

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ЧЕРНІК ІГОР ВАЛЕРІЙОВИЧ

УДК : 581.13:631.559: 635.657]631.461.5

ДИСЕРТАЦІЯ
«ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОДУКТИВНОСТІ НУТУ
ЗВИЧАЙНОГО (*CICER ARIETINUM* L.) ЗА ВПЛИВУ МІКРОБНИХ
ПРЕПАРАТІВ»

091 – Біологія

09 – Біологія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____І.В. Чернік

Науковий керівник (консультант): доктор сільськогосподарських наук,
професор **Пида Світлана Василівна**

Тернопіль-2025

АНОТАЦІЯ

Чернік І. В. «Фізіологічні основи продуктивності нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) за впливу мікробних препаратів» – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії 091 «Біологія» (09 – Біологія). Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка – Тернопіль, 2025.

Розробка фізіологічних основ підвищення продуктивності бобових культур з високою якістю зерна є одним із пріоритетних завдань сучасної біології та сільськогосподарської практики. Вагомим чинником, який регулює фізіологічні процеси, а відтак впливає на продуктивність рослин є використання у технології вирощування мікробних препаратів. У результаті фіксації молекулярного азоту симбіотичними системами, утвореними активними інтродукованими штамми бульбочкових бактерій мікробних препаратів поліпшується азотне живлення рослин і збагачується ґрунт біологічним азотом. Застосування мікробних препаратів на основі бульбочкових бактерій для обробки насіння перед сівбою сприяє вирощуванню екологічно безпечної рослинної продукції, зниженню антропогенного навантаження на агроєкосистеми та зменшенню забруднення природного навколишнього середовища.

Відомо, що для отримання високих параметрів урожайності культурних рослин необхідно оптимально поєднати процеси мінерального живлення, фотосинтезу, росту і розвитку.

Упродовж останнього часу у Західному Лісостепу спостерігається зміна кліматичних умов в сторону підвищення температури, зменшення кількості опадів та збільшення тривалості посушливих періодів упродовж вегетації рослин. Зазначене ставить серйозні виклики перед вченими та аграріями, оскільки необхідно використовувати нові підходи в удосконаленні технологій вирощування та пошуку нових нетрадиційних для регіону посухостійких культур, які зможуть витримати стрес, пов'язаний з абіотичними факторами.

Однією із перспективних посухостійких культур в умовах Західного Лісостепу України може стати нут звичайний (*Cicer arietinum* L.), який є малопоширеним у регіоні, але вирощується приблизно на 12 млн гектарів у 57 країнах світу і за виробництвом продукції займає 4 місце. За біологічними особливостями та господарськими ознаками, в умовах аридизації клімату зможе забезпечити стає виробництво харчового і кормового білків, широко використовується у медицині, має агротехнічне значення, у симбіозі з *Mesorhizobium ciceri* у середньому засвоює 80 – 150 кг/га азоту та сприятиме екологізації землеробства.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню ефективності застосування мікробних препаратів за параметрами фізіологічних процесів, що сприяють формуванню продуктивності нуту звичайного в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України. Показано, що обробка насіння перед сівбою бактеріальною суспензією *Mesorhizobium ciceri* штаму ND-64 (БС) і комплексним мікробним препаратом Ризогумін суттєво впливає на формування та функціонування симбіотичних систем нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина, показники ростових процесів рослин та водообміну листків, динаміку вмісту у них фотосинтетичних пігментів, а відтак підвищує насінневу продуктивність та поліпшує якість зерна культури.

Встановлено, що за впливу БС та Ризогуміну на фоні місцевих популяцій *M. ciceri* підвищувалися нодуляційні процеси, на коренях *C. arietinum* сортів Буджак, Пам'ять, Скарб і Ярина порівнюючи з спонтанно інокульованими рослинами (контроль) у фазах бутонізації, цвітіння та формування бобів утворилося в середньому на 25,8-65,8 %, 9,8-92,2 % та 16,7-72,2 % більше бульбочок з вищою на 13,9-39,8 %, 19,0-67,5 % та 16,3-105,0 % сухою масою, які характеризувалися високою азотфіксувальною активністю (АФА). У фазі масового цвітіння рослин бульбочки характеризувалися найвищою нітрогеназною активністю упродовж онтогенезу. За величиною АФА симбіотичних систем у зазначеній фазі сорти *C. arietinum* можна розмістити у такій послідовності : Буджак > Пам'ять > Ярина > Скарб (контроль) та Буджак

> Пам'ять > Скарб > Ярина (варіанти БС та Ризогумін). Мікробні препарати сповільнювали старіння бульбочок. У процесі дослідження підтверджено наявність сортової специфічності нуту звичайного до конкретних штамів *M. ciceri* мікробних препаратів.

У зв'язку з поліпшенням азотного живлення сортів нуту звичайного в результаті активної фіксації інтродукованими штамми *M. ciceri* мікробних препаратів молекулярного азоту підвищувалась інтенсивність ростових процесів шляхом збільшення висоти стебла, кількості пагонів у кущі, облиствлення рослин та маси надземних органів. За висотою стебла досліджувані сорти у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу були вищими порівнюючи з аналогічними показниками установи-оригінатора. Під час формування бобів за обробки насіння перед сівбою БС та Ризогуміном параметри сирої маси надземних органів нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб, Ярина зросли на 14,6 та 17,1 %, 9,6 та 14,6 %, 13,6 та 20,7 %, 10,6 та 19,2 %.

Поліпшене азотне живлення сортів нуту звичайного дослідних варіантів за рахунок біологічного азоту суттєво впливало на формування фотосинтетичних систем у листках. Виявлено, що накопичення пластидних пігментів у мезофілі листків залежало також від фази онтогенезу та сортових особливостей *C. arietinum*. Максимальне накопичення хлорофілів у листках нуту звичайного сортів Буджак та Ярина виявлено у фазах 5-7 листків та зеленого бобу, сортів Скарб – зеленого бобу, Пам'ять – у фазі 5-7 листків та цвітіння. Найбільшу кількість основних каротиноїдів виявлено у листках нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять та Ярина у фазі цвітіння, Скарб – бутонізації, хоч упродовж фаз 5-7 листків, цвітіння та зеленого бобу листки зазначеного сорту накопичували приблизно однакову їх кількість.

Комплексний мікробіологічний препарат Ризогумін виявився ефективнішим за показниками вмісту зелених пігментів у листках нуту звичайного сорту Буджак, БС – сортів Пам'ять, Скарб та Ярина. Мікробні препарати більш істотно впливали на процеси біосинтезу хлорофілу а

порівнюючи з хлорофілом b , але в основному, суттєво не впливали на накопичення основних каротиноїдів у листках нуту звичайного. Параметри співвідношення пластидних пігментів листків нуту звичайного залежать від умісту хлорофілу a , b та основних каротиноїдів у їх мезофілі. Показник співвідношення суми хлорофілів $(a+b)$ до каротиноїдів описує ступінь адаптації рослин до умов навколишнього середовища, характеризує їх реакцію на вплив екстремальних факторів. Визначено незначне його підвищення у рослин нуту звичайного дослідних варіантів у деяких фазах онтогенезу.

Забезпечення рослини водою і здатність регулювати свій водообмін за мінливих кліматичних умов упродовж вегетаційного періоду суттєво впливає на формування насінневої продуктивності. Виявлено, що на показники загального умісту води у листках нуту звичайного впливають сортові особливості рослин, кліматичні умови Західного Лісостепу упродовж вегетаційного періоду, фаза онтогенезу. За обробки насіння перед сівбою мікробними препаратами спостерігається тенденція до вищого обводнення тканин листків. У генеративних фазах розвитку інокуляція насіння БС суттєвіше впливала на обводнення листків нуту звичайного сортів Пам'ять, Ярина, Буджак та Скарб.

Під час цвітіння-початок формування бобів та у фазі зеленого бобу мікробні препарати суттєво знижували показники водного дефіциту листків нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина. Під час цвітіння-початок формування бобів дефіцит води у листках сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина був нижчим, порівнюючи з показниками листків рослин контрольного варіанту на 24,7 %, 19,0 %, 12,4 % та 29,8 % (БС) і 36,6 %, 25,0 %, 6,4 % та 27,5 % (Ризогумін), у фазі зеленого бобу – 22,2 %, 37,5 %, 4,5 % та 23,7 % (БС) і 29,8 %, 32,3 %, 25,3 % та 26,9 % (Ризогумін). За інокуляції насіння нуту звичайного сорту Ярина БС водний дефіцит листків нижчий порівнюючи з обробкою насіння перед сівбою Ризогуміном. У сорту Буджак навпаки, Ризогумін ефективніше впливав на показники водного дефіциту листків упродовж вегетаційного періоду порівнюючи з БС. Листки нуту звичайного

сорту Пам'ять у фазах цвітіння-початок формування бобів та зеленого бобу характеризувалися вищими статистично вірогідними показниками загального вмісту води. За впливу БС водоутримувальна здатність листків була суттєво більшою порівнюючи з контролем на 30,5 %, 19,2 % та 14,4 % відповідно через 2, 4 та 24 год. Обробка насіння перед сівбою Ризогуміном також сприяла меншим водовтратам листків упродовж періоду в'янення на 12,7 %, 2,1 % та 5,8 % відповідно. За впливу БС та Ризогуміну знижується водний дефіцит листків досліджуваних сортів нуту звичайного та підвищується їх водоутримувальна здатність упродовж онтогенезу рослини, а відтак стійкість до посухи.

Насіннєва продуктивність, структура урожаю та якісні показники зерна культури є важливими параметрами оцінки ефективності елементів технології вирощування. Показник кількості бобів на рослині суттєво впливає на насіннєву продуктивність нуту звичайного. Упродовж досліджуваного періоду рослини нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина формували 20,9-27,0, 17,9-22,6, 17,1-19,9 та 17,6-23,0 боби на рослинах. Обробка насіння сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина перед сівбою Ризогуміном і БС підвищувала чисельність бобів на рослинах у середньому на 29,2 % і 12,0 %, 26,3 % і 20,7 %, 10,5 % і 16,4 % та 13,6 % і 30,7 % порівнюючи з рослинами контрольного варіанту.

Упродовж періодів вегетації нутово-ризобіальні системи сортів Буджак і Скарб характеризувалися більшою кількістю і масою бульбочок, вищою азотфіксувальною активністю за впливу Ризогуміну, Пам'ять та Ярина – БС, що поліпшувало азотне живлення рослин і відповідно впливало на формування рослинами генеративних органів. За впливу мікробних препаратів листки нуту звичайного характеризувалися вищою кількістю хлорофілів, що опосередковано поліпшувало вуглецеве живлення рослин, меншим водним дефіцитом та більшою водоутримувальною здатністю колоїдів цитоплазми і впливало на формування елементів структури урожаю та насіннєву продуктивність культури.

Обробка насіння нуту звичайного мікробними препаратами перед сівбою впливає на його крупність. У середньому за три роки досліджень передпосівна інокуляція насіння БС і Ризогуміном підвищувала показник маси 1000 насінин на 3,4 % і 8,4 % (сорт Буджак), 7,8 % і 7,0 % (Скарб), 9,8 % і 8,5 % (Пам'ять) та 10,4 % і 8,3 % (Ярина).

Використання у технології вирощування культури БС і Ризогуміну у середньому за три роки дослідження підвищило насіннєву продуктивність нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина за на 4,5 і 5,6 ц/га, 5,2 і 4,3 ц/га, 4,7 і 3,8 та 5,9 і 5,4 ц/га, частку сирого протеїну у зерні на 2,3 – 8,2 % та 1,9 – 6,6 %, олії на 2,4 – 8,3 % та 3,8 – 11,7 %, золи на 4,5 – 22,2 % та 7,7 – 21,6 %.

Результати досліджень проведених у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу показують, що використання *Mesorhizobium ciceri* штаму ND-64 і комплексного мікробного препарату Ризогумін є ефективними елементами технології вирощування нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина на фоні спонтанної інокуляції місцевими популяціями *Mesorhizobium ciceri*, оскільки поліпшують азотне живлення культури шляхом біологічної фіксації азоту інтродукованими штамми мікробних препаратів, регулюють інтенсивність фізіологічних процесів та сприяють формуванню вищого врожаю зерна і накопиченню в ньому сирого протеїну, олії та золи.

Ключові слова: нут звичайний, мікробіологічні препарати, симбіоз, симбіотична система, нодуляційна активність, азотфіксація, бульбочкоутворення, бульбочкові бактерії, азотфіксувальна активність, фізіологічні показники, параметри росту, фотосинтетичні пігменти, хлорофіл, водний баланс, стійкість до посухи, продуктивність, якість зерна.

ABSTRACT

Chernik I. V. “Physiological bases of productivity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under the influence of microbial preparations”. – Qualification scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy 091 “Biology” (09 – Biology). Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University – Ternopil, 2025.

The development of physiological bases for increasing the productivity of legumes with high grain quality is one of the priority tasks of modern biology and agricultural practice. An important factor that regulates physiological processes and thus affects plant productivity is the use of microbial preparations in the cultivation technology. As a result of molecular nitrogen fixation by symbiotic systems formed by active introduced strains of nodule bacteria in microbial preparations, nitrogen nutrition of plants improves and soil is enriched with biological nitrogen. The use of microbial preparations based on nodule bacteria for seed treatment before sowing contributes to the cultivation of environmentally friendly plant products, reducing the anthropogenic burden on agroecosystems and reducing environmental pollution.

It is known that in order to obtain high yield parameters of cultivated plants, it is necessary to optimally combine the processes of mineral nutrition, photosynthesis, growth and development.

Recently, the Western Forest-Steppe has been experiencing a change in climatic conditions towards higher temperatures, lower precipitation and longer dry periods during the growing season. This raises serious challenges for scientists and farmers, as it is necessary to use new approaches to improve cultivation technologies and search for new non-traditional drought-resistant crops for the region that can withstand stress associated with abiotic factors.

One of the promising drought-resistant crops in the Western Forest-Steppe of Ukraine can be chickpea (*Cicer arietinum* L.), which is not widespread in the region but is grown on about 12 million hectares in 57 countries and ranks 4th in terms of production. Due to its biological characteristics and economic attributes, in the

context of climate aridisation it can ensure sustainable production of food and feed proteins, is widely used in medicine, has agrotechnical value, and in symbiosis with *Mesorhizobium ciceri* assimilates 80-150 kg/ha of nitrogen on average, thus contributing to the greening of agriculture.

The dissertation is devoted to the study of the effectiveness of microbial preparations in terms of the parameters of physiological processes that contribute to the formation of productivity of chickpea in the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. It has been shown that the treatment of seeds before sowing with a bacterial suspension of *Mesorhizobium ciceri* strain ND-64 (BS) and the complex microbial preparation *Ryzohumin* significantly affects the formation and functioning of symbiotic systems of common chickpea varieties Budzhak, Skarb, Pamyat and Yaryna, indicators of plant growth processes and water exchange of leaves, the dynamics of photosynthetic pigments content in them, and thus increases seed productivity and improves the quality of the crop grain.

It has been found that under the influence of BS and Ryzohumin against the background of local populations of *M. ciceri*, nodulation processes has increased on the roots of *C. arietinum* varieties Budzhak, Pamyat, Skarb and Yaryna compared to spontaneously inoculated plants (control) in the phases of budding, flowering and bean formation have been formed on average by 25,8-65,8 %, 9,8-92,2 % and 16,7-72,2 % more nodules with 13,9-39,8 %, 19,0-67,5 % and 16,3-105,0 % higher dry weight, characterised by high nitrogen-fixing activity (NFA). In the phase of mass flowering of plants, nodules have been characterised by the highest nitrogenase activity during ontogeny. According to the value of NFA of symbiotic systems in this phase, *C. arietinum* cultivars can be placed in the following sequence: Budzhak > Pamyat > Yaryna > Skarb (control) and Budzhak > Pamyat > Skarb > Yaryna (BS and Ryzohumin variants). The microbial preparations have slowed down the aging of the nodules. The study has confirmed the presence of cultivar specificity of chickpea to specific strains of *M. ciceri* of microbial preparations.

Due to the improvement of nitrogen nutrition of common chickpea varieties as a result of active fixation of molecular nitrogen preparations by introduced strains

of *M. ciceri*, the intensity of growth processes has increased by raising the height of the stem, the number of shoots in the bush, plant foliage and the weight of aboveground organs. In terms of stem height, the studied varieties in the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe were higher compared to similar indicators of the originator. During the formation of beans under the treatment of seeds before sowing with BS and Ryzohumin, the parameters of the crude mass of aboveground organs of chickpea varieties Budzhak, Pamyat, Skarb, Yaryna have increased by 14,6 and 17,1%, 9,6 and 14,6%, 13,6 and 20,7%, 10,6 and 19,2%.

Improved nitrogen nutrition of common chickpea varieties of experimental variants at the expense of biological nitrogen has significantly influenced the formation of photosynthetic systems in leaves. It has been found that the accumulation of plastid pigments in the leaf mesophyll also depended on the phase of ontogenesis and varietal characteristics of *C. arietinum*. The maximum accumulation of chlorophylls in the leaves of common chickpea varieties Budzhak and Yaryna has been found in the phases of 5-7 leaves and green bean, varieties Skarb – green bean, Memory – in the phase of 5-7 leaves and flowering. The highest number of major carotenoids has been found in the leaves of chickpea varieties Budzhak, Pamyat and Yaryna in the flowering phase, and Skarb in the budding phase, although during the phases of 5-7 leaves, flowering and green bean, the leaves of this variety have accumulated approximately the same amount.

The complex microbiological preparation Ryzohumin has been more effective in terms of the content of green pigments in the leaves of chickpea of the common variety Budzhak, BS – varieties Pamyat, Skarb and Yaryna. The microbial preparations have had a more significant effect on the processes of chlorophyll a biosynthesis compared to chlorophyll b, but basically have not significantly affected the accumulation of major carotenoids in the leaves of chickpea. The parameters of the ratio of plastid pigments in chickpea leaves depend on the content of chlorophyll a, b and major carotenoids in their mesophyll. The ratio of the sum of chlorophylls (a+b) to carotenoids describes the degree of adaptation of plants to environmental conditions and characterises their response to the influence of extreme factors. Its

slight increase in chickpea plants of experimental variants in some phases of ontogeny has been determined.

Providing the plant with water and the ability to regulate its water metabolism under changing climatic conditions during the growing season significantly affects the formation of seed productivity. It has been found that the total water content in the leaves of chickpea is influenced by plant varietal characteristics, climatic conditions of the Western Forest-Steppe during the growing season, and the phase of ontogenesis. When seeds are treated with microbial preparations before sowing, there is a tendency to higher water content of leaf tissues. In the generative phases of development, inoculation of seeds with BS had a more significant effect on the water content of leaves of chickpea varieties Pamyat, Yaryna, Budzhak and Skarb.

During flowering - the beginning of bean formation and in the green bean phase, microbial preparations have significantly reduced the water deficit in the leaves of common chickpea varieties Budzhak, Skarb, Pamyat and Yaryna. During flowering and the beginning of bean formation, the water deficit in the leaves of Budzhak, Skarb, Pamyat and Yaryna varieties has been lower than in the leaves of the control variant by 24,7 %, 19,0 %, 12,4 % and 29,8 % (BS) and 36,6 %, 25,0 %, 6,4 % and 27,5 % (Ryzohumin), in the green bean phase – 22,2 %, 37,5 %, 4,5 % and 23,7 % (BS) and 29,8 %, 32,3 %, 25,3 % and 26,9 % (Ryzohumin). When seeds of common chickpea variety Yaryna BS have been inoculated with Ryzohumin, the water deficit of the leaves has been lower compared to the treatment of seeds before sowing with Ryzohumin. In the variety Budzhak, on the contrary, Ryzohumin has had a more effective effect on the indicators of leaf water deficit during the growing season compared to BS. Leaves of common chickpea variety Pamyat in the phases of flowering - beginning of bean formation and green bean have been characterised by higher statistically significant values of total water content. Under the influence of BS, the water-holding capacity of leaves has been significantly higher compared to the control by 30,5%, 19,2% and 14,4%, respectively, after 2, 4 and 24 h. Pre-sowing treatment of seeds with Ryzohumin has also contributed to lower water loss of leaves during the wilting period by 12,7%, 2,1% and 5,8%, respectively. Under

the influence of BS and Ryzohumin, the water deficit of leaves of the studied chickpea varieties has decreased and their water-holding capacity has increased during plant ontogeny, and thus resistance to drought.

Seed productivity, crop structure and grain quality are important parameters for assessing the effectiveness of the elements of cultivation technology. The number of beans per plant significantly affects the seed productivity of chickpea. During the study period, common chickpea plants of Budzhak, Skarb, Pamyat and Yaryna varieties have formed 20,9-27,0, 17,9-22,6, 17,1-19,9 and 17,6-23,0 beans per plant. Treatment of seeds of varieties Budzhak, Skarb, Pamyat and Yaryna before sowing with Ryzohumin and BS has increased the number of beans on plants by an average of 29,2% and 12,0%, 26,3% and 20,7%, 10,5% and 16,4% and 13,6% and 30,7% compared to plants of the control variant.

During the vegetation periods, chickpea rhizobial systems of Budzhak and Skarb varieties have been characterised by a larger number and weight of nodules, higher nitrogen fixation activity under the influence of Ryzohumin, Pamyat and Yaryna – BS, which has improved nitrogen nutrition of plants and, accordingly, affected the formation of generative organs by plants. Under the influence of microbial preparations, chickpea leaves have been characterised by a higher number of chlorophylls, which have indirectly improved carbon nutrition of plants, less water deficit and higher water-holding capacity of cytoplasmic colloids and influenced the formation of elements of the crop structure and seed productivity of the crop.

Treatment of common chickpea seeds with microbial preparations before sowing affects their size. On average, over the three years of research, pre-sowing inoculation of seeds with BS and Ryzohumin has increased the weight of 1000 seeds by 3,4% and 8,4% (Budzhak variety), 7,8% and 7,0% (Skarb), 9,8% and 8,5% (Pamyat) and 10,4% and 8,3% (Yaryna).

The use of BS and Ryzohumin in the cultivation technology has increased the seed productivity of common chickpea of Budzhak varieties on average over the three years of the study, Skarb, Pamyat and Yaryna by 4,5 and 5,6 c/ha, 5,2 and 4,3

c/ha, 4,7 and 3,8 and 5,9 and 5,4 c/ha, the share of crude protein in grain by 2,3 – 8,2% and 1,9 – 6,6%, oil by 2,4 – 8,3% and 3,8 – 11,7%, ash by 4,5 – 22,2% and 7,7 – 21,6%.

The results of studies conducted in the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe show that the use of *Mesorhizobium ciceri* strain ND-64 and the complex microbial preparation Ryzohumin are effective elements of the technology of growing common chickpea varieties Budzhak, Skarb, Pamyat and Yaryna against the background of spontaneous inoculation with local populations of *Mesorhizobium ciceri*, as they improve the nitrogen nutrition of the crop through biological nitrogen fixation by introduced strains of microbial preparations, regulate the intensity of physiological processes and contribute to the formation of a higher grain yield and the accumulation of crude protein, oil and ash.

