotic system, yield.