Key words: common chickpea, microbiological preparations, symbiosis, symbiotic system, nodulation activity, nitrogen fixation, nodulation, nodule bacteria, nitrogen fixing activity, physiological parameters, growth parameters, photosynthetic pigments, chlorophyll, water balance, resistance to drought, productivity, grain quality.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані наукові результати дисертації:

Статті в наукових періодичних виданнях інших держав:

1. **Чернік І. В.**, Пида С. В., Тригуба О. В. Вплив мікробних препаратів на показники водообміну листків нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.). *Scientific and practical almanac «Innovative science»*, 2025. Том 1. С. 223–229.
www.almanakh.pp.ua; <https://almanakh.pp.ua/isst/issue/view/alm/3>

Наукові фахові видання видання категорії Б

2. **Чернік І. В.**, Тригуба О. В. Нут звичайний (*Cicer arietinum* L.) – перспективна бобова культура Західного Лісостепу України. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія*. ФОП Осадца Ю. В., 2023. Т. 83, № 3–4. С. 117–126.
<https://doi.org/10.25128/2078-2357.23.3-4.13>
<http://dspace.tnpu.edu.ua/jspui/handle/123456789/32753?mode=full>

3. **Чернік І. В.**, Пида С. В., Тригуба О. В., Мацюк О. Б. Вплив бактеріальних препаратів на накопичення фотосинтетичних пігментів у листках *Cicer arietinum* L. *Слобожанський науковий вісник. Серія: Природничі науки*. Випуск 2, 2024. С. 36–41.
<https://doi.org/10.32782/naturalspu/2024.2.5>
<https://journals.spu.sumy.ua/index.php/natural/article/view/459/429>

4. Пида С. В., **Чернік І. В.**, Тригуба О. В. Динаміка вмісту фотосинтетичних пігментів у листках *Cicer arietinum* L. за впливу бактеріальних препаратів. *Український журнал природничих наук*, 9, 2024. С. 46–55.
doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.5
<https://naturaljournal.zu.edu.ua/index.php/ujns/issue/view/11>

5. **Чернік І. В.** Фотосинтетичні пігменти листків *Cicer arietinum* L. сорту Буджак за інокуляції насіння мікробними препаратами. *Природнича освіта та наука*. Випуск 5, 2024. С. 51–56.

<https://doi.org/10.32782/NSER/2024-5.10>

<https://journals.rshu.rivne.ua/index.php/natural/issue/view/17>

6. **Чернік І. В.** Параметри водообміну листків нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) за впливу мікробних препаратів. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія – *Scientific Issues Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University Ser. Biology*. 2024. Т. 84, № 3 – 4. С. 68–75.

<https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.3-4.8>

<https://journals.chem-bio.com.ua/index.php/biology/article/view/234>

7. **Чернік І. В.**, Пида С. В., Мацюк О. Б., Тригуба О. В. Вміст фотосинтетичних пігментів у листках *Cicer arietinum* L. за впливу мікробних препаратів. *Фактори експериментальної еволюції організмів*: зб. наук. пр. / Національна академія наук України, Інститут молекулярної біології і генетики, Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М. Вавилова; редкол.: В.А. Кунах (голов. ред.) [та ін.]. Київ: Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М. І. Вавилова, 2024. Т. 35. С. 187. (тези).

<http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/35290>

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

8. Пида С. В., **Чернік І. В.**, Москалюк Н. В., Мацюк О. Б., Гончар Ю. О. Вплив мікробних препаратів на показники водообміну листків нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) // *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2023* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 100-річчю від дня народження відомої вченої-ботаніка, систематика і флориста, кандидата біологічних наук, доцента, завідувача кафедри ботаніки Шиманської Валентини Омелянівни (11–13 травня 2023 р.). Тернопіль : Вектор, 2023. С. 73–76.

<http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/29626>

9. Svitlana Pyda, **Ihor Chernik**, Olena Tryhuba Efficiency of microbial preparations on indicators of seed productivity of *Cicer arietinum* L. / *Nauka i*

praktyka – rolnictwo różne spojrzenia : VII Konferencja naukowa z cyklu nt. Europejski zielony ład – wyzwanie dla rolnictwa (Chełm, 5 czerwca 2023). Chełm, 2023. P. 32–33.

10. **Чернік І.**, Пида С., Тригуба О. Якісний склад зерна нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) за впливу мікробних препаратів // *Litteris et Artibus: Нові горизонти* : збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції. Кременець : ВЦ КОГПА ім. Тараса Шевченка, 2024. Вип. IX. С. 291–294. <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/34276>

11. Пида С., **Чернік І.**, Крижановська М., Гільтай В. Ефективність застосування мікробних препаратів за параметрами водообміну нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) // Матеріали XV З'їзду Українського ботанічного товариства (Івано-Франківськ, 30 вересня – 4 жовтня 2024). Одеса : Гельветика, 2024. С. 41. <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/33836>

12. **Чернік І.**, Пида С., Тригуба О., Мацюк О. Вміст фотосинтетичних пігментів у листках *Cicer arietinum* L. за впливу мікробних препаратів // «Бессерівські природознавчі студії» до 240-річчя з дня народження відомого ботаніка Віллібальда Бессера та до 215-річчя від початку його наукової та педагогічної діяльності у місті Кременці : збірник матеріалів II Міжнародної наукової конференції (Кременець, 24-25 вересня 2024 р.). Кременець : КОГПА ім. Т. Шевченка, 2024. С. 121–123. <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/33946>

13. **Чернік І. В.**, Пида С. В., Тригуба О. В. Водний дефіцит листків нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) за впливу мікробних препаратів // *Проблеми та перспективи розвитку науки, освіти та технологій в XXI столітті*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Ізмаїл, 4 лютого 2025 р.): у 2 ч. Ізмаїл: ЦФЕНД, 2025. Ч. 2. С. 53–54. <https://www.economics.in.ua/2025/02/04-2.html>

14. **Чернік І.,** Пида С. Динаміка ростових процесів стебла нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) за впливу мікробних препаратів // *Modern Perspectives on Global Scientific Solutions* : Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference (March 3-5, 2025 Bergen, Norway). С. 45–47.
<https://www.eoss-conf.com/arkhiv/modern-perspectives-on-global-scientific-solutions-3-03-25/>

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	21
ВСТУП.....	22
РОЗДІЛ 1. ФІЗІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ	
БОБОВИХ КУЛЬТУР ЗА ВПЛИВУ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ	30
1.1. Нут звичайний – перспективна культура Західного Лісостепу в умовах зміни клімату	30
1.2. Вплив бактеріальних препаратів на формування бобово-ризобіального симбіозу та інтенсивність фіксації молекулярного азоту.....	35
1.3. Регуляція фізіолого-біохімічних процесів бобових культур мікробними препаратами на основі бульбочкових бактерій.....	42
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	56
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови проведення польових досліджень	56
2.2. Матеріали дослідження	60
2.3. Схеми польових дослідів та дослідження	65
2.4. Методи дослідження.....	66
2.4.1. Дослідження параметрів росту	66
2.4.2. Визначення умісту фотосинтетичних пігментів	67
2.4.3. Дослідження показників формування та функціонування симбіотичних систем.....	67
2.4.4. Методи дослідження параметрів водообміну листків нуту звичайного	70
2.4.5. Методи визначення насіннєвої продуктивності, структури урожаю та якісного складу насіння	71
РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ	
СИМБІОТИЧНИХ СИСТЕМ НУТУ ЗВИЧАЙНОГО ЗА	
ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ МІКРОБНИМИ	
ПРЕПАРАТАМИ.....	72

3.1. Формування бульбочок на коренях нуту звичайного за впливу мікробних препаратів.....	72
3.2. Інтенсивність фіксації молекулярного нітрогену симбіотичними системами <i>Cicer arietinum</i> – <i>Mesorhizobium ciceri</i> за інокуляції мікробними препаратами	82
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	90
РОЗДІЛ 4. РОСТОВІ ПРОЦЕСИ ТА НАКОПИЧЕННЯ	
ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ У ЛИСТКАХ <i>CICER ARIETINUM</i>	
ЗА ВПЛИВУ БАКТЕРІАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ	92
4.1. Ефективність застосування мікробних препаратів за параметрами росту нуту звичайного	92
4.2. Вплив передпосівної обробки насіння мікробними препаратами на накопичення фотосинтетичних пігментів у листках нуту звичайного.....	101
4.3. Показники співвідношення фотосинтетичних пігментів у листках нуту звичайного за інокуляції мікробними препаратами	111
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4	116
РОЗДІЛ 5. ПАРАМЕТРИ ВОДООБМІНУ НУТУ ЗВИЧАЙНОГО ЗА	
ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ МІКРОБНИМИ ПРЕПАРАТАМИ.....	119
5.1. Вплив мікробних препаратів на обводнення листків нуту звичайного	120
5.2. Параметри водного дефіциту листків нуту звичайного за передпосівної обробки насіння мікробними препаратами	125
5.3. Водоутримувальна здатність листків нуту звичайного за впливу мікробних препаратів.....	128
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5	134
РОЗДІЛ 6. НАСІННЄВА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА	
НУТУ ЗВИЧАЙНОГО ЗА ВПЛИВУ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ.....	136
6.1. Вплив мікробних препаратів на урожайність нуту звичайного	136
6.2. Вплив мікробних препаратів на якість зерна нуту звичайного.....	147
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 6	150

АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ 152

ВИСНОВКИ 162

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... 165

ДОДАТКИ..... 204

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АМГ – арбускулярні мікоризні гриби;

АТФ – аденозинтрифосфат;

АФА – азотфіксувальна активність;

БАР – біологічно активні речовини;

БС – бактеріальна суспензія штаму *Mesorhizobium ciceri* ND-64;

ДМСО – диметилсульфооксид;

ІОК – індоліл-3-оцтова кислота;

ІСМАВ НААН – Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва Національної аграрної академії наук України;

К – контроль;

НАДФН – нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат;

Р – інтенсивність росту;

Рг – Ризогумін;

СПІ-НЦНС – Селекційно-генетичний інститут Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення;

СРР – стимулятор росту рослин;

ТНПУ – Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка;

ТО – Тернопільська область;

ФАО – організація з продовольства і сільського господарства.

ВСТУП

Актуальність теми. Підвищення насіннєвої продуктивності сільськогосподарських культур з екологічною безпечністю зерна є одним із найактуальніших і пріоритетних завдань сьогодення. Для отримання високих параметрів урожайності культурних рослин необхідно оптимально поєднати процеси мінерального живлення, фотосинтезу, росту і розвитку (Стасик О. О. та ін., 2021).

Зміни клімату в сторону потепління потребують перегляду та удосконалення технологій вирощування зернових і зернобобових рослин типових для даного регіону та пошуку більш адаптованих культур до мінливих умов навколишнього середовища, що в цілому суттєво впливатиме на зернове господарство України (Адаменко Т. І., 2006, 2019; Петриченко В. Ф. , 2010). Однією із перспективних культур в умовах аридизації клімату, яка вирощується у помірних, посушливих та напівпосушливих регіонах є нут звичайний (*Cicer arietinum* L.) (Pattison A. L., Uddin M. N., Trethowan R. M., 2021), зерно якого використовується у харчуванні людини та на корм тваринам, характеризується високим вмістом білків (24–32 %), має збалансований амінокислотний склад. Це третя за значимістю бобова культура у світі після квасолі, яка широко культивується та споживається. Попит на насіння нуту, що складається на 80 % з вуглеводів, багате білками, харчовими волокнами, вітамінами та мінеральними речовинами, зумовлюється харчовою цінністю компонентів його хімічного складу і відтак суттєво впливає на показники виробництва (Malviya R. et al., 2023). Нут, як бобова культура в прохолодну пору року є основним джерелом білків для населення держав, що розвиваються (Melike B. et al., 2021).

На продуктивність культури суттєво впливають елементи технології вирощування. Нині велика увага приділяється екологічно безпечним препаратам, зокрема бактеріальним (Pandey A. et al., 2023). Оскільки територія України знаходиться у різних ґрунтово-кліматичних зонах, тому нут звичайний потребує детального розроблення та дослідження технологій вирощування

(Воропай Ю. В., Чигрин О. В., Деревянко І. О., 2024), встановлення їх впливу на фізіологічні показники. Традиційні методи обробітку ґрунту та технології вирощування, які використовують фермери, призводять до фізичного деградування ґрунту та посилення його ерозії (Barzegar A. R. et al, 2003).

Дослідженням технології вирощування нуту в Україні займаються: В. І. Січкара, О. В. Бушулян – перспективи селекції та агротехніка нуту в умовах північного Лісостепу України (Січкара В. І., Бушулян О. В., 2000), О. В. Логоша, Ю. О. Воробей, І. В. Волкова, Т. О. Усманова, Ю. М. Халеп – скринінгом сучасних сортів нуту звичайного за реакцією на бактеризацію, досліджують ефективність застосування *Mesorhizobium ciceri* у посівах нуту в Степовій зоні України та на Поліссі (Логоша О. В. та ін, 2021; Логоша О. В., Халеп Ю. М., Воробей Ю. О., 2020), В. П. Карпенко, О. О. Коробко – вплив біологічно активних речовин на ростові процеси та продуктивність рослин нуту в умовах Правобережного Лісостепу України (Карпенко В. П., Коробко О. О., 2019); Ю. М. Шкатула, В. О. Вотик – контролювання бур'янів в агроценозах нуту (Шкатула Ю. М., Вотик В. О., 2020); С. М. Каленська, Н. В. Новицька – продуктивністю нуту за інокуляції та мінеральних добрив (Каленська С. М., 2012); Л. В. Побережна, О. М. Бахмат – фотосинтетична продуктивність посівів нуту звичайного залежно від обробки насіння та позакореневого підживлення рослин (Побережна Л. В., Бахмат О. М., 2024) та ін.

Використання екологічно безпечних мікробіологічних препаратів у технології вирощування бобових культур набуває широкомасштабного застосування у сільському господарстві (Gorai P. S. et al., 2021; Parihar P., Singh P., Kumar J., et al., 2022; Pandey A. et al., 2023). В Україні активно створюються біопрепарати під сільськогосподарські культури. Найбільшими виробниками мікробіологічних препаратів виступають: Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН (м. Чернігів); Інститут фізіології рослин і генетики НАН України (м. Київ); Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України (м. Київ); Інститут агроєкології

і природокористування НААН (м. Київ). Мікробні препарати не лише підвищують урожайність культурних рослин, але і поліпшують родючість ґрунту.

У літературі обмежена інформація стосовно впливу комплексного мікробіологічного препарату Ризогумін та селекціонованих штамів *M. ciceri* на формування нутово-ризобіальних систем, азотфіксувальну активність бульбочок, накопичення пігментів та параметри водообміну листків, насінневу продуктивність та якість зерна нуту звичайного за вирощування на фоні місцевих популяцій бульбочкових бактерій нуту в умовах Західного Лісостепу. Тому, дослідження фізіолого-біохімічних процесів, що впливають на формування продуктивності нуту звичайного за обробки насіння перед сівбою мікробними препаратами є актуальною проблемою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження виконано відповідно до тематики та напрямків наукової діяльності колективу кафедри ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка (ТНПУ) в межах комплексної науково-дослідної теми «Фітоценози Західного Поділля в природних і антропогенно змінених умовах» (№ державної реєстрації 0121U108035, 2022–2025 рр.), виконавцем якої був аспірант.

Метою роботи було з'ясувати вплив обробки насіння перед сівбою мікробними препаратами на фізіологічні процеси, що сприяють формуванню продуктивності нуту звичайного в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України.

Для досягнення мети визначено такі **завдання**:

- з'ясувати особливості формування та функціонування симбіотичних систем нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина за впливу бактеріальної суспензії *Mesorhizobium ciceri* штаму ND-64 і комплексного мікробного препарату Ризогумін;
- дослідити ефективність мікробних препаратів за параметрами ростових процесів нуту звичайного;

- визначити вплив мікробних препаратів на динаміку вмісту фотосинтетичних пігментів у листках нуту звичайного;
- встановити ефективність обробки насіння перед сівбою за показниками водообміну листків нуту звичайного;
- дослідити насінневу продуктивність сортів нуту звичайного за впливу мікробних препаратів;
- оцінити біохімічний склад насіння нуту звичайного за передпосівної обробки насіння мікробними препаратами.

Об'єкт дослідження – процес формування продуктивності сортів нуту звичайного за обробки насіння перед сівбою бактеріальною суспензією *Mesorhizobium ciceri* штаму ND-64 та Ризогуміном у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України.

Предмет дослідження – регуляція процесів формування та функціонування симбіотичних систем нуту звичайного, параметрів фотосинтетичної продуктивності рослин, водообміну листків, формування урожаю та його якості мікробними препаратами.

Методи дослідження: у роботі використано теоретичні методи, зокрема, аналіз, синтез, абстрагування, узагальнення, системний та емпіричні, зокрема, морфометричний (параметри росту), ваговий (маса бульбочок, параметри росту і водообміну), хроматографічний (АФА бульбочок), спектрофотометричний (уміст хлорофілів та основних каротиноїдів), К'ельдаля (масова частка сирого протеїну), гравіметричний (масова частка олії і золи), атомно-адсорбційний (визначення S, Cu, Zn, B, Mn, Fe у ґрунті), титриметричний (кислотність ґрунту), статистичні методи для визначення достовірності результатів. Дослідження проводились у польових умовах агробіолабораторії та в лабораторіях експериментальної біології, фізіології рослин і мікробіології ТНПУ.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі результатів експериментальних досліджень та їх теоретичного аналізу обґрунтовано значення передпосівної обробки насіння мікробними препаратами у регуляції

фізіологічних процесів рослин нуту звичайного, що сприяють формуванню його насіннєвої продуктивності.

Вперше в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу (ТО)

– досліджено ефективність обробки насіння перед сівбою бактеріальною суспензією *Mesorhizobium ciceri* штаму ND-64 та Ризогуміном за параметрами формування бульбочок та їх азотфіксувальною активністю у нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина;

– показано, що за впливу зазначених мікробних препаратів збільшується маса надземних органів рослин, підвищується уміст хлорофілу *a* в листках, водоутримувальна здатність цитоплазми клітин мезофілу та знижується їх водний дефіцит;

– виявлено підвищення насіннєвої продуктивності різних за тривалістю вегетаційного періоду сортів нуту звичайного Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина у середньому на 24,5–33,1 % , поліпшення структури урожаю та якості зерна.

Поглиблено відомості про сортову специфічність бобових рослин до селекціонованих штамів бульбочкових бактерій.

Розширено уявлення про залежність накопичення фотосинтетичних пігментів у листках бобових рослин від інокуляції насіння активними штамми бульбочкових бактерій, особливості формування насіннєвої продуктивності бобових культур залежно від активності фіксації симбіотичними системами молекулярного азоту.

Обґрунтовано доцільність обробки насіння перед сівбою *Mesorhizobium ciceri* ND-64 або Ризогуміном як необхідних елементів технології вирощування нуту звичайного, що поліпшують утворення бульбочок на коренях, підвищують фіксацію ними азоту на фоні місцевої популяції бульбочкових бактерій нуту, інтенсифікують фізіолого-біохімічні процеси рослин і сприяють формуванню урожаю зерна.

Практичне значення одержаних результатів. Результати експериментальних досліджень мають теоретичне значення оскільки доповнюють сучасні знання про механізми впливу мікробних препаратів на

формування та функціонування симбіотичних систем бобових рослин, накопичення пігментів у мезофілі листків, насінневу продуктивність та якість зерна. Результати експериментальних досліджень скеровані на вирішення проблеми підвищення насінневої продуктивності та поліпшення якості зерна нуту звичайного шляхом застосування екологічно безпечних мікробіологічних препаратів на основі бульбочкових бактерій, зниження хімічного навантаження на агро екосистему та зменшення забруднення навколишнього середовища. Застосування мікробних препаратів у технології вирощування нуту звичайного сприятиме виробництву екологічно безпечної продукції.

Наукові положення та результати експериментальних досліджень дисертаційної роботи використовуються при проведенні лекцій та лабораторно-практичних занять з «Фізіології та біохімії рослин», «Агробіології», «Екології», виконанні курсових та магістерських робіт здобувачами освіти хіміко-біологічного факультету ТНПУ (Додатки А, Б), в навчальному процесі кафедри екології та охорони здоров'я ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут» (Додаток В), студентами Західноукраїнського національного університету з освітніх компонент кафедр екології та охорони здоров'я й агробіотехнологій (Додаток Г, Д).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійною науковою працею. Дисертант самостійно опрацьовував та проаналізував наукову літературу за темою дисертаційної роботи, оволодів необхідними методиками, проводив польові та лабораторні дослідження, отримувач емпіричні дані та їх статистично опрацьовував, отримані результати дослідження узагальнював, формулював висновки та рекомендації сільськогосподарській практиці, писав наукові статті та впроваджував результати дослідження у навчальний процес вищих навчальних закладів. Агрохімічний аналіз ґрунту проведено спільно з науковцями Тернопільської філії Інституту охорони ґрунтів, за що висловлюємо їм подяку.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на засіданнях кафедри ботаніки та

зоології Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка (2023–2025 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції присвяченій 100-річчю від дня народження відомої вченої-ботаніка, систематика і флориста, кандидата біологічних наук, доцента, завідувача кафедри ботаніки Шиманської Валентини Омелянівни. «Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2023» (11–13 травня 2023 р.), VII Konferencja naukowa z cyklu «Nauka i praktyka – rolnictwo różne spojrzenia» (Chełm, 5 czerwca 2023); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Litteris et Artibus: Нові горизонти» (Кременець, 2024); XV З'їзді Українського ботанічного товариства (Івано-Франківськ, 30 вересня – 4 жовтня 2024); XIX-й Міжнародній науковій конференції «Фактори експериментальної еволюції організмів», присвяченій 185-річчю клітинної теорії та 145-річчю від дня народження В. Я. Юр'єва, 180-річчю від дня народження Фрідріха Мішера (Тернопіль, 23–26 вересня 2024), II Міжнародній науковій конференції «Бессерівські природознавчі студії» до 240-річчя з дня народження відомого ботаніка Віллібальда Бессера та до 215-річчя від початку його наукової та педагогічної діяльності у місті Кременці (Кременець, 24-25 вересня 2024); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку науки, освіти та технологій в XXI столітті» (Ізмаїл, 4 лютого 2025); 3rd International Scientific and Practical Conference «Modern Perspectives on Global Scientific Solutions» (Bergen, Norway, 3-5 March 2025); III Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених та здобувачів освіти «Шлях в науку: перші кроки» (Тернопіль, 9 квітня 2025 р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи висвітлені в 14 публікаціях, у тому числі: 1 стаття у наукових періодичних виданнях інших держав; 5 – у фахових виданнях України категорії Б; 7 – тези доповідей на наукових конференціях; 1 – на з'їзді.

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 208 сторінках машинописного тексту, в т. ч. 141 – основного тексту, включаючи

66 таблиць і 3 рисунки. Вона складається з україномовної та англomовної анотацій, вступу, шести розділів, узагальнення результатів дослідження, висновків, списку використаних джерел наукової літератури, що нараховує 319 найменувань, з них 157 латиницею.

РОЗДІЛ 1

ФІЗІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ БОБОВИХ КУЛЬТУР ЗА ВПЛИВУ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ

1.1. Нут звичайний – перспективна культура Західного Лісостепу в умовах зміни клімату

Зміна кліматичних умов в сторону підвищення температури, зменшення кількості опадів та збільшення тривалості посушливих періодів упродовж вегетації рослин у Західному Лісостепу ставить виклики перед науковцями та аграріями, тому вони змушені застосовувати нові підходи в удосконаленні технологій та пошуку нетрадиційних для зазначеного регіону зернобобових культур, зокрема вирощувати такі, що зможуть витримати стрес, пов'язаний з абіотичними факторами (високі температури та мала кількість опадів).

Сьогодні велика увага приділяється бобовим рослинам, оскільки вони є другими за значимістю у раціоні харчування людини після зернових (Tiwari B. K. et al., 2011), слугують дешевим джерелом харчових волокон, білків, крохмалю, вітамінів та інших поживних речовин (Boye J. I. et al., 2010; Головка Т. М. та ін., 2023).

Однією із перспективних посухостійких культур в умовах Західного Лісостепу України може стати нут звичайний (*Cicer arietinum* L.), який за біологічними особливостями та господарськими ознаками, в умовах аридизації клімату зможе забезпечити стаłe виробництво харчового і кормового білків (Квітко Г. П., Михальчук Д. П., 2014; Мельник А. В. та ін., 2020). Зазначена культура нині є малопоширеною у цьому регіоні, але вирощується приблизно у 57 країнах світу, культивується у помірних, посушливих та напівпосушливих регіонах (Pattison A. L., Uddin M. N., Trethowan R. M., 2021).

За виробництвом продукції нут звичайний займає 4 місце у світі після сої, арахісу та квасолі, є однією із найприбутковіших культурних рослин (FAO, 2020) (Food and agriculture organization of the United Nations, 2024), його посіви

у світовому землеробстві становлять близько 12 млн/га (Бушулян О. В., Січкара В. І., 2009). За іншими джерелами, нут поступається сої, сочевиці та квасолі. Валовий збір культури складає 15,6 % від всіх зернобобових, або 2472 тис тон. За даними ФАО, у 2013 р. посівні площі у світі під нутом становили 13,5 млн га (Гадзало Я. М., Кириченко В. В., Дзюбецький Б. В., 2016). Показано, що 79 % світового виробництва нуту припадає на Індію та Австралію (Pattison A. L., Uddin M. N., Trethowan R. M., 2021). Зазначено, що Індія виробляє приблизно 70 % від загального світового виробництва нуту, Пакистан та Іран – 10 та 5 %, Туреччина та Австралія – 4 та 3 % відповідно (Pandey V., Bhattacharya A., Pandey A., 2023). Посівні площі під нутом в Україні з кожним роком зростають і становлять близько 100 тис. га, культура представлена сортами вітчизняної та зарубіжної селекції (Воропай Ю. В., Гепенко О. В., 2024). На зовнішньому ринку спостерігається висока вартість зерна нуту, це допоможе йому стати перспективним що до реалізації продукції (Степасюк Л. М., 2023; Воропай Ю. В., Чигрин О. В., Деревянко І. О., 2024). *C. arietinum* є однією із найбільш прибуткових культур в Україні (Мойсієнко В. В., 2017).

Перспективність нуту звичайного обумовлена біологічними особливостями культури та народногосподарським значенням. *C. arietinum* є теплолюбною, посухо-, жаро- та морозостійкою рослиною (Мельник А. В. та ін., 2020), типовим ксерофітом, формує невеликі за розмірами листки, характеризується невисоким стеблом, клітини вегетативних органів проявляють високий осмотичний тиск. Нут витримує заморозки до 6 – 8 °С, це дозволяє сіяти культуру у найбільш ранні терміни та максимально використовувати ґрунтову вологу навесні для отримання сходів (Kholod S. M., Kholod S. G., 2013; Jha U. C. et al., 2019).

Особливістю рослини є наявність на листках і бобах волосків, які виділяють значну кількість щавлевої кислоти, що підвищує стійкість рослини до низки шкідників (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022).

Нут звичайний має потужну кореневу систему, економно витрачає воду, збагачує ґрунт азотом, є хорошим попередником для усіх зернових і його по

праву можна вважати рослиною «культурного землеробства» (Тітова А. Є., Пузік В. К., 2013). Крім того, що нут добре пристосований до умов сухого та помірного клімату, культура характеризується низькою собівартістю технології та високою врожайністю насіння (3,5 – 5,0 т/га) (Giovanni D. C. et al., 2017). Показано, що завдяки застосуванню засобів захисту рослин, зокрема, ґрунтового гербіциду (Рейсер КЕ) та фунгіцидів (Рекс Дуо, КС, Абакус мк.е., Фолікур 250 EW, EB), урожайність культури зросла на 1,93 т/га (150,8%), підвищилась із 1,28 т/га до 3,21 т/га (Лихочвор В. В., Пушак В. І., 2018).

На формування продуктивності нуту суттєво впливає здатність до біологічної фіксації азоту. У симбіозі з азотфіксувальними бактеріями *Mesorhizobium ciceri* C. *arientinum* здатний засвоїти 80 – 150 кг/га азоту у діючій речовині. У ґрунтах України аборигенна флора діазотрофів здебільшого відсутня, тому для успішного вирощування культури необхідно використовувати інокулянти – успішно відселектовані штами мікроорганізмів у лабораторних умовах та розмножені на живильному середовищі. Культури азотфіксувальних бактерій повинні обов’язково бути якісними, активними, перевіреними на біологічну ефективність і життєздатність (Непран І. В., Ніколаєнко А. М., 2013; Січкач В. І., 2019; Колісник С. І. та ін. 2013; Патица В. П. 2000). Унікальна здатність нуту звичайного до фіксації атмосферного азоту з симбіотичними мікроорганізмами значною мірою сприяє підвищенню родючості ґрунту, оскільки після збирання урожаю культура залишає з післяжнивними рештками 100 – 120 кг/га біологічного азоту, або стільки поживних речовин, скільки вноситься з 15–20 т перегною (Amal A. et al., 2022; Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022). Нут має важливе агротехнічне значення, оскільки крім підвищення родючості ґрунту, поліпшує також його фізико-хімічні властивості (Бушулян О. В., Січкач В. І., 2009).

Завдяки взаємовигідній симбіотичній взаємодії з бульбочковими бактеріями інтенсифікуються фізіологічні процеси, зокрема, швидкість фотосинтезу, поглинання води та газообмін у складних ґрунтово-кліматичних умовах (Bushra S. et al., 2024). Бактеріальний симбіоз значно підвищує

стійкість рослин до низки стресорів, таких як хвороби, токсичність важких металів, температурні коливання та посуха (Amer T. et al., 2023).

Значення нуту звичайного у кормовиробництві, харчовій промисловості та медицині обумовлене хімічним складом зерна. Насіння нуту накопичує велику кількість білків (34 %), складних вуглеводів (50 – 60 %), перетравний коефіцієнт сягає 80 – 83 % (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022), містить збалансований амінокислотний склад та незамінні амінокислоти, вітаміни, зокрема, рибофлавін, ніацин, тіамін, фолат і попередник вітаміну А – каротин (Mehrotra S., Dimkra C., Goyal V., 2023), мінерали (кальцій, калій, селен), харчові волокна і є повноцінною складовою щоденного раціону населення в багатьох країнах (Jukanti A., Ismail M., Kucukoner E. 2012; Любич В. В, 2021).

Насіння нуту містить пантотенову та нікотинову кислоти, холін. Уміст вітаміну С у зерні коливається в межах 2,2 – 20 мг на 100 г маси, у проростаючому насінні його кількість швидко збільшується і на 12-ту добу після появи проростків становить 147,6 мг на 100 г сухої речовини. Залежно від сортових особливостей уміст олії в насінні коливається від 4,1 до 8 % (Січкара В. І. 2004; Непран І. В., Романова Т. А., Литвинова О. М., 2020).

Насіння нуту використовується у тваринництві, оскільки 1 ц його зерна міститься 122 кормові одиниці, на які припадає 18-20 кг перетравного білка (Бушулян О. В., Січкара В. І., 2009; Петриченко В. Ф., 2010).

Насіння нуту використовують для профілактики та лікування цукрового діабету (Iqbal R. et al., 2023), завдяки високому вмісту дієтичних волокон та низькому – олії, більшу частину якої складають поліненасичені жирні кислоти, і в результаті цього слугує природним продуктом вуглеводів для людей хворих на діабет (Clark J., Taylor C., Zahradka P., 2018; Kaya M., Küçükyumuk Z., Erdal I., 2009; Діденко М., Тракало Т., 2021).

Переваги споживання насіння нуту для здоров'я, пов'язані із зниженням ризику серцево-судинних та онкологічних захворювань, зерно використовується як урологічний засіб (Iqbal R. et al., 2023; Rinku M. et al., 2023; Черкашина А. В., Ковальов В. М., Ковальов С. В., 2008; Abou Arab E. A.,

Helmy I. M., Bareh G. F., 2010), має найвищі гіпохолестерильні властивості (Zia-Ul-Haq M. et al, 2007), містить високу частку біологічно активних речовин: флавоноїди, терпени та стероїди, які позитивно впливають на підтримку здорового способу життя. Найбільша кількість флавоноїдів і фенолів у оболонці насіння (коричневі насінні шкірки містять у 11-13 разів більше зазначених речовин порівнюючи із білонасінними сортами) (Baptista A. et al., 2017; Любич В. В. та ін., 2023).

Завдяки наявності у насінні нуту високого вмісту білків він є важливою харчовою культурою для населення країн, що розвиваються, його використовують в якості добавки до зернових дієт (Wallace T., Murray R., Zelman K., 2016; Garg R. et al., 2011; Hajyzadeh M. et al., 2015; Varshney R. K. et al., 2013). Культура високо цінується у якості продукту харчування, так як використовується для подолання дефіциту цинку і фолієвої кислоти (Clark J., Taylor C., Zahradka P., 2018; Kaya M., Küçükyumuk Z., Erdal I., 2009; Діденко М., Тракало Т., 2021). Із насіння нуту звичайного виготовляють паштет, консерви, халву, сурогати кави та готують різноманітні страви. Для харчових цілей в основному використовують сорти із білим насінням, із темним вирощують на корм тваринам (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022).

Сьогодні особливо користується попитом нутове борошно, яке характеризується унікальним мінерально-вітамінним складом: дієтична клітковина, що складає основу харчових волокон сприяє нормальній роботі кишечника; комплексно впливають на організм людини ненасичені і насичені жирні кислоти, вітаміни К, А, Е, РР, С, групи В, макро- і мікроелементи калій, магній, кальцій, натрій, фосфор, залізо, марганець, селен, цинк, олово, молібден, кремній, ванадій, кобальт, титан (Непран І. В., Ніколаєнко А. М., 2013; Калина В. С., Миколенко С. Ю., Кузьо О. О., 2019). Використання борошна у харчовому раціоні також зумовлене відсутністю глютену, оскільки знижує рівень інсуліну, вміст цукру та холестерину, до мінімуму зводить ризик розвитку діабету. Споживання продуктів з нуту дозволяється людям з склерозом, дерматитами, аутизмом, аутоімунними хворобами, синдромом

дефіциту уваги та ін. Для ефективного лікування низки легеневих захворювань наші предки також вживали нутове борошно. Сьогодні офіційна медицина рекомендує хворим з проблемами верхніх дихальних шляхів додавати у раціон звичайну юшку із нутовим борошном. Регулярне використання у раціоні страв і зазначеного вище продукту сприяє профілактиці онкологічних захворювань (Калина В. С., Миколенко С. Ю., Кузьо О. О., 2019; Непран І. В., Романова Т. А., Литвинова О. М., 2020).

Варто вказати і на екологічне значення культури, оскільки розширення посівних площ під нутом сприятиме екологізації землеробства у результаті зниження кількості внесених мінеральних азотних добрив, зменшенню доз засобів захисту рослин через відсутність шкідників і хвороб, поліпшення біологічної активності мікрофлори ґрунту у результаті амоніфікації післяжнивних решток, а відтак родючості ґрунту і поліпшення мінерального живлення наступних культур сівозміни (Бушулян О. В., Січкарь В. І., 2019).

За матеріалами ФАО світове виробництво білків у 1,5 рази менше, порівнюючи з необхідною кількістю. Тому ключовою проблемою є пошук шляхів збільшення виробництва зерна бобових культур, серед яких нут звичайний має особливе значення (Січкарь В. І. 2004; Січкарь В. І. 2019). Використання в технології вирощуванні нуту екологічно безпечних препаратів бактеріального походження дозволить отримати високий урожай якісної продукції (Гамаюнова В. В., Базалій С. Ю., 2018).

На основі вищезазначеного огляду літератури, актуальною проблемою сучасної біології та сільськогосподарської практики є пошук шляхів інтенсифікації фізіолого-біохімічних процесів, що сприятимуть підвищенню насіннєвої продуктивності нуту звичайного та поліпшенню якості зерна.

1.2. Вплив бактеріальних препаратів на формування бобово-ризобіального симбіозу та інтенсивність фіксації молекулярного азоту

Сьогодні у світі дедалі більшого значення надають мікробним препаратам, виготовленим на основі корисних ґрунтових мікроорганізмів, які

використовують під зернобобові культури. Вони підвищують урожайність рослин та покращують родючість ґрунтів. Інокуляція ризобіями є поширеним агрономічним заходом інтенсифікації при вирощуванні бобових, який може зменшити або замінити використання мінеральних азотних добрив. Окрім здатності утворювати симбіотичні взаємозв'язки з бобовими, інокуляція ризобій суттєво впливає на структуру мікробіоценозів, що призводить до реорганізації мікробних популяцій ґрунту (Chen C. et al., 2022; Liu S. et al., 2022; Патика В. П. та ін., 2003). Інокуляція насіння видоспецифічними ризобіями покращує здатність бобових культур утворювати на коренях бульбочки, а відтак активно фіксувати молекулярний азот з повітря (Sabagh A. EL. et al., 2022).

Бактеріальні препарати здійснюють інтенсивний вплив на формування та функціонування симбіотичної системи бобових культур. Показано, що моноінокуляція *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* штаму К-29 насіння сочевиці сприяла формуванню більшої кількості бульбочок та підвищенню їх маси у фазі бутонізації на 200 % та 188 %, відповідно (Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Новікова Т. П., 2018). Азотфіксувальна активність бульбочок, утворених *Bradyrhizobium japonicum* штаму РС08 на рослинах сої (сорт Мар'яна), збільшилася у 2,7 рази, а у сорту Васильківська в 1,5 рази порівнюючи з аналогічним показником при використанні штаму 634б (Пат. № 7875; Омельчук С. В., Кириченко О. В., Жемойда А. В., 2022). Штами бактерій вигни *B. japonicum* 634б, 46 та *Bradyrhizobium* sp. (Vigna) В1 та *Bradyrhizobium* sp. (Vigna) В3 виявляють специфічність до рослини та сприяли активності симбіотичної азотфіксації в 1,8-2,6 рази (Крутило Д., 2011).

Обробка насіння перед сівбою бактеріями також підвищує чисельність мікроорганізмів, пов'язаних з азотним циклом ризосфери, що вказує на великий потенціал ризобіїв, окрім функції азотфіксації, у регулюванні азотного колообігу ґрунту (Коць С. Я. та ін, 2015; Lei Z. et al., 2022). В системі органічного землеробства бобові культури є важливою альтернативною стратегією для накопичення екологічно безпечного азоту (N) з низькими

витратами та відновлення родючості ґрунту біологічним способом для наступних культур сівозміни (Jalal A. et al., 2022).

Нітроген є основним елементом живлення рослин. Щороку із повітря засвоюється від 40 до понад 300 кг (130 до 390 кг зернобобові культури; 270 до 550 кг багаторічні бобові трави) (Коць С. Я., 2015; Коць С. Я., 2021) молекулярного азоту на гектар завдяки діяльності азотфіксувальних мікроорганізмів (Петриченко В. Ф., 2010; Петриченко В. Ф. 2014). Бульбочкові бактерії зв'язують молекулярний азот у легкодоступні для рослини форми. Особливої уваги сьогодні заслуговує проблема використання мікробних препаратів у технології вирощування бобових культур. Експериментальні дослідження науковців спрямовані на вивчення симбіотичної, асоціативної азотфіксації, фосфат- та каліє- мобілізації (Волкогон В. В., 2005; Патика В. П., 2000; Волкогон В. В., 2024; Патика В. П. та ін., 2024).

Незважаючи на те, що діазотрофія, тобто здатність фіксувати атмосферний азот, еволюціонувала у прокаріотів приблизно від 1,5 до 2,2 млрд., рослини почали використовувати цю властивість мікроорганізмів, а симбіоз бобових і ризобій з'являвся від 55 до 60 млн років тому (Рейна Т. et al., 2018; Iqbal N. et al., 2022), проблема є актуальною і багато питань потребують дослідження. Відомо, що ризобії ростуть у ґрунті як вільноживучі організми, але можуть жити і як азотфіксувальні симбіонти всередині корневих бульбочок бобових. Вони можуть проникати у корені внутрішньоклітинно через кореневі волоски, утворюючи інфекційні нитки, або міжклітинним шляхом (між клітинами епідермісу), який не пов'язаний з корневими волосками або трансклітинної інфекції (Figueredo M. et al., 2022). Ризобіально-бобові симбіози виникають в ризосфері в результаті обміну сигналами між обома партнерами, який ініціюється секрецією рослинних флаваноїдів. Вони сприяють синтезу ризобіальних сигнальних молекул, які називаються Nod-факторами (НФ). Розпізнавання НФ бобовою культурою-хазяїном викликає сплеск кальцію в кортикальних клітинах, що призводить до їх поділу з утворенням зачатків бульбочок. Хоча інфекція індукує органогенез бульбочок,

вони є генетично відокремлюваними процесами (Yang G. et al., 2022). Розуміння механізмів і сигналів, що стоять за ефективними симбіозами бобових і ризобій, сприятиме покращенню їх утворення за рахунок штучної інокуляції.

Біологічна фіксація азоту є незамінним його джерелом у наземних екосистемах, на її частку припадає 30 % від загальної кількості запасів азоту (Fowler D. et al., 2013; Dong Y. et al., 2024). Застосування мікробних препаратів сприяє підвищенню продуктивності сівозміни на 10 – 13 % (Потапенко Л., Горбаченко Н., 2021).

Бобові можуть забезпечити відповідне середовище для фіксації азоту і необхідні вуглеводи для росту ризобій. Натомість ризобії перетворюють атмосферний азот у біологічно доступні форми, задовольняючи потреби в зазначеному елементі бобової культури-господаря. Фіксований азот також накопичується в ґрунті та використовується іншими рослинами (Shi X., 2024).

У результаті хімічного аналізу тканин рослини виявлено наявність 60 елементів, хоча для оптимального росту та метаболізму потрібно лише 17. Серед них основна частина вуглецю, водню та кисню поглинається в газоподібній формі з атмосфери, тоді як решта 14 елементів рослини отримують у мінеральній формі, переважно поглиненій з ґрунту. Найважливішим з них залишається азот (Francis B., 2023).

Завдяки морфологічним особливостям коренів доступність органічної речовини ґрунту може збільшуватися або зменшуватися шляхом формування мікробоценозів ризосфери. Наприклад, висока питома довжина кореня (відношення довжини кореня до сухої маси кореня) мінімізує кількість доступного азоту в ризосфері, що, у свою чергу, зменшує мікробну біомасу (Perez-Jaramillo J. E., 2017; Wan X., 2021). Діаметр кореня впливає на стратегії засвоєння поживних речовин, транспорт води, поглинання іонів, проникнення в ґрунт та інші його характеристики (Ma X., 2018; Porova L. et al., 2016). Тонкі корені, як правило, мають коротший термін життя та інтенсивніший метаболізм порівнюючи з товстими, що прискорює підповерхневий

вуглецевий цикл (Endo I. et al., 2019). Тонке коріння також характеризується підвищеною активністю рослинних ферментів, пов'язаних з колообігом вуглецю, азоту та фосфору (Ma X., 2018).

Формування бобово-ризобіальної системи і процес симбіотичної азотфіксації приблизно однаково контролюються генами макро- і мікросимбіонтів і суттєво залежить від низки кліматичних, едафічних, агроекологічних та антропогенних факторів: температури, вологості, типу ґрунту, аерації ґрунту, рН середовища, елементів живлення, бактеріофагів, штаму ризобій, виду і сорту бобової рослини, агротехніки, попередника, застосованих добрив, пестицидів тощо (Патика В. П., та ін., 2003; Коць С. Я., Михалків Л. М., 2005; Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022).

Види *Mesorhizobium* містять симбіотичні гени, які можуть передаватися між штамми та потенційно змінювати діапазон хазяїна симбіонта (Mousavi S. N., Fahimi E., Taherkhani R., 2016). Горизонтальне перенесення генів стимулює різноманітність і формує розподіл симбіонтів нуту (Greenlon A. et al., 2019). Штами *Mesorhizobium* варіюють від високо симбіотично ефективних до абсолютно неефективних, порівнюючи з комерційними штамми (Slattery J. F. et al., 2001; Zaw M. et al., 2021). Варіативність симбіотичної ефективності штамів бульбочкових бактерій дозволяє проводити селекційну роботу. Показано, що інтродуковані в ризосферу ефективні штамми можуть конкурувати з місцевими популяціями ризобій і збільшувати кількість бульбочок, суху масу пагонів квасолі звичайної та нуту (Hungria M. et al., 2003; Tena W. et al., 2016).

Здатність штамів *Mesorhizobium* до утворення бульбочок та фіксації атмосферного азоту варіює залежно від сорту нуту (Gunnabo A. H. et al., 2020). Аналогічним чином, утворення бульбочок та симбіотична ефективність змінюється між сортами нуту, інокульованими одним штамом, та між видами ризобій на одному сорті (Biabani A. et al., 2011). Обмін хімічними сигналами між хазяїном і ризобіями, а також їх генетична сумісність сприяють відмінностям у нодуляції та симбіотичній ефективності (Hirsch A. M., Fujishige

N. A., 2012). Залежно від фактичної варіації партнерів у симбіозі, залишається незрозумілим, чи може варіація фіксації азоту бути більшою серед сортів рослин (Hafeez F. Y. et al., 2000), порівнюючи із штами бактерій (Rigg J. L. et al., 2021).

Нут звичайний утворює симбіотичні зв'язки з кількома видами *Mesorhizobium* (López-Bellido R. J. et al., 2011; Greenlon A. et al., 2019) та тристороння взаємодія між сортом нуту, штамом *Mesorhizobium* та навколишнім середовищем стимулює ріст рослин, фіксацію азоту та пов'язані з ними процеси (Tena W. et al., 2016). За спонтанної або штучної інокуляції на коренях нуту звичайного на глибині 7 – 15 см у місцях розгалуження головного кореня і бічних коренів I – II порядків формуються бульбочки, які розміщуються у вигляді грона (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022). За вирощування нуту звичайного у ґрунтово-кліматичних умовах Одеської області на фоні спонтанної інокуляції місцевими популяціями бульбочкових бактерій найбільше бульбочок з найвищою нітрогеназною активністю виявлено на коренях сортів Тріумф і Скарб, найбільшою насіннєвою продуктивністю за взаємодії рослин з аборигенною мікрофлорою характеризувалися сорти Тріумф і Буджак. За обробки насіння перед сівбою ефективним штамом *M. ciceri* ND-64 визначено найбільший приріст кількості бульбочок (51,6 % і 53 %) для сортів Одисей та Тріумф. Азотфіксувальна активність бульбочок за інокуляції *M. ciceri* ND-64 зросла в 5,1 (сорт Адмірал), 4,7 (сорт Одисей), 8,2 (сорт Буджак), 4,9 (сорт Тріумф) та 6,8 (сорт Пам'ять) рази. Максимальний приріст урожаю насіння внаслідок інокуляції визначено у сортів нуту звичайного Скарб і Тріумф (Логоша О. В. та ін., 2021).

Показано, що за вирощування нуту звичайного сорту Пам'ять в умовах Правобережного Лісостепу України на формування симбіотичної системи *S. arietinum* – *M. ciceri* впливали норми використання гербіциду Панда окремо та на фоні застосування МБП Ризобофит і РРР Стимпо. Максимальне утворення бульбочок і наростання їх маси на коренях рослин виявлено у фазі цвітіння за сумісної обробки насіння перед сівбою МБП Ризобофит у суміші з РРР Стимпо

та за внесення по зазначеному фону гербіциду Панда в нормах 3,0–5,0 л/га. Показники кількості та маси бульбочок порівнюючи з контролем зросли у 3,9–5,6 та 2,7–3,2 рази відповідно (Карпенко В. П., Коробко О. О., 2019). Передпосівна інокуляція насіння нуту звичайного сорту Пам'ять штамом *M. ciceri* ND-64 за вирощування культури в ґрунтово-кліматичних умовах Полісся сприяла підвищенню ефективності бобово-ризобіального симбіозу за параметрами насінневої продуктивності та структури урожаю (Логоша О. В., Халеп Ю. М., Воробей Ю. О., 2020).

Доступність поживних речовин, радіація, рН ґрунту та вологість впливають на формування бульбочок та фіксацію ними азоту (Martínez-Romero E., 2009; Divito G. A., Sadras V. O., 2014; Iqbal N. et al., 2022; Iqbal R. et al., 2023). Показано, що високий уміст поживних речовин у ґрунті та сонячна радіація можуть пригнічувати утворення бульбочок та азотфіксацію ризобій у квасолі звичайної (Devi M. J. et al., 2013), сої (Collino D. J. et al., 2015) та нуту (Gebremariam M., Tesfay T., 2021). Висока концентрація ґрунтового мінерального азоту пригнічує активність нітрогенази – ферменту, відповідального за перетворення атмосферного азоту у форму, придатну для використання рослинами, а також зменшує кількість бульбочок на коренях та фіксацію ними азоту (Zahran H. H., 1999). Рослини можуть компенсувати знижений фотосинтез, зберігаючи лише половину маси кореневих бульбочок та активність азотфіксації в умовах обмеженого освітлення (Nandanwar S. et al., 2020). Вплив радіації і температури на формування бульбочок і азотфіксацію залежить від бобово-ризобіальної системи. Зниження радіації з 40 до 8 % повного сонячного світла затримувало розвиток бульбочок і знижувало фіксацію азоту у *Pentaclethra macroloba* (Taylor B. N., Menge D. N., 2018). Температура вище 30 °C затримувала ініціацію та розвиток бульбочок і знижувала фіксацію азоту в бобових культур помірного поясу, тоді як температура нижче 10 °C зменшувала симбіотичну активність через зниження використання цукру в бульбочках тропічних бобових (Hungria M. et al., 2014; Hansen A. P., 2017). Інокуляція та розвиток симбіотичних відносин позитивно

впливає на вироблення механізмів стійкості у бобових культур проти хвороб (Патика В. П., 2017; Патика В. П., 2018; Hnatiuk T. T., Zhytkevych N. V., Patyka V. P., 2024).

Отже, у результаті взаємовигідного співжиття, рослини забезпечують бактерії вуглеводами та мінеральними солями, отримуючи в заміну азот амонійний, що утворюється у результаті фіксації атмосферного азоту бульбочковими бактеріями. Це у свою чергу істотно впливає на підвищення продуктивності бобових культур. Тому, використання бактеріальних препаратів є одним із ефективних елементів технології вирощування бобових культур та потребує дослідження у різних регіонах України, зокрема у Західному Лісостепу. Оскільки у цьому регіоні не достатньо досліджено вплив інокуляції насіння нуту звичайного на фізіологічні процеси, що сприяють формування продуктивності культури, а у ґрунтах майже немає аборигенних бульбочкових бактерій, оскільки культура не є типовою для зазначеного регіону.

1.3. Регуляція фізіолого-біохімічних процесів бобових культур мікробними препаратами на основі бульбочкових бактерій

Мікроорганізми є невід'ємною складовою екосистеми ґрунту. Вони перетворюють недоступні, нерозчинні поживні речовини в доступні форми, підвищують родючість ґрунту та захищають рослини. За останні кілька десятиліть швидкий розвиток біотехнологічних методів сприяв ідентифікації нових біомолекул, мікроорганізмів, генетичному вдосконаленню видів рослин, що сприяло виробництву нових продуктів харчування. Завдяки цьому широкомасштабне застосування мікроорганізмів у сільськогосподарському секторі слугує екологічним стабілізуючим чинником (Pandey V., Bhattacharya A., Pandey A., 2021; Pandey A. et al., 2003; Malviya R. et al., 2023). Ризобактерії, що стимулюють ростові процеси рослин пом'якшують антропогенні стреси на навколишнє середовище. Інтродукція корисних мікроорганізмів та їх взаємодія

з рослинами є перспективною та екологічно чистою стратегією розвитку органічного сільського господарства в усьому світі (Dukare A. et al., 2021).

Населення світу збільшується і, як очікується, до 2050 року зросте на 10 мільярдів, а питання продовольчої безпеки стає глобальною проблемою. Щоб задовольнити продовольством зростаюче населення планети, до 2050 року необхідно збільшити 50 % сільськогосподарського виробництва (Shah A., et al., 2021). Для підтримки глобальної продовольчої безпеки важливо підвищувати продуктивність сільськогосподарських культур у мінливих кліматичних умовах. Продуктивність культурних рослин суттєво залежить від їх живлення і біодобрив як важливої складової сільськогосподарської практики. Вони є екологічно безпечними та економічно вигідними добривами для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур шляхом прямого чи опосередкованого стимулювання розвитку рослин, а також слугують відновлювальним джерелом поживних речовин для рослин та сталої агрономії (Shahwar D. et al. 2023). Бульбочкові бактерії та регулятори росту рослин природного походження є основою мікробіологічних препаратів для підвищення продуктивності бобових рослин (Бушулян О. В., 2001; Бушулян О. В. 2015; Бушулян О. В., Січкач В. І., 2019; Бушулян О. В., Січкач В. І., Бабаянц О. В., 2012).

Бобові культури є стабілізуючою основою значної кількості систем землеробства та формують стійкі агроєкосистеми. Упродовж багатьох років при вирощуванні бобових культур застосовуються стимулятори росту рослин та бактеріальні препарати на основі азотфіксувальних мікроорганізмів (Патика В. П. та ін., 2003; Волкогон В. В., 2005; Остапчук М. О., Поліщук І. С., Мазур В. А., 2011; Карпенко В. П., Михалків Л., 2013; Телекало Н. В., 2016; Ходаніцька О. О., Ткачук О. О., Шевчук О. А., 2019; Коробко О. О., 2019; Данильченко О. М., Радченко М. В., Глушак З. І., 2019; Тригуба О. В., Пидя С. В., Брошак І. С., 2019; Пидя С. В., 2020; Білявська Л. О. та ін., 2020; Шевчук В. В., 2020 (2); Пидя С. В. та ін., 2021 (2); Михалків Л. М., Коць С. Я., Береговенко С. К., 2023). Застосування мікробіологічних препаратів і засобів біоконтролю

у технології вирощування сприяє підвищенню продуктивності бобових культур екологічно чистим способом (Gorai P. et al., 2021). Екологічно безпечна продукція є основною умовою збереження здоров'я людини (Тарасова В. В., 2011; Таргоня В., 2011; Непран І. В., Романова Т. А., Литвинова О. М., 2020; Лобозинська С. М., Назаркевич О. Б., 2017). Очікується, що ринок біодобрив розширюватиметься із сукупним річним темпом зростання 12,1 % у період з 2022 по 2027 роки (Mordor Exploration, 2022). У всьому світі розвивається справжня індустрія виробництва інокулянту, який стимулює ріст продовольчих бобових культур та покращує їх врожайність на бідних ґрунтах. Симбіотична фіксація азоту розглядається як економічний, малозабруднюючий спосіб удобрення ґрунту, що є необхідним для сталого розвитку сільського господарства (Idrissi M. et al., 2023).

Компонентами комплексних екологічно безпечних препаратів є фітогомони, які слугують регуляторами різноманітних фізіологічних процесів у рослинах, включаючи захисні реакції від абіотичних та біотичних стресів. Зокрема, саліцилова і жасмонова кислоти, етилен слугують основними захисними гормонами, тоді як регулятори росту, такі як ауксини, брасиностероїди, цитокініни, абсцизова кислота та гібереліни також сприяють підвищенню імунітету рослин (Wogene S., Tibor J., Zoltán M., 2024; Zheng Y. et al., 2023; Zheng Y. et al., 2022; Sabagh A. EL. et al. 2022 (2); Grobkinsky D. K., Graaff van der E., Roitsch T., 2016). Індоліл-3-оцтова кислота (ІОК), фітогормон з класу ауксинів, не тільки регулює ріст і розвиток рослин, але й виконує основну роль у взаємодії рослин і мікробів. Бактеріальна ІОК впливає на архітектуру коренів, поглинання поживних речовин і стійкість до різних абіотичних стресів (посуха, засолення, токсичність важких металів), підвищуючи стійкість рослин. Бактеріальний синтез ІОК регулюється на генетичному рівні та впливає на гормональний баланс рослин і симбіотичні відносини (Hassan E., Bernard R., 2024).

Застосування мікробних препаратів у технологіях вирощування бобових культур суттєво впливає на фізіолого-біохімічні процеси рослин і відтак на їх

продуктивність. Показано, що препарат Регоплант і суміш стимулюючого та бактеріального препаратів (Регоплант та Ризоактив) суттєво впливали на довжину і масу кореня гороху. Суміш препаратів сприяла підвищенню схожості насіння на 2 %, енергії проростання на 3 % та дружності проростання на 3,9 % (Шевчук О. А. та ін., 2021). Інокуляція насіння гороху посівного Ризобіофітом сприяла збільшенню енергії проростання на 7 %, порівнюючи із контрольним варіантом (Капінос М. В., Калитка В. В., 2016). Андеріс-р інокулянт і мікродобриво Оракул за сумісного застосування позитивно вплинули на ростові процеси сочевиці харчової, максимальний приріст становив 3,1 см (8,5 % порівнюючи з контролем) (Коршевнюк С. П., 2020). Інокуляція насіння і внесення комплексних добрив впливала на продовження тривалості міжфазних періодів у бобів (від 2–6 діб) (Кифорук В. В., 2006).

Досліджено вплив арбускулярних мікоризних грибів (АМГ) та інокуляції *Rhizobium* на ріст та врожайність *Vigna unguiculata*, *Lablab purpureus* та *Mucuna pruriens*. У порівнянні з одноразовою інокуляцією та неінокульованими варіантами, подвійна інокуляція АМГ та *Rhizobium* призвела до покращення росту та виходу біомаси кормових бобових культур. Подвійна інокуляція може бути ідеальною альтернативою у спробах зменшити надмірну залежність виробництва кормів від хімічних добрив (Mpongwana S. et al. 2023).

Інокуляція *Rhizobium* окремо та в поєднанні зі стимулятором росту рослин (CPR) *microbial inoculants* позитивно вплинули на ріст та врожайність низки сільськогосподарських культур, зокрема, сочевиці, гороху та нуту. Показано, що присутність бактерій і CPR у ризосфері посилює ріст пагонів і коренів, розвиток кореневих волосків, регуляцію гормонів рослин, фіксацію азоту, солюбілізацію мінералів (Babu S. et al., 2015). Спільна інокуляція бобових культур із ризобактеріями стимулювала ріст рослин, підвищувала врожайність квасолі звичайної (+ 34 %), нуту (+ 19 %) та сої (+ 2 %). Найбільш ефективними родами бактерій для підвищення врожайності зерна були *Pseudomonas* і *Bacillus*, а також *Azospirillum*. Спільна інокуляція покращувала властивості рослин за будь-яких стресових умов, при цьому найкраща реакція

спостерігалася в солоному середовищі (збільшення у середньому на 37 %) (Franquiéle B., et al. 2024).

Щоб охарактеризувати ступінь розвитку фотосинтетичного апарату нуту звичайного та бобових культур загалом, потрібно врахувати вміст хлорофілів у листках, це впливає на побічну характеристику потенціальної фотосинтетичної активності. Їх уміст та співвідношення фотосинтетичних пігментів визначається періодами онтогенезу рослин та абіотичними факторами. Пігментний комплекс є основою для перетворення сонячної енергії на енергію хімічних зв'язків органічних речовин (Lichtenthaler H. K., 1987).

У процесі фотосинтезу сонячне світло перетворюється в енергію, яка виконує важливу роль у формуванні та функціонуванні культурних рослин. В основі цього процесу лежить хлорофіл, синтез і функція якого залежать від присутності магнію (Mg) (Tang R., Luan S., 2020). Без оптимального рівня Mg порушується біосинтез хлорофілу і відтак знижується здатність рослин використовувати енергію сонця (Peng Y. Y. et al., 2019). Важливим елементом для формування та функціонування фотосинтетичної системи є Fe. За дефіциту заліза спостерігається неефективне перетворення енергії та, як наслідок, затримка росту (Li J. et al., 2021; Vélez-Bermúdez I., Schmidt W., 2023). Критично важливим мікроелементом для метаболізму азоту у бобових є молібден (Mo) (Dongguang Y., Li W., 2024). Таким чином, баланс цих елементів має важливе значення для енергетичного обміну рослини (Nazir A. et al., 2024). Основою формування урожайності культурних рослин у тому числі бобових культур є фотосинтетична діяльність рослин, яка залежить від площі листової поверхні та її активного періоду. Інтенсивність фотосинтезу визначається формуванням хлоропластів, це стосується структури органоїдів і стану в них пігментів (Волкогон В. В., 2005). Фотосинтетична здатність рослин сої, інокульованих двома різними штамми *Bradyrhizobium japonicum* (CPAC 390 або CPAC 7), мала вищі показники фотосинтезу і рослини накопичували менше крохмалю в листках, порівнюючи з удобреними азотом. Соеві боби адаптували свою фотосинтетичну здатність для підтримки витрат на

симбіотичну систему. Активна фіксація N_2 бульбочковими бактеріями сприяє стимуляції фотосинтезу, яка була зумовлена зворотним зв'язком між використанням тріози-Р та активацією *Rubisco* (Kaschuk G. et al., 2012).

Інокуляція насіння сої Біо-інокулянтom БТУ (2,0 л/т), сприяла максимальному формуванню площі листової поверхні $42,1 \pm 6,8$ тис. $m^2/га$ (Дідур І. М., 2022). Науковці активно досліджують вплив біологічних препаратів на культурні рослини, зокрема уміст хлорофілів *a* і *b* (Козак В. О., Пида С. В., 2024; Приплавко С. О., Гавій В. М., 2019; Карпенко В. П. та ін., 2021; Sharma P. et al., 2022).

Встановлено, що бобові витрачають більшу кількість фотосинтезованих речовин, щоб отримати азот шляхом симбіотичної азотфіксації, порівнюючи з поглинання NO_3^- безпосередньо з ґрунтового розчину (Kaschuk G. et al., 2009). Однак, існує мало доказів того, що зниження витрат на поглинання азоту призводить до підвищення продуктивності рослин (Kaschuk G. et al., 2010). Незважаючи на більші витрати на фотосинтез, бобові рослини, інокульовані ефективними ризобіальними штамами, за вирощування в умовах низького вмісту азоту в ґрунті, формують більшу біомасу, порівнюючи з удобреними лише розчинним азотом (Kaschuk G. et al., 2010). Азотному живленню належить вирішальне значення у накопиченні сухої речовини рослинами через контроль як індексу площі листків, так і кількості азоту на одиницю їх площі. Таким чином, існує тісний взаємозв'язок між постачанням азоту, розподілом азоту листками та їх фотосинтезом (Shah F. et al., 2019).

Сьогодні зміна клімату, значною мірою посилює регіональний і глобальний дефіцит води (Lenka N. K., Lal R., 2012). Необхідно підбирати культури, які можуть адаптуватися до зміни клімату. Зернобобові культури мають перспективи у зазначених умовах (Dutta A. et al., 2022). Здатність до біологічної азотфіксації (БАФ), глибока коренева система, здатність виживати на проблемних ґрунтах і протистояти абіотичним стресам сприяють використанню їх фермерами в системах інтенсивного землеробства (Kumar N. et al., 2018; Ghosh P. K. et al., 2012). Бобові також добре переносять високу

вологість та високотемпературний стрес. Одним із важливих механізмів протистояння стресу температури та вологи в бобових культурах є вироблення антиоксидантів та зменшення утворення перекису (Abd Elgawad H. et al., 2014).

Зміна клімату має багатогранний вплив на ріст і фізіологію бобових, зокрема водний режим. *C. arietinum* є однією із перспективних жаро- та посухостійких культур, переносить спеку та повітряну посуху (Січкара В. І., Бушулян О. В., 2000; Січкара В. І. 2004; Січкара В. І. 2019б; Мельник А. В. та ін., 2020).

В умовах посушливого та напівпосушливого періоду продуктивність бобових різко знижується (Jagadish S.V. et al. 2016; Palit P. et al., 2020). Стрес дефіциту вологи в поєднанні з високою температурою впливають на ріст і продуктивність бобових. Зміна клімату змінила географічне поширення шкідників і, як наслідок, їх спалах. Крім того, вторинне зараження шкідниками зростало в геометричній прогресії, що призводило до втрати цінної продукції (Dutta A. et al., 2022; Sharma H. C., 2016 et al.). Тому зміна клімату має багатогранний вплив на ріст і фізіологію бобових, зокрема водний режим.

Ризобактерії, які утворюють симбіотичні відносини з рослинами, підвищують їх пристосованість і реакцію на стрес (Dimkpa C., Weinand T., Asch F., 2009; Oleńska E. et al., 2020). Вони збільшують доступність поживних речовин для рослин шляхом утворення сидерофорів, солубілізації фосфатів, вивільнення ферментів, а також через системи сигналізації рослин (наприклад, вироблення фітогормонів, таких як ауксин або абсцизова кислота), які стимулюють проростання, ріст і поглинання води рослинами (Oleńska E. et al., 2020). Вони здатні посилювати гідравлічну стратегію рослин, дозволяючи їм краще переносити стрес посухи (Cordero I. et al., 2024; Kannenberg S. A., Phillips R. P., 2017; Rincón A. et al., 2008). Абсцизова кислота (АБК) відома як гормон стресу, який в першу чергу бере участь у розвитку рослин та екологічних стресах, таких як посуха, температура та висока солоність (Miyakawa T. et al. 2013). Продукування АБК забезпечує посухостійкість, а також водостійкість рослин. Бактерії *A. brasilense* здатні посилювати

вироблення АБК у рослин в умовах посухи або водного стресу, викликаючи закриття продихів, таким чином запобігаючи втраті води (Bauer H. et al., 2013). Крім того, в результаті цього також розвиваються бічні корені (Shahwar D. et al., 2023).

Інокуляція ризобієм штаму ВН 129 стимулювала утворення бульбочок на коренях сортів квасолі (Омо-95), збільшувала масу 1000 насінин та кількість насінин у бобі (Habete A., Bushasha T., 2019).

Під час наливу зерна спостерігається перерозподіл азотистих сполук з вегетативних органів у генеративні. Загальний азот, накопичений у зерні нуту, включає 30 % від листків, 20 % від стулок бобів, 11 % від коренів і 10 % від стебел. Нут у фазі наливу зерна пов'язаний зі стресом від посухи, і найбільша кількість перенесення азоту до зерна припадає на листки (Elyasi S., 2023). В умовах дефіциту води, формування активної симбіотичної системи сприяє перенесенню посухи. Підтверджено використання нових штамів ризобій у технології вирощування *Medicago sativa* L. на зелену масу в умовах нормального водозабезпечення та посухи (Коць С. Я. та ін., 2021). В умовах закритого ґрунту за інокуляції NRCB001, NRCB002 та NRCB003 суха маса люцерни достовірно ($P < 0,05$) збільшувалася відповідно на 24,1 %, 23,1 % та 38,5 % порівняно з такою у неінокульованих контрольних рослин за нормальних умов росту (Zhu Z. et al., 2020).

Отже, мікробні препарати на основі бульбочкових бактерій покращують фізіолого-біохімічні процеси бобових культур, сприятливо впливають на ростові, фотосинтетичні процеси та показники водообміну.

1.4. Насіннєва продуктивність та якість зерна бобових культур (нуту звичайного) за впливу бактеріальних препаратів

Бобові культури широко вирощуються в усьому світі, на них припадає 12 % – 15 % орних земель і актуальним є пошук шляхів підвищення накопичення ними азоту в рослинах і ґрунті (Meena R. S. et al., 2015). Завдяки видовому різноманіттю, значному поширенню на планеті та високому вмісту у

насінні білків бобові культури слугують сировиною для виробництва різноманітних продуктів харчування. У раціоні людини близько 30 % від загальної кількості спожитих білків становлять білки бобових. Їх надземна маса слугує кормом для тварин. Бобові широко використовуються як покривні та сівозмінні культури, а також для виробництва біопалива, олії, спецій, камеді, деревини, пігментів, фармацевтичних препаратів та отрут, які можна використовувати для боротьби з грибками, шкідниками та хворобами (Lewis G. P. et al., 2005; Jensen E. S. et al. 2012; Sprent J. I., Odee D. W., Dakora F. D., 2010).

Для формування високих урожаїв бобових культур необхідна тісна взаємодія рослин і мікробів для обміну поживними речовинами. Однак переважна більшість мікробів живе в ґрунті і вони можуть утворювати складні взаємозв'язки з рослинами. Тому необхідно досліджувати взаємодію рослин і мікроорганізмів на сучасному етапі розвитку сільського господарства з метою підвищення її ефективності (Shi X. et al., 2024).

Важливим показником, що характеризує формування та функціонування симбіотичних систем бобових культур є насіннева продуктивність (Патика В. П. та ін., 2023). Потенціал продуктивності культури залежить від підбору елементів технології вирощування, зокрема мікробіологічних препаратів, що сприяють збільшенню площі живлення культури (Rozhkov A. O. et al., 2022) та як наслідок підвищення урожайності екологічно чистої продукції.

Сьогодні використання високоефективних штамів бульбочкових бактерій при вирощуванні зернобобових культур сприяє збільшенню продуктивності на 20 – 30 % та вмісту білків у насінні на 2 – 6 %, навіть за наявності у ґрунті раніше інтродукованих чи аборигенних видів (Петриченко В. Ф., 2010; Толкачев М. З., 2002). Встановлено, що використання поліфункціональних бактеріальних препаратів Ризобофит + Фосфоентерин + Біополіцид та Ризобофит + АМГ підвищує урожайність насіння чини, сої та сочевиці на 0,3 – 0,48 т/га за вирощування в умовах Степової зони України (Дідович С. В., 2005; Дідович С. В. та ін., 2015). Інокуляція насіння гороху

бактеріальними препаратами на основі азотфіксувальних (*Rhizobium leguminosarum* штам 31), фосформобілізувальних бактерій (*Bacillus polymyxa* KB) та мінеральних добрив сприяла підвищенню урожайності у Північно-східному Лісостепу України. Найефективнішою за показниками насіннєвої продуктивності виявилась композиція Ризогуміну та мінерального добрива N₆₀P₆₀K₆₀ (Данильченко О. М., Жатова Г. О., 2016). Передпосівна обробка насіння чини посівної біологічним препаратом Біонеостим (1,0 л/т) і PPP Вермистим Д (7,0 л/т) сприяла збільшенню маси 1000 насінин на 9 %, а вмісту білків на 2,6 %, відповідно до контролю (Тодосійчук О. В., 2024). Використання екологічних препаратів (Органік-баланс, МікоХелп, і Вимпел-К) сприяло підвищенню урожайності рослин сої на 3,9 – 15,3 % та стійкості до хвороб (Власюк О. С., 2024). Інокуляція посівного матеріалу активними штамми бактерій підвищує урожайність насіння культур: гороху на 11–20 %, сої 15 – 23 %, люпину 13 – 19 %, а також позитивно впливає на приріст зеленої маси конюшини та люцерни 12 – 25 % (Петриченко В. Ф., Коць С. Я., 2014). Обробка насіння сої та гороху штамми *B. japonicum* EL 35 та *R. leguminosarum* bv. *viciae* PS 12 сприяла росту та розвитку рослин, формуванню ефективних симбіотичних систем, що сприяло збільшенню їх врожайності від 16,2 до 20,4% (Левішко А. С. та ін., 2022). Бактеризація посівного матеріалу, окрім збільшення продуктивності сприяла підвищенню вмісту сирого протеїну у насінні гороху, сої, чини, сочевиці та нуту на 1–3 % (Дідович С. В., Кулініч Р. О., 2013).

Показано, що насіння сої сорту Легенда доцільно інокулювати Ризобофітом на основі *Bradyrhizobium japonicum* АМ-46, а сорту Анжеліка – Ризобофітом на основі *Bradyrhizobium japonicum* КД-1 та обприскувати надземну масу біопрепаратом Кладостимом для покращення урожайності в умовах Західного Лісостепу (Дерев'янський В. П. та ін., 2011). Застосування інокуляції насіння бобових культур у комплексі із мінеральними добривами позитивно сприяло формуванню кількості та маси бульбочок. Максимальну урожайність було отримано за інокуляції Ризогуміном у комплексі із

мінеральним добривом $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 1,51 т/га (сочевиця) та 3,26 т/га (кормові боби). Передпосівна інокуляція насіння Ризогуміном сприятливо вплинула на вміст білків у зерні кормових бобів, що на 6,6 % перевищила контрольний варіант, та сочевиці на 5,9 % відповідно (Данильченко О. М., Жатова Г. О., 2016).

Застосування бактеріальних препаратів у технології допомагає скоротити внесення мінеральних добрив на 30 % не, знижуючи при цьому продуктивності культурних рослин. Їх застосування може прирівнюватись до внесення під культури 15 – 30 кг/га фосфору та 40 – 60 кг/га мінерального азоту (Волкогон В. В., 2006; Волкогон В. В., 2011; Патика В. П., 1993).

«Біологізація» і «екологізація» використовуються у сучасних технологіях за вирощування екологічно безпечної продукції. Встановлено, що передпосівна обробка (інокуляція штамами Н2; 18; 527; 057, 11/4) насіннєвого матеріалу нуту звичайного сорту Добробут підвищувала урожайність культури, вміст та збір білків з 1 га, а також позитивно впливала на крупність насіння і амінокислотний склад борошна із нуту (Непран І. В., Ніколаєнко А. М., 2013).

Інокуляція насіння нуту активними штамами *M. ciceri* сприяла розвитку симбіотичного потенціалу культури та зростанню урожайності рослин (Логоша О. В. та ін., 2019; Логоша О. В., Воробей Ю. О., Усманова Т. О., 2019; Логоша О. В. та ін., 2020; Логоша О. В., Халеп Ю. М., Воробей Ю. О., 2020; Elias N. V., Herridge D. F., 2014; Логоша О. В. та ін., 2021; Lohosha O., Vorobei Y., Usmanova T., 2021). Показано, що за вирощування нуту звичайного в Степовій зоні (Одеська область) на ґрунтах з активною популяцією місцевих штамів бульбочкових бактерій найбільш ефективною виявилась передпосівна обробка насіння суспензією *M. ciceri* ND-64, що сприяло підвищенню урожайності на 4–18 % і 13–39 % порівнюючи з позитивним (інокуляція референтним штамом – *M. ciceri* Н-12) та абсолютним (без інокуляції) контролями для сортів Адмірал, Буджак, Скарб, Одисей, Тріумф і Пам'ять (Логоша О. В. та ін., 2020). За вирощування нуту звичайного в умовах Полісся

на дослідному полі, де в ґрунті не сформувалася популяція ризобій нуту, оскільки раніше не вирощували зазначену культуру, обробка насіння перед сівбою штамом *M. ciceri* ND-64 підвищувала висоту стебла рослин на 6–17 %, чисельність бобів (на 19–62 %) і насінин (на 25–64 %), масу насінин з рослини (на 28–40 %) та врожайність сортів Скарб, Тріумф і Пам'ять на 28–35 % щодо показників контрольного варіанту (Логоша О. В. та ін., 2020).

Передпосівна інокуляції насіння нуту звичайного сорту Пам'ять *M. ciceri* ND-64 підвищувала параметри структури урожаю, зокрема кількість насінин з рослини (на 42 %), їх масу (на 32 %), масу 1000 насінин (на 9 %) та врожайність культури (на 26,5 %), порівнюючи з контролем (без інокуляції) за вирощування в зоні Полісся. Розрахунки показали, що за використання для інокуляції бактеріальної суспензії *M. ciceri* ND-64 величина прибутку складала 10795 грн на 1 га площі посіву, а рівень рентабельності становив 106,1 % (Логоша О. В., Халеп Ю. М., Воробей Ю. О., 2020).

Показано, що вирощування нуту звичайного сортів Тріумф та Розанна в умовах Правобережного Лісостепу України за сумісного використання мікробних препаратів з мінеральними добривами є економічно вигідним. Найвищі розміри прибутку (19819 грн/га) було отримано для сорту Тріумф у варіантах із застосуванням інокуляції насіння перед сівбою на фоні внесення мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$. Дещо нижчий показник прибутку порівнюючи з вищезазначеним сортом розраховано для сорту Розанна (18024 грн/га) за аналогічних умов вирощування (Каленська С. М., Новицька Н. В., Барзо І. Т., 2014).

Ріст і розвиток рослин нуту звичайного суттєво залежав як від попередньої обробки насіння перед сівбою інокулянтном, так і від позакоренових підживлень мікродобривом. За обробки насіння нуту звичайного інокулянтном Біомаг підвищувалися показники польової схожості, висоти стебла та густоти стояння рослин, що в кінцевому результаті статистично вірогідно вплинуло на насіннєву продуктивність культури. За використання Біомагу приріст урожаю зерна становив 0,58 т/га порівнюючи

з контролем (Дідур І. М., Темченко М. О., 2017). Польові дослідження, проведені в Південному Степу України показали, що на фоні інтродукованої популяції *M. ciceri* передпосівна бактеризація насіння комплексом мікробних препаратів (Ризобофіт, Фосфоентерин і Біополіцид) підвищила насіннєву продуктивність нуту звичайного сортів Антей, Буджак і Пам'ять на 38–54% (на 1,5–6,0 ц/га), порівнюючи з моноінокуляцією *M. ciceri* (Лісовий М. М. та ін., 2010).

Використання комплексних препаратів, що містять мікроорганізми і біостимулятори є одним із перспективних альтернативних методів та рішень для підвищення продуктивності бобових та поліпшення поживних якостей економічним та екологічним способами (Parihar P., Singh P., Kumar J., 2022).

Показано, що інокуляція насіння нуту звичайного високоефективними штамми *M. ciceri* сумісно з біопрепаратами фосфатмобілізувальної та біопротекторної дії суттєво поліпшувала структуру урожаю, підвищувала насіннєву продуктивність культури до 22 % порівнюючи з контролем без інокуляції та до 13 % порівнюючи з монообробкою бульбочковими бактеріями (Паштецький В. С., Пташник О. П., Дідович С. В., 2012).

У умовах півдня України за сумісного застосування мікробного препарату *M. ciceri* 065 та фунгіциду Біополіцид отримано приріст урожаю зерна нуту звичайного сорту Тріумф в середньому до 20 % (за два роки), а сорту Розанна – 23 %, порівнюючи з варіантами монозастосування Вітаваксу 200 ФФ (3,0 л/т). За сумісного використання Ризоплану зі штамом *M. ciceri* 065 насіннєва продуктивність нуту звичайного сортів Розанна підвищувалась на 2,1 ц/га (15%), Александриту – на 3,0 ц/га (21%) порівнюючи з варіантами використання Вітаваксу (3,0 л/т) (Щигорцева О. Л., Дідович С. В., Віденська Г. Я., 2010). За передпосівної обробки насіння нуту звичайного мікробними препаратами поліфункціональної дії Ризобофіт, Фосфоентерин та Альбобактерин О. Л. Туріна із співавторами (Туріна О. Л., Дідович С. В., Кулініч Р. О., 2014) виявили підвищення урожаю зерна культури на 0,1–0,6 т/га (5–16%) у зоні Степу України. Біопрепарати сприяли формуванню

високопродуктивних рослинно–мікробних систем в агроценозах нуту звичайного і збільшували вміст сирого протеїну в його зерні на 1–3 відсотки.

Сумісне застосування регуляторів росту рослин та мікробних препаратів впливало на фотосинтетичну продуктивність посівів нуту звичайного та збільшувало конкурентну спроможність рослин до бур'янів, і як наслідок – підвищувало їх врожайність (Гангур В. В., Єремко Л. С., Сокирко Д. Г., 2017). Виявлено максимальне збільшення насінневої продуктивності та вмісту білків у зерні нуту звичайного за комбінованого застосування РРР Альбіт (50 г/т) та Ризоторфіну на 17,0 та 1,2 %.

Передпосівна інокуляція насіння нуту звичайного сорту Пам'ять бактеріальною суспензією *M. ciceri* ND-64 сприяла підвищенню вмісту азоту в насінні на 0,2 % і 0,4 %, масової частки білків – на 1,3 % і 2,5 %, порівнюючи з показниками позитивного (референтний штам – *M. ciceri* Н-12) та абсолютного (без інокуляції) контролів за фактичної вологості насіння в Степовій зоні України. В перерахунку на суху речовину зазначений показник становив 1,6 % і 2,8 % (Логоша О. В. та ін., 2020). На основі досліджень якісних показників насіння сортів *C. arietinum* Пегас та Скарб показано, що найвищий вміст сирого протеїну та жиру визначено у варіанті за комплексного використання бактеріального препарату Ризогумін-Плюс та ретарданту 30,42 % та 4,84 % і 27,66 % та 3,61 % відповідно (Панцирева Г. В., 2024).

Отже, застосування мікробних препаратів для обробки насіння нуту звичайного суттєво впливає на насіннєву продуктивність та якість зерна за вирощування культури у зоні Полісся та південних регіонах України. В умовах зміни клімату нут звичайний є перспективною культурою для Західного Лісостепу України, тому дослідження впливу бактеріальних препаратів на фізіологічні процеси та урожайність *C. arietinum* є актуальними і їх необхідно проводити у різних ґрунтово-кліматичних умовах України.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Ґрунтово-кліматичні умови проведення польових досліджень

Польові дослідження проводили упродовж 2022-2024 років на важкосуглинистому чорноземі типовому агробіологічної лабораторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (ТНПУ), який характеризувався близькою до нейтральної кислотністю ґрунту, середнім умістом органічної речовини, сполук фосфору, обмінного калію, дуже високим – обмінного кальцію і рухомого бору, підвищеною ємністю катіонного обміну, низьким умістом рухомих сполук мікроелементів: цинку, купруму молібдену, мангану та кобальту, дуже низьким умістом легкогідролізованого, нітратного та амонійного азоту (табл. 2.1.1).

Таблиця 2.1.1

Агрохімічні показники важкосуглинистого чорнозему типового агробіологічної лабораторії ТНПУ, середнє 2022–2024 рр., шар 0-25 см

Агрохімічний показник	Значення	Ідентифікація використаного методу
Кислотність: обмінна pH_{KCl}	$7,35 \pm 0,01$	ДСТУ ISO 10390:2001
Кислотність гідролітична, мг-екв./100 г	$1,67 \pm 0,02$	ДСТУ 7537:2014
Вміст гумусу, %	$2,63 \pm 0,03$	ДСТУ 4289:2004;)
Вміст легкогідролізованого азоту, мг/кг	$98,0 \pm 1,12$	ДСТУ 7863:2015
Вміст нітратного азоту, мг/кг	$4,64 \pm 0,46$	ДСТУ 4729:2007
Вміст амонійного азоту, мг/кг	$1,94 \pm 0,03$	ДСТУ 4729:2007
Вміст рухомих сполук Фосфору, мг/кг	$98,53 \pm 0,63$	ДСТУ 4114: 2002; 130–190

Агрохімічний показник	Значення	Ідентифікація використаного методу
Вміст обмінного Калію, мг/кг	84,1±1,4	ДСТУ 7861:2015
Вміст обмінного Кальцію, мг/кг	3305,0±21,26	ДСТУ 7861:2015
Вміст обмінного Магнію, мг/кг	195,0±1,14	ДСТУ 7861:2015
Вміст обмінного Натрію, мг/кг	42,7±0,41	ДСТУ 7861:2015
Ємність катіонного обміну, мг-екв/100 г	20,16	ДСТУ ISO 11260:2001
Вміст рухомих сполук, мг/кг :		
Сульфуру (S)	1,73±0,01	ДСТУ 8347:2015
Феруму (Fe)	0,61±0,01	ДСТУ 4770.4:2007/РМ.ВЛ.7.2-11
Бору (B)	0,80±0,01	РМ.ВЛ.7.2-03
Мангану (Mn)	3,04±0,02	ДСТУ 4770.1:2007/РМ.ВЛ.7.2-11, 80
Купруму (Cu)	0,17±0,01	ДСТУ 4770.6:2007/РМ.ВЛ.7.2-11, 3–4, 3
Цинку (Zn)	0,34±0,03	ДСТУ 4770.2:2007/РМ.ВЛ.7.2-11, 6–7, 23

Дослідження агрохімічних показників ґрунту полів агробіологічної лабораторії ТНПУ проведено спільно з працівниками Тернопільській філії Інституту охорони ґрунтів.

Клімат Тернопільської області (ТО) (Західний Лісостеп України), території проведення польових досліджень є помірно-континентальний з вираженими сезонами року (Георгафія Тернопільської обл., 2020).

Згідно метеорологічних даних Тернопільської станції середня температура повітря упродовж квітня 2022–2024 рр. становила 7,1–12,3°C (табл. 2.1.2). Квітень 2022 р. характеризувався найнижчою температурою повітря упродовж досліджуваного періоду, тоді як у 2024 р. – найвищою. Варто зазначити, що за температури ґрунту 5°C сходи нуту звичайного

з'являються на 25 добу, причому значна кількість насіння гине. За температури ґрунту 8–10°C поява сходів культури прискорюється, і проростки нуту звичайного з'являються на 10–15 добу, за 15–20°C – на 6–9, а за 25°C – на 5 добу (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022).

Середньомісячна температура повітря в умовах ТО у червні, липні та серпні 2021–2024 рр. становила 18,1–20,4°C, 20,1–22,8°C та 21,0–22,5°C. У цей час спостерігається цвітіння на налив бобів і культура потребує оптимальної температури 25°C (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022).

Таблиця 2.1.2

Результати (за даними метеостанції м. Тернопіль) середньомісячної температура повітря упродовж проведення польових досліджень з нутом звичайним (Архів погоди..., 2025)

Середньомісячна температура повітря, град.							
місяць							у середньому за вегетаційний період
Рік	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
2022	7,1	14,9	20,4	20,1	21,0	18,5	17,0
2023	8,2	14,9	18,1	20,9	22,5	18,4	17,2
2024	12,3	16,3	20,3	22,8	22,2	18,5	18,3

В умовах ТО середня температура повітря більше +10°C найчастіше спостерігається з 25–30 квітня до 01–06 жовтня (триває 150–160 діб). Вагомим параметром, що впливає на процеси росту і розвитку рослин є сума активних температур. За даними метеостанції м. Тернопіль зазначений показник становить 2318–2565°C упродовж року (Георгафія Тернопільської обл., 2020). Для дозрівання нуту звичайного необхідна сума біологічно-активних температур – 1800–2000°C (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022). Таким чином, температурні умови ТО є сприятливими для вирощування нуту звичайного.

За даними метеорологічної станції м. Тернопіль погодні умови 2022–2023 рр. були дещо мінливими і характеризувалися нижчою кількістю опадів

(2022 р. – на 5 %) або вищою (2022 р. і 2023 р. – на 1,4 і 2,6 °С) температурою повітря (табл. 2.1.3).

Таблиця 2.1.3

Кліматичні умови за даними метеостанції м. Тернопіль
(Архів погоди..., 2025)

Рік	Опади, мм			Температура, °С		
	за рік	норма	% до норми	за рік	норма	відхилення від норми
2022	551	579	95	9,4	8,0	1,4
2023	571	579	99	10,6	8,0	2,6
2024	567	579	98	10,2	8,0	2,2

Важливими параметрами клімату, що впливають на процеси росту та розвитку культур є середня місячна вологість повітря упродовж травня – серпня, коли рослини інтенсивно ростуть і формують генеративні органи та вересня – досягає насіння. Дані спостережень метеостанції м. Тернопіль показують, що відносна вологість повітря в середньому за вегетаційні періоди польових досліджень була в межах 65,3–69,0 % (табл. 2.1.4).

Таблиця 2.1.4

Результати (за даними метеостанції м. Тернопіль) середньої місячної відносної вологості повітря у % упродовж вегетаційного періоду нуту звичайного (Архів погоди..., 2025)

Рік	Відносна вологість повітря						
	місяць						у середньому за вегетаційний період
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
2022	72	57	62	69	73	81	69,0
2023	73	58	72	70	67	69	68,2
2024	67	56	70	69	66	64	65,3

Вищими показниками середньомісячної вологості повітря характеризувалися вегетаційні періоди 2022 р. (69,0 %), нижчими – 2023 і 2024

рр. (68,2–65,3 %). На інтенсивність процесів росту впливає кількість опадів упродовж місяців весняно-літнього періоду. Спостереження метеорологів показали, що травень та червень 2022 р. характеризувалися посухою (табл. 2.1.5). У зазначені місяці випало на 72 та 73 % менше опадів порівняно з нормою. Вересень 2022 р. був дощовим (на 98 % більше від норми), що негативно вплинуло на дозрівання насіння нуту звичайного. Варто відмітити, що травень 2023 р. був посушливим. Упродовж цього місяця випало на 81 % менше норми опадів. Травень 2024 р. також був посушливим. За цей місяць випало на 73 % менше норми опадів. У липні та серпні також кількість опадів була дещо нижчою норми, що вказує на зміну клімату і в регіоні дослідження.

Таблиця 2.1.5

Дані метеостанції м. Тернопіль щодо кількості опадів
упродовж місяців 2021-2024 рр.

Місяць	Рік	2022		2023		2024	
	Норма	фак-тично	% до норми	фак-тично	% до норми	фак-тично	% до норми
квітень	37	38	102	74	200	45	122
травень	64	18	28	12	19	17	27
червень	75	20	27	62	83	84	112
липень	84	111	132	65	77	65	77
серпень	62	65	105	69	111	50	81
вересень	57	113	198	7	12	81	142

На основі результатів архівних даних метеостанції м. Тернопіль погодні умови для процесів росту та розвитку нуту звичайного були задовільними.

2.2. Матеріали дослідження

Матеріалом дисертаційного дослідження слугували бактеріальна суспензія селекціонованого штаму *Mesorhizobium ciceri* (*M. ciceri*) ND-64 (БС), комплексний мікробний препарат Ризогумін, сорти Пам’ять, Скарб, Буджак та Ярина нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) (*C. arietinum*). Вид належить до

роду Нут (*Cicer* L.), родини Бобові (*Fabaceae*), підродини Метеликові (*Papilionoideae*). Рід *Cicer* у світовій флорі представлений 43 видами. *C. arietinum* L. є лише один відомий вид у культурі. Нут звичайний сортів Пам'ять та Буджак занесено до Реєстру сортів рослин України з 2002 та 2008 років, належать, відповідно, до південно-європейської екологічної групи, типу *kabuli*, різновидів *bogemico-allutaceum* та *hispanico-flavescens* відповідно (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022).

Сорт Скарб занесено до Реєстру сортів рослин України з 2013 року, відноситься до типу *kabuli* різновиду *hispanico-flavescens* (Каталог сортів..., 2023). Ярина – перший сорт у світі нуту, який за своїми характеристиками знаходиться між типами *desi* і *kabuli* типом (Мазур В. А. та ін., 2022).

C. arietinum характеризується високою стійкістю до посухи, жару та морозу, є рослиною теплолюбною (Мельник А. В. та ін., 2020), типовим ксерофітом, клітини вегетативних органів проявляють високий осмотичний тиск. Особливістю покривних тканин листків і бобів рослин нуту звичайного є наявність волосків, що секретують значну кількість щавлевої кислоти, яка здійснює захисну функцію від багатьох шкідників, хвороб, а відтак підвищує фітоімунітет (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022). Стійкість до високої та від'ємної температур, невибагливість у технології та конкурентна ціна на ринку сприяють вирощуванню культури нуту в різних кліматичних зонах України (Гаврилянчик О., Трач С., 2018).

У таблицях 2.2.1 та 2.2.2 наведено біоморфологічні особливості сортів Скарб, Ярина, Буджак та Пам'ять нуту звичайного.

Таблиця 2.2.1

Біоморфологічні особливості та господарські ознаки нуту звичайного сортів
Скарб та Ярина (Каталог сортів ..., 2023; Колесніков М. О., Кадиров Т. Р.,
2022)

Ознака	Прояв ознаки
	сорт Скарб / сорт Ярина
форма куща	напівстиснута
стійкість до вилягання	стійкий до вилягання та обламування гілок 2-го порядку
висота рослин	55–65 см
висота прикріплення нижнього бобу	22–24 см / 22–25 см
наявність антоціанового забарвлення	відсутнє / слабке
забарвлення стебла, листків та прилистків	зелене / темно-зелене з невеликим антоціановим забарвленням
наявність воскового нальоту	без воскового нальоту
розмір листків	0,6×1,1 см / 0,6–1,0 см
край листової пластинки	пильчастий
квітки	поодинокі
розмір квітки	велика
забарвлення віночка	білого кольору / світло-рожевого кольору
розмір бобів	крупні, 1,2×2,3 см
форма бобів	овальна
забарвлення бобів під час дозрівання	солом'яно-жовте / темно-солом'яно-жовте з невеликим антоціаном
забарвлення насіння	світло-жовте (рис. 2.2) / світло-коричневе (за зберігання темніє) (рис. 2.2)
розмір насіння	крупнонасінний
форма насіння	проміжна
поверхня насінини	морщиниста / зморшкувата, можливе розтріскування насіннєвої оболонки
маса 1 000 насінин	420–430 г / 390–410 г
вміст білків у насінні	30 % / 28 %
вміст олії у насінні	7 % / 11 %
смакові якості насіння	добрі
здатність до розварювання	швидко розварюється
середня врожайність	2,25 т/га / 2,7 – 3,2 т/га
потенціал	– / понад 5 т/га

Ознака	Прояв ознаки
	сорт Скарб / сорт Ярина
група стиглості	середньостиглий / середньоранньостиглий
тривалість вегетаційного періоду	88–93 доби / 82–85 доби
стійкість до хвороб	стійкий до фузаріозу та аскохітозу
посухостійкість	висока / висока (9 балів)
рекомендований	для Степу та Лісостепу / для Степу, Лісостепу та Полісся

Примітка: однаковий прояв ознаки в обох сортів вказано один раз

Таблиця 2.2.1

Біоморфологічні особливості та господарські ознаки нуту звичайного сортів

Буджак та Пам'ять (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022)

Ознака	Прояв ознаки
	сорт Буджак / сорт Пам'ять
форма куща	напіврозкидиста / компактна
стійкість до вилягання	стійкий до вилягання та обламування гілок 2-го порядку / Стійкий до вилягання
висота рослин	60-65 см, / 55-50 см,
висота прикріплення нижнього бобу	20-22 см
наявність антоціанового забарвлення	відсутнє
забарвлення стебла, листків та прилистків	зелене / темно-зелене з невеликим антоціановим забарвленням
наявність воскового нальоту	без воскового нальоту
розмір листків	0,3 – 3 см / 0,6–1,0 см
край листової пластинки	пильчастий
квітки	поодинокі
розмір квітки	велика / середнього розміру
забарвлення віночка	білого кольору
розмір бобів	крупні, 1,3 x2, 4 см, /1,2x2,3 см
форма бобів	овально-подовженої форми / ромбічної форми
забарвлення бобів під час дозрівання	солом'яно-жовте / жовто-солом'яні
забарвлення насіння	бежеве / жовто-рожеве
розмір насіння	велике/ середнє за розміром
форма насіння	проміжна / округле
поверхня насінини	зморшкувата
маса 1 000 насінин	420 г / 280-300 г.

Ознака	Прояв ознаки
	сорт Буджак / сорт Пам'ять
вміст білків у насінні	27-28 % / 28 %
вміст олії у насінні	7 % / –
смакові якості насіння	добрі
здатність до розварювання	швидко розварюється
середня врожайність	2,0 т/га / 1,74 т/га
група стиглості	Середньостиглий
тривалість вегетаційного періоду	90-94 діб / 90-95 діб
стійкість до хвороб	стійкий до фузаріозу та аскохітозу
посухостійкість	висока / висока
рекомендований	для Степу

Примітка: однаковий прояв ознаки в обох сортів вказано один раз; – ознака не вказана у літературі

Насіння нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина люб'язно надав О. В. Бушулян із Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення (м. Одеса).

Селекціонований штам *M. ciceri* ND-64 згідно досліджень (Логоша О. В. та ін., 2021) є ефективним мікросимбіонтом рослин нуту звичайного, що зумовлено його вірулентністю, азотфіксувальними властивостями та конкурентоспроможністю. Ризогумін – комплексний мікробний препарат, який застосовується для бактеризації насіння нуту звичайного з метою поліпшення азотного живлення культури і підвищення продуктивності культури. Компонентами препарату є суспензія бульбочкових бактерій нуту *M. ciceri* (перший) та фізіологічно активні речовини біологічного походження (ауксини, цитокініни, амінокислоти, гумінові кислоти), мікроелементи в хелатованій формі і сполуки макроелементів у стартових концентраціях (другий). Урожайність зерна нуту за використання Ризогуміну збільшується на 30-50 % при вирощуванні культури на нових місцях і на 20-25 % за щільної аборигенної популяції бульбочкових бактерій у ґрунті (Біопрепарати для рослинництва, 2025).

Мікробні препарати отримали з Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України (м. Чернігів).

2.3. Схеми польових дослідів та дослідження

Польові досліді закладали у трьох варіантах та чотирьох повтореннях (рис. 2.3.1). Нут звичайний висівали у 8-пільній польовій сівозміні після кукурудзи без використання мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин. Агротехнічні методи застосовували під час догляду за культурою. Насіння нуту звичайного контрольного варіанту (К) перед сівбою зволожували водою з водогону з розрахунку 2 % від маси, а дослідних – рідкими формами бактеріальної суспензії селекціонованого штаму *M. ciceri* ND-64 (БС) із розрахунку 10^6 клітин/насінину та Ризогуміну згідно норм виробника (Ризогумін-Плюс (рідкий) для нуту, 2025).

Технологія вирощування культури нуту звичайного була типовою для Лісостепу України (норма висіву – 400 тис. насінин на 1 га, ширина міжрядь 45 см, глибина сівби – 5-6 см, строк сівби – друга половина квітня). Площа облікової ділянки 10-25 м².



Рис. 2.3.1. Зовнішній вигляд рослин нуту звичайного (*C. arietinum*) , що зростають на полях агробіолабораторії ТНПУ у фазах 3-ох–4-ох справжніх листків та зеленого бобу.

Схема дослідження представлено на рис. 2.3.2.

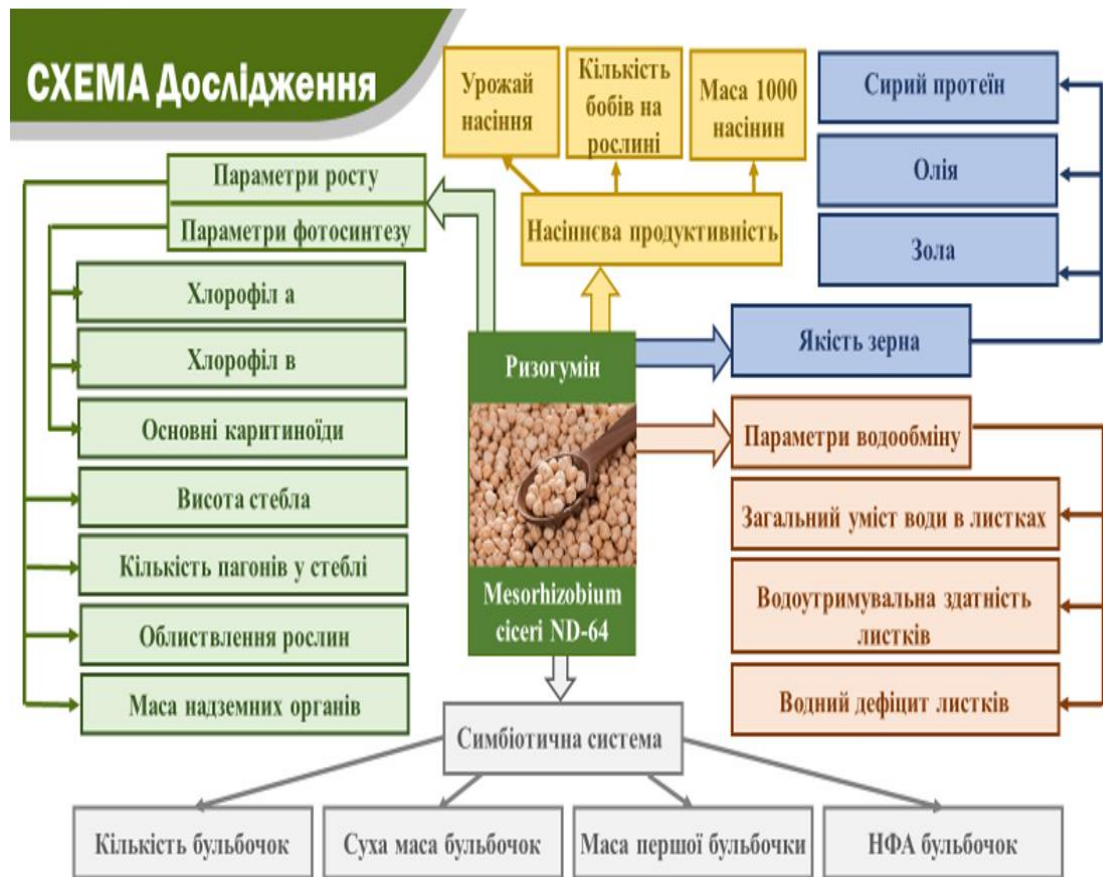


Рис. 2.3.2. Схема дослідження

2.4. Методи дослідження

Дослідження фізіолого-біохімічних параметрів рослин нуту звичайного проводили у лабораторії експериментальної біології, фізіології рослин та мікробіології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

2.4.1. Дослідження параметрів росту

Параметри ростових процесів, зокрема, висоту стебла визначали за допомогою лінійки, облиствлення – шляхом підрахунку кількості листків на рослині, біомасу рослин – зважуванням на електронних вагах згідно методик, описаних З. М. Грицаєнко із співавторами (Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П., 2003). Кількість повторень у межах варіанту становило 80-100 типових рослин.

Інтенсивність росту рослин (R) нуту звичайного упродовж вегетаційного періоду визначали за формулою (Терек О. І., Пацула О. І., 2011):

$$R = (W_1 - W_0) \times 100 / W_0,$$

де: W_0 – початкові розміри рослини; W_1 – розміри рослини на певний час. Приріст параметрів визначали як відсоток від початкового показника

2.4.2. Визначення умісту фотосинтетичних пігментів

Упродовж вегетації рослин визначали вміст хлорофілів a , b і каротиноїдів у свіжозібраних листках нуту звичайного безмацераційним методом їх екстрагування диметилсульфооксидом (ДМСО) за Вельбурном і обчислювали в міліграмах на 1 г (мг/г) сирової речовини (Wellburn A. P., 1994). Маса наважки з подрібнених листків середнього ярусу становила 100 мг. Зазначену кількість тканин поміщали в пробірки, додавали 10 мл ДМСО, закривали гумовими корками пробірки та витримували упродовж 4 год за t 67 °С у термостаті. Після охолодження розчину відбирали 1 мл і розбавляли його шляхом додавання 3 мл ДМСО. Коефіцієнти екстинкції отриманих розчинів вимірювали на спектрофотометрі UIT SFU-0172 за довжини хвиль: $\lambda = 649, 665, 480$. Концентрацію хлорофілів a і b та основних каротиноїдів обраховували за наступними формулами:

$$\text{Chl } a = 12,19 \times D_{665} - 3,45 \times D_{649}, [\text{мг/мл}]$$

$$\text{Chl } b = 21,99 \times D_{649} - 5,32 \times D_{665}, [\text{мг/мл}]$$

$$C_{car} = (1000D_{480} - 2,14 \times \text{Chl } a - 70,16 \times \text{Chl } b) / 220, [\text{мг/мл}].$$

$$\frac{\text{Chl } a \times 10 \times (1 + 3)}{0,1 \text{ г} \times 1000 \times 1} = 0,4 \text{ Chl } a, [\text{мг/г сирової маси}], \text{ де:}$$

10 – об'єм ДМСО, що додавали у пробірку до наважки, мл;

1 – об'єм розчину, який відбирали після екстрагування, мл;

3 – об'єм ДМСО, який додавали для розведення зразка, мл;

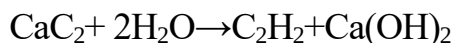
0,1 г – наважка листків.

2.4.3. Дослідження показників формування та функціонування симбіотичних систем

Формування бобово-ризобіальної системи *C. arietinum* L. – *M. cicer* досліджували за методикою, описаною В. В. Волкогоном із співавт. (Волкогон

В. В. та ін., 2010). Для визначення маси і кількості бульбочок на коренях рослин нуту звичайного викопували моноліти ґрунту, корені відмивали і аналізували показники. Для дослідження використовували по 12 рослин з варіанту. Азотфіксувальну активність нутово-ризобіальних систем визначали ацетиленовим методом (Hardy R. W. F. et al., 1968; Крикунець В. М., 1993). Кореневі системи з бульбочками поміщали в скляні флакони ємкістю 200 см³, герметично їх закривали, додавали ацетилен з розрахунку 10 %-вої концентрації. Після 1 год інкубації газову суміш, у складі якої наявний етилен, що утворився у результаті розчеплення ацетилену ензимом нітрогеназою, аналізували на газовому хроматографі «Agilent GC system 6850» (США) з полум'яно-іонізаційним детектором. Розділення суміші газів здійснювали на колонці (0,40×130 см) із Pagaras N за 80 °С. Газоносієм був нітроген (50 мл за 1 хвилину). Об'єм проби газової суміші, що використовувався для аналізу становив 0,5–1 см³. Стандартом слугував чистий етилен (Fluka, Швейцарія).

Для дослідження використовували ацетилен, який отримували при розкладанні технічного карбіду кальцію під впливом води:



Для очищення ацетилену використовували систему склянок Дрекслея з нижче зазначеними розчинами-поглиначами:

1) розбавлена сульфатна кислота водою, (3 об'ємні частки на 1 частку води – видалення ацетону і аміаку); 2) 20 %-вим розчином оксалату плюмбуму або кадмію (видалення водень-сульфіду); 3) 20 %-вим р-ном купрум сульфату (видалення фосфіну); 4) активованим вугіллям в U-подібній трубці (видалення ацетону); 5) 20 %-вим лужним р-ном пірогалолу на 20 %-вому р-ні калій гідроксиду (вилучення кисню). Отриманий ацетилен зберігали в газометрах над насиченим розчином натрій хлориду.

Виготовляли робочу калібрувальну суміш шляхом розведення етилену повітрям у наступній послідовності за допомогою шприців:



Здійснювали хроматографічний аналіз низки аліквот газової суміші (0,2;

0,4; 0,6; 0,8; 1,0 мл із відомим вмістом етилену), отримували висоти відповідних піків.

За даними газохроматографічного аналізу зразка інкубаційного газового середовища проводили розрахунок кількості етилену у зазначеній нижче послідовності:

1. Кількість етилену в аналізованій аліквоті (y_1 , нмоль) розраховували за

$$\text{формулою: } y_1 = k_1 \times h,$$

де: k_1 – унормований коефіцієнт, отриманий за калібрувальною кривою, помножений на показник калібру вихідного дільника чутливості, за якого проведено аналіз, нмоль/мм; h – висота піка етилену, мм.

2. Вміст етилену в газовому середовищі інкубаційної камери (q , нмоль) – за формулою:

$$q = \frac{y_1}{v} (V - V_0),$$

де: v – об'єм аналізованої аліквоти ІГС, мл; V – об'єм інкубаційної камери, мл; V_0 – об'єм інкубованого зразка, мл.

На основі величини q , розраховували кількість етилену, що утворився за 1 год на одну рослину-симбіонт (загальна АВА). Кількість етилену, що утворився з ацетилену під дією ензиму нітрогенази інкубованого зразка, виражали у молярних одиницях (нмоль).

Азотфіксувальну активність бульбочок розраховували за формулою:

$$АФА_{\text{загальна}} = 0,0000048 \cdot S \cdot V \text{ (нмоль } C_2H_4 \text{ / рослину} \times \text{ год)}$$

де 0,0000048 – коефіцієнт перерахунку, S – площа піка, V – об'єм газової фази.

Визначення складників газової суміші проводили в Інституті фізіології рослин і генетики НАН України (м. Київ). Повторність визначення – чотириразова. У банку для визначення азотфіксувальної активності поміщали по 3 кореневих системи нуту звичайного з бульбочками.

2.4.4. Методи дослідження параметрів водообміну листків нуту звичайного

У фазах вегетації, цвітіння – початок утворення бобів та зелених бобів нуту звичайного визначали вміст води та сухих речовин у листках, водоутримуючу їх здатність за А. Арландом і водний дефіцит (Векірчик К. М., 1984). Повторення з варіанту 12-ти кратне.

Для визначення вмісту води у листках нуту звичайного, листки середнього ярусу зважують на електронній вазі, поміщають у бюкс і висушують за температури 100-105°C. Відсоток абсолютної сухої речовини обраховують за формулою:

$$A = \frac{б}{в} \times 100$$

де А – вміст абсолютно сухої речовини, %; б – маса листка після висушування (г); в – маса листка до висушування (г); 100 – коефіцієнт перерахунку у відсотки. Відсоток води обчислюють за формулою: (100 - А).

Метод визначення водоутримуючої здатності листків ґрунтується на підрахунку втрати води листками, які в'януть. Для цього листки середнього ярусу зважують, розкладають для випаровування за кімнатної температури і повторно їх зважують через 2, 4 та 24 години. Обчислюють кількість води, яка випаровується з поверхні листка у відсотках до початкової їх маси.

Метод визначення водного дефіциту ґрунтується на підрахунку нестачі води у тканинах листка, вираженої у відсотках від загальної кількості її при повному насиченні їх водою. Для цього листок зважують, поміщають у воду (в склянку або чашки Петрі,) на 1,5 год для насичення тканин водою, після цього просушують між фільтрувальним папером і зважують. Водний дефіцит (ВД) обчислюють за формулою:

$$ВД = \frac{(a - б) \times 100}{a}$$

де а – маса листка після насичення його водою, г; б – маса листка до насичення його водою г; 100 – коефіцієнт для перерахунку ВД, %.

2.4.5. Методи визначення насіннєвої продуктивності, структури урожаю та якісного складу насіння

Величину та структуру урожаю нуту звичайного визначали у фазі повної стиглості основної маси насіння, на що вказує їх остаточний колір, сухість та затвердіння, методом пробних майданчиків (Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П., 2003). Перед збиранням урожаю нуту з облікових ділянок збирали врожай на виключках та захисних смугах. Рослини виривали із корінням із пробних майданчиків площею 1 м² у 6-разовому повторенні з кожного варіанту. Снопи досушували у приміщенні до постійної маси (повітряно-сухого стану). Визначали такі елементи структури урожаю нуту звичайного: кількість бобів на одній рослині, кількості насіння в бобах, довжину бобу і масу 1000 насінин.

Якісні показники зерна нуту досліджували згідно ДСТУ 6019:2008, масу 1000 зерен – за ДСТУ ISO 520:2015, масову частку у зерні сирого протеїну визначали за ДСТУ EN ISO 5983-2:2022 (К'ельдаля), жиру – МВ.БЛС.7.2-05/01 (гравіметричний)*, сирі золи – ДСТУ ISO 5984:2004 (гравіметричний)* у ТОВ Експертний центр діагностики та лабораторного супроводу «Біолайтс» (м. Тернопіль) (атестат про акредитацію № 201864 від 27.09.2024 р.). Обробка статистичних даних здійснювалась за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel.

Отже, ґрунтово-кліматичні умови упродовж періоду проведення польових досліджень з нутом звичайним за результатами агрохімічного аналізу ґрунту та архівних документів метеостанції м. Тернопіль були задовільними. У розділі наведено біоморфологічні особливості та господарські ознаки нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина, характеристику селекціонованого штаму *M. ciceri* ND-64 та комплексного мікробного препарату Ризогумін, схеми досліду та дослідження і методики визначення фізіологічних та біохімічних параметрів.

РОЗДІЛ 3

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНИХ СИСТЕМ НУТУ ЗВИЧАЙНОГО ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ МІКРОБНИМИ ПРЕПАРАТАМИ

3.1. Формування бульбочок на коренях нуту звичайного за впливу мікробних препаратів

У зв'язку із зміною кліматичних умов перспективною бобовою культурою для Західного Лісостепу може бути нут звичайний. Важливим елементом технологій, що застосовуються при вирощуванні бобових культур є передпосівна інокуляція насіння мікробіологічними препаратами на основі азотфіксувальних мікроорганізмів (Коць С. Я., Михалків Л. М., 2005; Патица В. П. та ін., 2003; Farquharson E. A. et al., 2022). Показано, що для отримання стабільного урожаю насіння нуту звичайного необхідним агротехнічним заходом при вирощуванні культури є інокуляція насіння високоефективними та конкурентоспроможними штамми *M. ciceri* (Логоша О. В. та ін., 2021; Santos M. S., Nogueira M. A., Hungria M., 2019; Andrews M., Andrews M. E., 2017). Особливо, вирощування нуту звичайного в ґрунтово-кліматичних зонах України, для яких культура є нетиповою, технологія повинна включати бактеризацію насіння перед сівбою активними штамми *M. ciceri*. Застосування зазначеного агрозаходу сприятиме формуванню високоефективних симбіотичних систем на коренях рослин, підвищенню стійкості до несприятливих умов природного навколишнього середовища та урожайності (Логоша О. В., Воробей Ю. О., Усманова Т. О., 2019; Elias N. V., Herridge D. F., 2014).

Упродовж 2016–2017 років вченими Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва було виділено з бульбочок нуту звичайного 69 ізолятів *Mesorhizobium* sp. Для селекційної роботи використовувалися рослини, що вирощувалися в Одеській області упродовж

тривалого часу (понад 10 років), де в ґрунті сформувалась активна популяція ризобій, а також з нових регіонів вирощування нуту (Львівська область) (Логоша О. В. та ін. 2019). Штам *M. ciceri* ND-64 виділено з кореневих бульбочок рослин нуту звичайного сорту Пам'ять, відібраних в Одеській області і запатентовано (Логоша О. В. та ін., 2020). Результати досліджень, проведених у Степовій зоні та в зоні Полісся показали, що штам *M. ciceri* ND-64 характеризувався високою вірулентністю, конкурентоспроможністю та азотфіксувальними властивостями і є ефективним мікросимбіонтом нуту звичайного. Тому для дослідження механізмів формування продуктивності нуту звичайного при вирощуванні в ґрунтово-кліматичних умовах ТО Західного Лісостепу використано бактеріальну суспензію *M. ciceri* ND-64.

Одним із шляхів підвищення продуктивності бобових є поєднане застосування культур бульбочкових бактерій з РРР (Пида С. В., Тригуба О. В., 2019; Михалків Л., Коць С., Якимчук Р. та ін., 2008; Chen W. et al., 2022).

Дослідження показали, що обробка насіння різних за морфологічними особливостями та тривалістю вегетаційного періоду сортів нуту звичайного перед сівбою бактеріальною суспензію *M. ciceri* ND-64 та комплексним мікробним препаратом Ризогумін суттєво впливала на формування симбіотичних систем за вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України на фоні місцевої популяції бульбочкових бактерій нуту. У фазі бутонізації нуту звичайного сорту Буджак за впливу БС та Ризогуміну упродовж досліджуваного періоду виявлено статистично вірогідне наростання бульбочок на кореневій системі рослин. Інокуляція мікробними препаратами стимулювала нодуляційні процеси у рослинах. У середньому за 2022-2024 рр. кількість бульбочок на коренях рослин зросла на 44,9 % (БС) та 61,1 % (Ризогумін) (табл. 3.1.1). Варто зазначити, що в ґрунті дослідних ділянок наявна щільна популяція місцевих бульбочкових бактерій нуту, яка спонтанно інокулювала корені рослин контрольного варіанту. За кількістю бульбочок на коренях нуту звичайного сорту Буджак у зазначеній вище фазі вищу нодуляційну активність визначено за обробки насіння перед

сівбою комплексним мікробним препаратом Ризогумін. За впливу мікробних препаратів зростали також показники сухої маси бульбочок на 13,9 % (БС) та 15,3% (табл. 3.1.2). Оскільки на коренях рослин сорту Буджак за впливу Ризогуміну сформувалося більше бульбочок, порівнюючи з спонтанно інокульованими рослинами, а показники зростання їх маси не пропорційні кількості, то середня маса однієї бульбочки в особин цього варіанту була в 1,4 рази нижчою (95,5 мг; К – 133,0 мг) порівнюючи з К. За показником суха маса однієї бульбочки інокульовані рослини БС (104,7 мг) займали проміжне місце між варіантами К і Ризогумін.

Таблиця 3.1.1

Кількість бульбочок (штук) на коренях нуту звичайного у фазі бутонізації за передпосівної обробки насіння мікробними препаратами, $M \pm m$

Варіант	Фаза бутонізації				
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	М за період дослідження, шт.	Відсоток до контролю
Сорт Буджак					
К	9,15±0,43	11,25±0,38	10,42±0,29	10,27	100,0
БС	13,12±0,32	16,08±0,24*	15,43±0,44*	14,88	144,9
Ризогумін	15,26±0,26*	16,67±0,03*	17,72±0,24*	16,55	161,1
Сорт Пам'ять					
К	8,31±0,54	11,17±0,54	9,28±0,45	9,59	100,0
БС	16,52±0,71*	15,92±0,71*	14,92±0,64*	15,79	164,6
Ризогумін	15,23±0,72*	13,25±0,72	16,27±0,57*	14,91	155,5
Сорт Скарб					
К	16,01±0,69	18,23±0,75	15,12±0,67	16,45	100,0
БС	20,16±1,01	23,36±0,89*	21,13±0,87*	21,55	131,0
Ризогумін	25,81±0,73*	27,83±0,87*	28,18±0,86*	27,27	165,8
Сорт Ярина					
К	9,45±0,32	10,44±0,29	10,32±0,64	10,07	100,0
БС	15,36±0,79*	17,67±0,95*	16,64±0,86*	16,56	164,4
Ризогумін	12,24±0,54	14,42±0,47*	11,36±0,66	12,67	125,8

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Сорти нуту звичайного Пам'ять і Буджак рекомендовано для вирощування у Степу, є середньостиглими і характеризуються практично однаковою тривалістю вегетаційного періоду (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022). За обробки насіння перед сівбою БС та Ризогуміном також підвищується нодуляційна активність нуту звичайного сорту Пам'ять (табл.

3.1.1, 3.1.2). Середня кількість бульбочок та їх суха маса на коренях інокульованих рослин у фазі бутонізації були вищими, порівнюючи з спонтанно інокульованими рослинами на 64,6 % та 32,3 % (БС) і 55,5% та 16,1 % (Ризогумін). За зазначеними параметрами у фазі бутонізації ефективнішою виявилася інокуляція БС. За показником суха маса однієї бульбочки виявлено аналогічні результати, порівнюючи з сортом Буджак. Встановлено, що за інокуляції насіння нуту звичайного сорту Пам'ять штамом *M. ciceri* ND-64 в умовах вегетаційного дослідження на кореневій системі рослин сформувалося на 82 % більше бульбочок, порівнюючи з інокуляцією референтним штамом *M. ciceri* Н-12 (Логоша О. В. та ін., 2020).

Таблиця 3.1.2

Інтенсивність наростання бульбочок (суха маса, г) на кореневій системі рослини нуту звичайного за впливу мікробних препаратів у фазі бутонізації,
 $M \pm m$

Варіант	Фаза бутонізації				
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	М за період дослідження, г	Відсоток до контролю
Сорт Буджак					
К	1,22±0,04	1,41±0,05	1,48±0,04	1,37	100,0
БС	1,47±0,05*	1,59±0,05*	1,62±0,03*	1,56	113,9
Ризогумін	1,54±0,03*	1,52±0,03	1,69±0,04*	1,58	115,3
Сорт Пам'ять					
К	1,13±0,04	1,30±0,03	1,28±0,06	1,24	100,0
БС	1,57±0,03*	1,64±0,03*	1,72±0,04*	1,64	132,3
Ризогумін	1,36±0,09*	1,42±0,10	1,54±0,09	1,44	116,1
Сорт Скарб					
К	1,16±0,09	1,26±0,11	1,31±0,09	1,24	100,0
БС	1,48±0,11*	1,56±0,10	1,61±0,12	1,55	125,0
Ризогумін	1,57±0,09*	1,61±0,08*	1,68±0,07*	1,62	130,6
Сорт Ярина					
К	1,14±0,11	1,34±0,12	1,21±0,19	1,23	100,0
БС	1,67±0,12*	1,79±0,15*	1,69±0,14*	1,72	139,8
Ризогумін	1,34±0,11	1,46±0,13	1,48±0,12	1,43	116,3

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Сорт Скарб рекомендовано для вирощування у зоні Степу та Лісостепу (Каталог сортів..., 2023). У фазі бутонізації нуту звичайного сорту Скарб формувалася ефективний симбіоз на коренях дослідних рослин, що сприяло утворенню на 31,0 % (БС) і 65,8 % (Ризогумін) та 25,0 % (БС) і 30,0 % (Ризогумін) відповідно більше бульбочок з вищою сухою масою порівнюючи з контролем (табл. 3.1.1, 3.1.2). За показником маса однієї бульбочки виявлено аналогічні результати порівнюючи з сортами Буджак та Пам'ять (К – 74,5мг; БС – 71,9 мг; Ризогумін – 59,4 мг).

Показано, що за вирощування у Степовій зоні сортів нуту звичайного Буджак, Скарб, Одисей, Адмірал, Пам'ять та Триумф на фоні місцевої популяції бульбочкових бактерій за інокуляції насіння *M. ciceri* ND-64 перед сівбою виявлено вірогідне збільшення кількості та маси бульбочок на 5–44 % та 10–67 %, порівнюючи з інокульованими рослинами референтним штамом *M. ciceri* Н-12, який слугував позитивним контролем (Логоша О. В. та ін., 2020).

Сорт Ярина рекомендовано для вирощування у зоні Степу, Лісостепу та Полісся (Каталог сортів..., 2023; Колесніков М. О., Кадиров Т. Р. 2022). Дослідження нодуляційної активності нуту звичайного сорту Ярина у фазі бутонізації показало високу ефективність інокуляції насіння перед сівбою *M. ciceri* ND-64. За впливу БС кількість бульбочок та їх маса, порівнюючи з контролем зросла 64,4 % та 39,8 %. У фазі бутонізації на кореневій системі рослин зазначеного сорту сформувались бульбочки з найбільшою масою з розрахунку на одну рослину порівнюючи з сортами Буджак, Пам'ять та Скарб. За обробки насіння перед сівбою Ризогуміном виявлено статистично вірогідне збільшення кількості бульбочок на коренях рослин у середньому на 25,8 %, але за масою – виявлено тенденцію до підвищення показника на 16,3 %. Маса однієї бульбочки, що сформувались на кореневій системі нуту сорту Ярина у контрольному варіанті також була найбільшою. Різна реакція сортів на обробку насіння перед сівбою мікробними препаратами пояснюється наявністю сортової специфічності нуту звичайного, і, очевидно, складом

кореневих виділень різних сортів. Відомо, що ефективність симбіозу залежить від сортової специфічності бобових культур до селекціонованих штамів бульбочкових бактерій (Січка В. І. та ін., 2014; Walker L., Lagunas B., Gifford M. L., 2020).

У фазі цвітіння симбіотичні системи, що сформувалися на коренях досліджуваних сортів нуту звичайного характеризувалися найвищими показниками упродовж онтогенезу (табл. 3.1.3, 3.1.4). За обробки насіння нуту звичайного сорту Буджак БС і Ризогуміном упродовж досліджуваного періоду статистично вірогідно збільшувались кількість та суха маса бульбочок на кореневій системі рослин у середньому на 54,1 % та 30,6 % і 92,2 % та 51,6 %.

Таблиця 3.1.3

Кількість бульбочок (штук) на коренях нуту звичайного у фазі цвітіння за передпосівної обробки насіння мікробними препаратами, $M \pm m$

Варіант	Фаза цвітіння				
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	М за період дослідження, шт.	Відсоток до контролю
Сорт Буджак					
К	11,42±0,66	15,44±0,37	12,44±0,29	13,10	100,0
БС	20,33±0,55*	21,89±0,20*	18,36±0,44*	20,19	154,1
Ризогумін	29,75±1,34*	24,56±0,49*	21,17±0,24*	25,16	192,2
Сорт Пам'ять					
К	10,75 ±0,91	28,11±1,01	11,12±0,74	16,66	100,0
БС	18,75±0,63*	39,67±1,06*	18,19±0,66*	25,50	153,1
Ризогумін	17,67±0,50*	31,11±0,85	18,27±0,78*	22,35	134,1
Сорт Скарб					
К	16,88±0,85	19,48±0,87	16,33±0,85	17,56	100,0
БС	22,58±1,01	25,52±1,04*	23,35±1,13*	23,82	135,6
Ризогумін	28,87±0,84*	29,74±0,98*	29,97±0,72*	29,53	168,1
Сорт Ярина					
К	12,25±0,53	15,92±0,70	13,33±0,49	13,83	100,0
БС	17,83±0,08*	26,42±1,20*	21,22±0,68*	21,82	157,8
Ризогумін	14,00±1,24	15,67±1,13	15,89±0,62	15,19	109,8

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

У контрольному варіанті від фази бутонізації до масового цвітіння кількість бульбочок збільшилась у середньому в 1,3 рази, а їх маса – в 1,8 разів, за інокуляції БС – в 1,4 та 2,1 рази, обробки насіння Ризогуміном – 1,5 та 2,3 рази відповідно. За цей період суха маса однієї бульбочки також зросла в 1,4

(К, 187, 0 мг) та 1,5 (БС, 158,5мг; Ризогумін, 147,5 мг) разів. Обробка насіння перед сівбою Ризогуміном ефективніше впливала на формування симбіотичних систем на коренях нуту звичайного сорту Буджак порівнюючи з інокуляцією БС.

Варто зазначити, що за впливу мікробних препаратів бульбочки на коренях рослин нуту звичайного досліджуваних сортів були рожевого забарвлення і розміщувалися, в основному, на головному корені стрижневої кореневої системи.

Таблиця 3.1.4

Інтенсивність наростання бульбочок (суха маса, г) на кореневій системі рослини нуту звичайного за впливу мікробних препаратів у фазі цвітіння,

$M \pm m$

Варіант	Фаза цвітіння				
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	М за період дослідження, г	Відсоток до контролю
Сорт Буджак					
К	2,15±0,07	2,57±0,05	2,63±0,08	2,45	100,0
БС	3,02±0,06*	3,26±0,07*	3,32±0,06*	3,20	130,6
Ризогумін	3,55±0,14*	3,75±0,16*	3,84±0,19*	3,71	151,6
Сорт Пам'ять					
К	1,23±0,04	1,73±0,05	1,57±0,05	1,51	100,0
БС	2,35±0,06*	2,67±0,12*	2,56±0,12*	2,53	167,5
Ризогумін	2,28±0,09*	2,48±0,05	2,34±0,05*	2,37	156,7
Сорт Скарб					
К	1,21±0,09	1,34±0,11	1,39±0,11	1,31	100,0
БС	1,64±0,11*	1,67±0,09	1,69±0,13	1,67	127,5
Ризогумін	1,74±0,08*	1,79±0,10*	1,81±0,09*	1,78	135,9
Сорт Ярина					
К	1,24±0,12	1,39±0,11	1,28±0,11	1,30	100,0
БС	1,76±0,10*	1,87±0,07	1,84±0,12*	1,82	140,0
Ризогумін	1,43±0,13	1,57±0,12	1,64±0,13*	1,55	119,0

Примітка: *відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

У фазі цвітіння в нуту звичайного сорту Пам'ять показники, що характеризують симбіотичні системи також збільшилися на 53,1 % (кількість бульбочок) та 67,5 % (суха маса бульбочок) за інокуляції БС і 34,1 % та 56,7 % відповідно за обробки насіння перед сівбою Ризогуміном, порівнюючи із

спонтанно інокульованими рослинами варіанту К. Показники середнього значення сухої маси бульбочок з однієї рослини сорту Пам'ять у фазі цвітіння були найвищими порівнюючи з сортами Буджак, Скарб та Ярина. За період від фази бутонізації до фази цвітіння показник сухої маси бульбочок з однієї рослини збільшився в 1,2 (К), 1,5 (БС), та 1,6 (Ризогумін) рази. БС суттєвіше впливала на нодуляційну активність рослин сорту Пам'ять, порівнюючи з Ризогуміном.

Нодуляційна активність нуту звичайного сорту Скарб у фазі цвітіння також підвищилася, порівнюючи з фазою бутонізації (табл. 3.1.3, 3.1.4). За інокуляції насіння БС кількість та суха маса бульбочок збільшились у середньому за період дослідження на 35,6 % та 27,5 %, обробки насіння перед сівбою Ризогуміном – 68,1 % та 35,9 %. Ефективнішим за параметрами формування нутово-ризобіальних систем у фазі цвітіння як і у фазі бутонізації виявився комплексний мікробний препарат Ризогумін.

Показано, що інокуляція насіння нуту сортів Скарб, Пам'ять та Тріумф *M. ciceri* ND-64 сприяла формуванню більшої кількості бульбочок (на 57–89 %), зростанню їх маси (в 2,2–2,9 рази), порівнюючи з позитивним контролем, яким слугувала інокуляція референтним штамом *M. ciceri* Н-12 за вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах Полісся на полях, де відсутня місцева популяція ризобій нуту (Логоша О. В. та ін, 2020).

У процесі порівняльного аналізу виявлено аналогічну закономірність стосовно формування бульбочок на коренях нуту звичайного сорту Ярина порівнюючи з вищезазначеними сортами. У фазі цвітіння рослини дослідних варіантів сформували на коренях на 57,8 % (БС) і 9,0 % (Ризогумін) більше бульбочок з вищою на 40,0% (БС) і 19,0 % (Ризогумін) сухою масою за впливу мікробних препаратів. Середня суха маса однієї бульбочки у цій фазі була меншою, порівнюючи з фазою бутонізації і коливалася в межах 94,0 мг (К) – 80,7 мг (Ризогумін). Інокуляція БС суттєвіше впливала на формування симбіотичних систем нуту звичайного сорту Ярина порівнюючи з Ризогуміном. Очевидно, *M. ciceri* ND-64 є комплементарним до нуту

звичайного сорту Ярина, оскільки виявлено істотне зростання параметрів нодуляційної активності рослин.

Під час формування бобів середня кількість бульбочок на коренях нуту звичайного сорту Буджак порівнюючи з фазою цвітіння збільшилась на 4,8 (К), 4,5 (БС), та 3,2 (Ризогумін) штук, але їх суха маса в середньому була дещо меншою, що пояснюється частковим їх лізисом (табл. 3.1.5, 3.1.6). За обробки насіння перед сівбою мікробними препаратами порівнюючи з спонтанно інокульованими рослинами визначено більшу кількість бульбочок на 38,1 % (БС) та 58,9 % (Ризогумін). Їх суха маса у середньому на коренях однієї рослини також була більшою на 37,8 % та 53,7 % відповідно. Варто зазначити, що середня суха маса однієї бульбочки становила 116,7 мг (К), 116,6 мг (БС) та 113,0 мг (Ризогумін). Порівнюючи з фазою цвітіння у фазі формування бобів суха маса бульбочки зменшилася на 37,6 % у рослин контрольного варіанту, за інокуляції БС – на 26,4 %, обробки насіння Ризогуміном – на 23,4 %. Очевидно, за впливу мікробних препаратів сповільнюється процес старіння бульбочок.

У нуту звичайного сорту Пам'ять у фазі формування бобів порівнюючи з фазою цвітіння суттєво зростає середня кількість бульбочок на коренях рослини на 48,5 % (К), 67,4 % (БС), і 81,7 % (Ризогумін), порівнюючи з рослинами контрольного варіанту, відповідно на 72,2 % (БС) та 64,1 % (Ризогумін) (табл. 3.1.5, 3.1.6). За впливу мікробних препаратів, порівнюючи з попередньою фазою, виявлено також збільшення середніх показників сухої маси бульбочок на 14,2 % (БС) і 1,7 % (Ризогумін), порівнюючи з контролем – на 105,0 % (БС) та 70,9 % (Ризогумін). У фазі формування бобів спостерігається також більша маса однієї бульбочки за обробки насіння перед сівбою БС і Ризогуміном (К – 56,8 мг, 67,7 мг і 59,2 мг). За показниками сухої маси бульбочок у сорту Пам'ять за впливу мікробних препаратів не виявлено їх старіння.

У нуту звичайного сорту Скарб у фазі формування бобів також спостерігається вища нодуляційна активність, порівнюючи з фазою цвітіння.

За впливу мікробних препаратів чисельність бульбочок збільшилася на 37,4 % (БС) та 68,8 % (Ризогумін), а їх суха маса – 39,8 % та 51,2 % відповідно порівнюючи з К. За впливу БС бульбочки були більші за розмірами, порівнюючи з контролем та варіантом Ризогімін. За сухою масою однієї бульбочки варіанти можна розмістити у такій послідовності : БС > К > Ризогумін.

Таблиця 3.1.5

Кількість бульбочок (штук) на коренях нуту звичайного у фазі формування бобів за передпосівної обробки насіння мікробними препаратами, $M \pm m$

Варіант	Фаза формування бобів				
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	М за період дослідження, шт.	Відсоток до контролю
Сорт Буджак					
К	14,38±0,89	24,58±0,96	14,64±0,69	17,9	100,0
БС	23,15±1,18	28,50±1,87	22,39±1,16*	24,7	138,1
Ризогумін	27,66±1,46	31,67±1,63	25,85±1,12*	28,4	158,9
Сорт Пам'ять					
К	21,54 ±0,98	26,50±1,24	26,42±1,17	24,8	100,0
БС	38,17±1,13*	49,92±1,10*	40,14±1,12*	42,7	172,2
Ризогумін	36,26±1,15	47,52±1,70*	38,24±1,18*	40,7	164,1
Сорт Скарб					
К	16,98±0,88	21,03±0,79	19,13±0,89	19,0	100,0
БС	24,15±1,12	27,86±1,09	26,38±1,21	26,1	137,4
Ризогумін	30,18±1,18	32,84±1,47	33,19±1,87	32,1	168,8
Сорт Ярина					
К	14,12±0,75	17,12±0,87	16,23±0,94	15,8	100,0
БС	21,48±0,64*	28,46±1,12*	26,28±0,87*	25,4	160,8
Ризогумін	17,12±0,92	18,63±1,21	19,58±1,16	18,4	116,7

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

У фазі формування бобів нуту звичайного сорту Ярина за інокуляції насіння перед сівбою БС чисельність бульбочок порівнюючи з контролем збільшилась на 60,8, а їх суха маса на 35,0 % (див. табл. 3.1.5, 3.1.6). За впливу Ризогуміну у фазах цвітіння та формування бобів кількість бульбочок на коренях рослин практично була однаковою, але суха їх маса під час формування бобів була на 2,6 % більшою. У сорту Ярина за показниками суха маса бульбочок за впливу мікробних препаратів також не виявлено ознак їх старіння, як і в сортів Пам'ять та Скарб.

Таблиця 3.1.6

Інтенсивність наростання бульбочок (суха маса, г) на кореневій системі рослини нуту звичайного за впливу мікробних препаратів у фазі формування бобів, $M \pm m$

Варіант	Фаза формування бобів				
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	М за період дослідження, г	Відсоток до контролю
Сорт Буджак					
К	2,05±0,13	1,98±0,11	2,23±0,08	2,09	100,0
БС	3,00±0,06*	2,71±0,16	2,93±0,12*	2,88	137,8
Ризогумін	3,26±0,15*	2,94±0,05*	3,44±0,18*	3,21	153,7
Сорт Пам'ять					
К	1,23±0,04	1,45±0,08	1,54±0,07	1,41	100,0
БС	2,65±0,12*	3,15±0,13*	2,87±0,12	2,89	205,0
Ризогумін	2,28±0,09*	2,54±0,07	2,41±0,08*	2,41	170,9
Сорт Скарб					
К	1,18±0,07	1,24±0,12	1,28±0,10	1,23	100,0
БС	1,76±0,12*	1,71±0,10	1,69±0,13	1,72	139,8
Ризогумін	1,84±0,08*	1,83±0,12*	1,91±0,09*	1,86	151,2
Сорт Ярина					
К	1,32±0,09	1,41±0,11	1,37±0,12	1,37	100,0
БС	1,83±0,11*	1,94±0,13	1,78±0,10*	1,85	135,0
Ризогумін	1,53±0,12	1,67±0,11	1,58±0,12	1,59	116,3

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Отже, передпосівна обробка насіння нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина БС та Ризогуміном за вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу на фоні популяції місцевих рас бульбочкових бактерій нуту суттєво стимулює нодуляційні процеси у рослинах і сприяє формуванню рослинно-мікробних симбіотичних систем.

3.2. Інтенсивність фіксації молекулярного нітрогену симбіотичними системами *Cicer arietinum* – *Mesorhizobium ciceri* за інокуляції мікробними препаратами

У процесі біологічної фіксації Нітрогену азотфіксуючими мікроорганізмами молекулярний азот повітря ферментативно відновлюється

до аміаку. Завдяки ферментативній діяльності до організму рослини та в ґрунт надходить приблизно 100 млн т біологічного азоту. Важливим показником, що характеризує симбіотичну систему бобової рослини є нітрогеназна активність бульбочок (Патика В. П. та ін., 2003). З літератури відомо, що існує кореляційна залежність між масою бульбочок та активністю ензиму нітрогенази за інокуляції насіння ефективними штамми ризобій (Sadowsky M. J., Graham P. H., 1998; Andrews M., Andrews M. E., 2017; Tajima R. et al., 2007).

Дослідження показали, що передпосівна обробка насіння нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина БС та Ризогуміном суттєво впливала на формування рослинно-мікробних симбіотичних систем упродовж вегетаційного періоду до фази формування бобів (див. розділ 3.1).

Встановлено, що активність фіксації молекулярного Нітрогену нутово-ризобіальною системою сорту Буджак за впливу БС і Ризогуміну упродовж онтогенезу характеризувалася значно вищими показниками, порівнюючи зі спонтанно інокульованими місцевими популяціями бульбочкових бактерій рослинами (табл. 3.2.1). На початку вегетаційного періоду у фазі 5-7 листків виявлено статистично вірогідне підвищення нітрогеназної активності на 72,2 % за обробки насіння перед сівбою комплексним мікробним препаратом Ризогумін порівнюючи із спонтанно інокульованими рослинами. За зазначеним показником симбіотичні системи, утворені *M. ciceri* ND-64 за азотфіксувальною активністю (АФА) суттєво не відрізнялися від контролю. Виявлено тенденцію до її підвищення на 20,0 %. У фазі бутонізації нутово-ризобіальні системи активно фіксували азот за впливу Ризогуміну, їх АФА була вищою на 106,4 % порівнюючи з контролем. Стосовно впливу БС виявлено аналогічні з попередньою фазою результати (на 28,8 %).

У фазі бутонізації на коренях нуту звичайного сорту Буджак за впливу БС і Ризогуміну сформувались бульбочки з приблизно однаковою сухою масою (див. табл. 3.1.2). На початку цвітіння рослин показники АФА бульбочок дослідних варіантів статистично вірогідно на 70,6 % (БС) та 85,7 % (Ризогумін) відрізнялися від контролю. Найбільшою АФА характеризувалися

кореневі бульбочки під час цвітіння рослин, що в 2,2 (БС) та 2,4 (Ризогумін) рази більше порівнюючи з спонтанно інокульованими рослинами.

Показано, що за вирощування у Степовій зоні сортів нуту звичайного Буджак, Скарб, Одисей, Адмірал, Пам'ять та Триумф на фоні місцевої популяції бульбочкових бактерій за інокуляції насіння *M. ciceri* ND-64 перед сівбою у фазі цвітіння рослин виявлено вірогідне збільшення нітрогеназної активності бульбочок на 26-150 %, порівнюючи з позитивним контролем, яким слугувала інокуляція референтним штамом *M. ciceri* Н-12 (Логоша О. В. та ін., 2020). Активність азотфіксувальних мікроорганізмів залежить від екологічних факторів конкретного регіону, оскільки вони потребують для своєї життєдіяльності певних умов зовнішнього середовища (Алексєєв О. О., 2016).

Під кінець цвітіння АФА корневих бульбочок знижується у всіх варіантах, але за обробки насіння перед сівбою Ризогуміном показник статистично вірогідно вищий на 104,4 % порівнюючи з спонтанно інокульованими рослинами. За інокуляції БС АФА бульбочок на 12,7 % більша порівнюючи з контролем.

Зменшення маси сухих бульбочок у фазі формування бобів (див. табл. 3.1.6) вказує про їх частковий лізис. Деякі бульбочки набували бурого забарвлення і характеризувалися м'якою консистенцією. У фазі формування бобів виявлено зниження АФА бульбочок порівнюючи з попередньою фазою, але ферментативна активність їх була вірогідно вищою порівнюючи з спонтанно інокульованими рослинами контрольного варіанту на 36,0 % (БС) та 41,8 % (Ризогумін).

Отже, застосування у технології вирощування мікробних препаратів суттєво підвищувало азотфіксувальний потенціал симбіозу нуту звичайного сорту Буджак з присутніми у ґрунті бактеріями. Передпосівна обробка насіння комплексним мікробіологічним препаратом Ризогумін сприяла активнішому функціонуванню бульбочок у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу порівнюючи з інокуляцією насіння нуту звичайного сорту Буджак БС на фоні місцевої популяції бульбочкових бактерій нуту. Активність

фіксації молекулярного азоту нутто-ризобіальною системою сорту Буджак за впливу БС і Ризогуміну упродовж онтогенезу характеризувалася значно вищими показниками порівнюючи зі спонтанно інокульованими рослинами місцевими популяціями бульбочкових бактерій (табл. 3.2.1).

Таблиця 3.2.1

Динаміка загальної азотфіксувальної активності кореневих бульбочок нуту звичайного сорту Буджак (нмоль C_2H_4 / (рослину x год)) за впливу мікробних препаратів, $M \pm m$

Варіант	Фаза росту і розвитку					
	5-7 листків	бутонізація	початок цвітіння	масове цвітіння	кінець цвітіння	формування бобів
К	2,45±0,27	2,50±0,33	3,02±0,11	9,00±0,75	2,29±0,39	1,20±0,17
БС	2,94±0,25	3,22±0,19	4,18±0,11*	19,64±1,56*	2,58±0,26	1,63±0,12*
РГ	4,22±0,26*	5,16±0,64*	4,55±0,13*	21,23±0,97*	4,68±0,47*	1,70±0,20*

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Бульбочкові бактерії характеризуються специфічністю, тобто здатністю утворювати бульбочки на кореневій системі певного виду бобової рослини або їх групи (Патика В. П. та ін., 2003; Bisseling T., Geurts R., 2020; Krutylo D.V., 2020). Показано наявність не тільки видової специфічності бульбочкових бактерій, а й сортової специфічності люпину білого та люпину жовтого до бульбочкових бактерій люпину (Пида С. В., 2007), різну реакцію сортів нуту звичайного на бактеризацію за вирощування в умовах Одеської обл. (Логоша О. В. та ін., 2021). Дослідження АФА бульбочок нуту звичайного сорту Пам'ять упродовж онтогенезу показало суттєве підвищення їх активності за обробки насіння перед сівбою мікробними препаратами (табл. 3.2.2). Найвищою АФА характеризувалися бульбочки нуту звичайного сорту Пам'ять у фазі масового цвітіння аналогічно сорту Буджак. Саме у цій фазі бульбочки характеризувалися найвищою середньою сухою масою і відтак – АФА, що узгоджується з даними літератури про наявність кореляційної залежності між зазначеними показниками (Sadowsky M. J., Graham P. H., 1998; Andrews M., Andrews M. E., 2017). У фазах 5-7 листків, бутонізації та масового

цвітіння виявлено статистично вірогідне підвищення АФА бульбочок за впливу БС та Ризогуміну у 4,2 та 1,6, 4,9 та 1,9, 2,9 та 2,6 рази більше порівнюючи з спонтанно інокульованими рослинами. На початку цвітіння, під кінець цвітіння та у фазі формування бобів суттєву різницю за показником АФА виявлено за інокуляції насіння БС, що на 95,8 %, 28,3 % та 60,3 % більше порівнюючи з контролем. За впливу Ризогуміну у зазначених вище фазах симбіотичні системи також характеризувалися вищою на 21,8 %, 25,4 % та 31,0 % АФА відповідно. Варто відмітити, що упродовж фази цвітіння кореневі бульбочки, утворені місцевими популяціями бактерій нуту також характеризувалися високою активністю.

Таблиця 3.2.2

Динаміка загальної азотфіксувальної активності корневих бульбочок нуту звичайного сорту Пам'ять (нмоль C_2H_4 / (рослину x год)) за впливу мікробних препаратів, $M \pm m$

Варіант	Фаза росту і розвитку					
	5-7 листків	бутонізація	початок цвітіння	масове цвітіння	кінець цвітіння	формування бобів
К	0,58±0,03	1,02±0,19	5,45±0,42	5,67±0,21	2,44±0,18	0,58±0,02
БС	2,45±0,37*	5,06±0,56*	10,67±0,42*	16,56±1,01*	3,13±0,23*	0,93±0,04*
РГ	0,93±0,06*	1,98±0,18*	6,64±0,22	14,54±0,65*	3,06±0,27	0,76±0,12

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Упродовж онтогенезу кореневі бульбочки нуту звичайного сорту Пам'ять характеризувалися дещо нижчими показниками АФА, порівнюючи з сортом Буджак, що пояснюється різною реакцією сортів культури на бактеризацію (Логоша О. В. та ін., 2021). За впливу інокуляції БС кореневі бульбочки нуту звичайного сорту Пам'ять протягом вегетаційного періоду характеризувалися дещо вищою АФА, порівнюючи з варіантом обробки насіння Ризогуміном, що свідчить про вищу комплементарність цього сорту до *M. ciceri* ND-64.

Аналіз показників АФА корневих бульбочок нуту звичайного сорту Скарб показав, що обробка насіння перед сівбою мікробними препаратами

також суттєво впливала на функціонування симбіотичних систем упродовж вегетаційного періоду (табл. 3.2.3).

Таблиця 3.2.3

Динаміка загальної азотфіксувальної активності кореневих бульбочок нуту звичайного сорту Скарб (нмоль C_2H_4 / (рослину x год)) за впливу мікробних препаратів, $M \pm m$

Варіант	Фаза росту і розвитку					
	5-7 листіків	бутонізація	початок цвітіння	масове цвітіння	кінець цвітіння	формування бобів
К	0,59±0,07	0,59±0,04	1,85±0,10	4,97±0,20	1,15±0,23	0,26±0,04
БС	0,83±0,08	1,01±0,12*	3,16±0,17*	16,48±1,01*	2,17±0,15*	0,77±0,07*
РГ	1,26±0,12*	1,51±0,18*	3,52±0,30*	14,49±0,65*	4,29±0,52*	0,46±0,05*

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Практично у всіх фазах росту і розвитку рослин (крім фази 5-7 листків за впливу БС) виявлено статистично вірогідне підвищення АФА за впливу БС та Ризогуміну на 40,7 % та 113,6 % (фаза 5-7 листків), 71,2 % та 155,9 % (бутонізація), 70,8 % та 90,3 % (початок цвітіння), 231,6 % та 191,5 % (масове цвітіння), 88,7 % та 273,0 % (кінець цвітіння), 196,1 % та 76,9 % (формування бобів) відповідно. Варто зазначити, що під час масового цвітіння та формування бобів активніше функціонували симбіотичні системи нуту звичайного сорту Скарб за інокуляції насіння БС, в інших фазах росту і розвитку рослин – обробки насіння перед сівбою Ризогуміном. Показано, що за вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах Полісся на полях, де відсутня місцева популяція ризобій нуту інокуляція насіння нуту звичайного сортів Скарб, Пам'ять та Триумф *M. ciceri* ND-64 сприяла зростанню нітрогеназної активності бульбочок у 2–4 рази порівнюючи з позитивним контролем – інокуляція референтним штамом *M. ciceri* Н-12 (Логоша О. В. та ін., 2020). За вирощування нуту звичайного у 2018 році в умовах польового дослідження у зоні Степу (Одеська обл., південний регіон України) на базі СГІ-НЦНС відзначено найслабшу здатність сорту Скарб за симбіотичними показниками

відгукуватися на інокуляцію зпоміж сортів Адмірал, Буджак, Пам'ять, Одисей та Тріумф (Логоша О. В. та ін., 2021).

В умовах польового дослідження на фоні спонтанної інокуляції та за інтродукції селекціонованих штамів бульбочкових бактерій нуту мікробних препаратів симбіотичні системи сорту Скарб за вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу характеризувалися нижчою АФА порівнюючи з сортами Пам'ять та Буджак.

Сорт Ярина зареєстрований у 2019 році (Аграрії разом..., 2025). Порівняно з іншими сортами нуту звичайного його здатність до формування та особливості функціонування симбіотичних систем за інокуляції на фоні місцевих популяцій бульбочкових бактерій нуту у різних ґрунтово-кліматичних умовах вирощування культури практично не вивчені. В ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу досліджувалась насіннева продуктивність нуту звичайного сортів Тріумф, Пам'ять та Ярина за впливу різних норм висіву та застосування фунгіцидів і гербіцидів (Лихочвор В. В., Пуцак В. І., 2018).

Дослідження показали, що обробка насіння нуту звичайного сорту Ярина перед сівбою мікробними препаратами на фоні місцевих популяцій *M. ciceri* сприяла активному функціонуванню симбіотичних систем (табл. 3.2.4). Фаза цвітіння рослин характеризувалася найвищими показниками АФА бульбочок. Порівнюючи з зазначеними вище сортами пік АФА упродовж вегетаційного періоду сорту Ярина визначено також під час масового цвітіння. У фазі 5-7 листків за впливу мікробних препаратів АФА бульбочок рослин дослідних варіантів була більшою на 129,4 % (БС) та 82,3 % (Ризогумін) порівнюючи з контролем. Аналогічну закономірність визначено і у фазі бутонізації. Приріст показників АФА дослідних варіантів становив 108,0 % (БС) та 76,0 % (Ризогумін). На початку цвітіння АФА бульбочок порівнюючи з спонтанно інокуюваними рослинами була також більшою на 103,1 % (БС) та 59,9 % (Ризогумін). Під час масового цвітіння абсолютні показники АФА порівнюючи з попередньою фазою (початком цвітіння) зросли в 2,0 (БС) та 1,9

(Ризогумін) рази, але порівнюючи з контролем – на 95,8 % (БС) та 40,1 % (Ризогумін), що пояснюється підвищенням АФА бульбочок, утворених місцевими бульбочковими бактеріями нуту у цій фазі. Під час формування бобів АФА бульбочок усіх варіантів знизилася, що вказує на їх лізис, але за впливу мікробних препаратів АФА була в 4,4 (БС) та 2,4 (Ризогумін) рази більшою порівнюючи з контролем. Це свідчить про сповільнений процес старіння бульбочок нуту звичайного сорту Ярина за впливу мікробних препаратів. Варто відзначити, що упродовж вегетаційного періоду за обробки насіння перед сівбою БС та Ризогуміном виявлено статистично вірогідне підвищення нітрогеназної активності порівнюючи з спонтанно інокульованими рослинами.

Таблиця 3.2.4

Динаміка загальної азотфіксувальної активності кореневих бульбочок нуту звичайного сорту Ярина (нмоль C_2H_4 /(рослину x год)) за впливу мікробних препаратів, $M \pm m$

Варіант	Фаза росту і розвитку					
	5-7 листків	бутонізація	початок цвітіння	масове цвітіння	кінець цвітіння	формування бобів
К	0,34±0,03	0,50±0,06	2,57±0,34	5,45±0,42	2,38±0,06	0,22±0,03
БС	0,78±0,02*	1,04±0,15*	5,22±0,51*	10,67±0,42*	4,93±0,03*	0,97±0,12*
РГ	0,62±0,02*	0,88±0,08*	4,11±0,32*	7,64±0,22	3,75±0,08*	0,54±0,03*

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Отже, нут звичайний сорту Ярина позитивно реагує на передпосівну обробку насіння БС та комплексним мікробним препаратом Ризогумін на фоні місцевих популяцій *M. ciceri* і формує активні симбіотичні системи у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу.

Оскільки, азотфіксація тісно пов'язана з процесом фотосинтезу, ефективний симбіоз між бульбочковими бактеріями і бобовими рослинами можливий за умови надходження в бульбочки достатньої кількості вуглеводів, що утворюються в рослинах під час фотосинтезу, а з бульбочок у рослини транспортується біологічний азот, засвоєний бактеріями з повітря (Bethlenfalvay G. J., Phillips D. A., 1977; Da-quan X. et al., 1989; Патица В. П. та

ін., 2003, Kots S. et al., 2022; Xu P., Wang E., 2023), то наступним етапом досліджень буде встановлення впливу мікробних препаратів на ростові процеси та формування фотосинтетичного апарату сортів нуту звичайного.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. У ґрунті дослідних ділянок агробіолабораторії ТНПУ наявні місцеві популяції бульбочкових бактерій нуту, які спонтанно інокулювали корені рослин нуту звичайного контрольного варіанту.

2. Обробка насіння нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина перед сівбою БС і комплексним мікробним препаратом Ризогумін на фоні місцевих популяцій *M. ciceri* стимулювала нодуляційні процеси у рослинах і сприяла формуванню та функціонуванню ефективних азотфіксувальних симбіотичних систем.

3. За впливу БС та Ризогуміну на коренях нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб і Ярина порівнюючи з контролем, яким слугували спонтанно інокульовані рослини, у фазах бутонізації, цвітіння та формування бобів утворилося в середньому на 25,8-65,8 %, 9,8-92,2 % та 16,7-72,2 % більше бульбочок з вищою на 13,9-39,8 %, 19,0-67,5 % та 16,3-105,0 % сухою масою.

4. Найвищу АФА бульбочок упродовж вегетаційних періодів нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина за вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу на фоні щільної популяції бульбочкових бактерій нуту виявлено у фазі масового цвітіння рослин. За величиною АФА симбіотичних систем у зазначеній фазі сорти нуту звичайного можна розмістити у такій послідовності : Буджак > Пам'ять > Ярина > Скарб (варіант контроль) та Буджак > Пам'ять > Скарб > Ярина (варіанти БС та Ризогумін). Підтверджено наявність сортової специфічності нуту звичайного до штамів *M. ciceri* мікробних препаратів.

5. Упродовж досліджуваних фаз росту і розвитку рослин нуту звичайного кореневі бульбочки сорту Буджак всіх варіантів порівнюючи з сортами Пам'ять, Скарб та Ярина характеризувалися найвищою АФА.

Обробка насіння перед сівбою нуту звичайного сорту Буджак Ризогуміном суттєвіше впливала на формування та функціонування бульбочок на коренях рослин порівнюючи з інокуляцією БС.

6. Інокуляція насіння нуту звичайного сорту Пам'ять БС сприяла формуванню більшої кількості бульбочок на коренях рослин з вищою масою та нітрогеназною активністю, порівнюючи із застосуванням Ризогуміну. Аналогічні результати стосовно формування та функціонування симбіотичних систем виявлено у нуту звичайного сорту Ярина. За впливу БС симбіотична система сорту Скарб характеризувалася у середньому більшою кількістю бульбочок з вищою їх масою упродовж фенологічних фаз бутонізації, цвітіння та формування бобів, проте за інокуляції насіння БС виявлено вищу АФА бульбочок під час масового цвітіння та формування бобів.

7. Застосування БС або мікробного препарату Ризогумін для обробки насіння нуту звичайного перед сівбою у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу на фоні популяції місцевих бульбочкових бактерій нуту є обов'язковим елементом технології, що суттєво впливає на формування та функціонування симбіотичних систем на коренях рослин.

Результати експериментальних досліджень, представлених у розділі три, наведено в публікаціях (2).

РОЗДІЛ 4

РОСТОВІ ПРОЦЕСИ ТА НАКОПИЧЕННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ У ЛИСТКАХ *CICER ARIETINUM* ЗА ВПЛИВУ БАКТЕРІАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ

Фотосинтез – життєво важливий процес у природі, що створює сприятливі умови для живих організмів, оскільки забезпечує їх киснем, яким вони дихають, і є основним процесом утворення органічних речовин, а відтак – формування урожаю сільськогосподарських культур, що використовується у харчуванні людини, на корм тваринам та сировиною для промисловості. Дослідження особливостей функціонування фотосинтетичного апарату культурних рослин розширить можливості людини в управлінні їх фотосинтетичною діяльністю і, відповідно, продуктивністю (Дубровский В. І., Швартау В. В., Михальська Л. М., 2023). Продуктивність культурних рослин залежить від формування та ростових процесів донорної сфери, яка представлена зеленими фотосинтезуючими органами. Процес фотосинтезу тісно пов'язаний з азотфіксацією (Патика В. П. та ін., 2003).

4.1. Ефективність застосування мікробних препаратів за параметрами росту нуту звичайного

Інтегральними фізіологічним процесом організму рослини є ріст, який тісно пов'язаний з її продуктивністю. На інтенсивність ростових процесів впливають зовнішні чинники, регуляторні системи рослини та запрограмовані генетичні можливості. Вагомим зовнішнім фактором регуляції морфогенезу і росту є мінеральне живлення, оскільки сприяє поглинанню та засвоєнню з ґрунту макро-і мікроелементів, необхідних для життєдіяльності рослин. Для їх нормального росту потрібне збалансоване забезпечення усіма поживними елементами і, особливо, Нітрогеном, який є основним елементом живлення рослин (Терек О. І., Пацула О. І., 2011). Показано, що ґрунти України за останні 130 років, втратили близько 30 % гумусу, який є основним джерелом азотистих сполук для рослин (Міндовкілля..., 2025).

Для поліпшення мінерального живлення і забезпечення рослин нітрогеном обов'язковим елементом у технології вирощування бобових повинна бути інокуляція насіння мікробними препаратами на основі селекціонованих штамів специфічних бульбочкових бактерій (Патика В. П. та ін., 2003, Волкогон В. В. та ін., 2006; Боровик В. О., Бичкова Ю. В., Марченко Т. Ю., 2023). Інтродуковані в кореневу зону штами ризобіїв забезпечують рослини біологічним нітрогеном, завдяки чому поліпшується азотне живлення рослин, стимулюється їх ріст та розвиток. Також варто зазначити, що такий елемент технології сприяє зменшенню кількості використання мінеральних азотних добрив (Кучер А., Кучер Л., 2016).

Щороку із повітря в результаті біологічної фіксації засвоюється від 40 до понад 300 кг (130 до 390 кг зернобобові культури; 270 до 550 кг зернобобові багаторічні трави) (Коць С. Я., Михалків Л. М., 2005) молекулярного нітрогену на гектар завдяки діяльності азотфіксувальних мікроорганізмів (Петриченко В. Ф., 2010).

Використання препаратів на основі азотфіксувальних мікроорганізмів стимулює процеси живлення рослин завдяки підвищенню коефіцієнта використання мінерального азоту із ґрунту, а також синтезу БАР, які стимулюють ростові процеси надземних органів і кореневої системи, і як наслідок – ріст та розвиток рослини в цілому (Пустова З. В., 2011; Данильченко О. М., Бутенко А. О., Радченко М. В., 2020).

За результатами багаторічних фенологічних спостережень за рослинами нуту звичайного різних сортів у ґрунтово-кліматичних умовах півдня України визначено оптимальну висоту травостою рослин, яка становить 50–60 см (Каленська С. М., 2012). Дослідження показали, що в умовах Західного Лісостепу України за впливу мікробних препаратів висота стебла рослин досліджуваних сортів нуту звичайного у фазі повної стиглості бобів під час збирання урожаю змінювалися від 85,2 (сорт Буджак) до 107, 1 см (сорт Пам'ять) (табл. 4. 1.1).

Таблиця 4.1.1

Вплив мікробних препаратів на динаміку висоти стебла нуту
звичайного, $M \pm m$

Варіант	Фаза росту і розвитку рослин			
	вегетація	цвітіння	формування бобів	стиглий біб
Сорт Буджак				
К	$19,6 \pm 0,61$	$44,0 \pm 1,1$	$51,3 \pm 1,17$	$85,2 \pm 1,13$
БС	$20,9 \pm 0,45$	$49,1 \pm 1,1^*$	$56,0 \pm 1,27^*$	$89,4 \pm 1,17^*$
Ризогумін	$18,8 \pm 0,47$	$52,5 \pm 0,8^*$	$56,1 \pm 1,28^*$	$98,6 \pm 1,18^*$
Сорт Скарб				
К	$20,1 \pm 0,41$	$53,1 \pm 0,54$	$58,2 \pm 1,11$	$91,5 \pm 1,16$
БС	$23,4 \pm 0,48^*$	$55,6 \pm 0,56^*$	$64,9 \pm 1,23^*$	$94,7 \pm 1,33$
Ризогумін	$23,6 \pm 0,47^*$	$56,1 \pm 0,48^*$	$58,3 \pm 1,12$	$96,8 \pm 1,17^*$
Сорт Пам'ять				
К	$19,5 \pm 0,39$	$55,1 \pm 0,82$	$57,3 \pm 1,01$	$99,9 \pm 1,12$
БС	$21,2 \pm 0,31^*$	$59,0 \pm 0,73^*$	$65,7 \pm 1,05^*$	$101,5 \pm 1,01$
Ризогумін	$18,7 \pm 0,45$	$58,6 \pm 0,98$	$64,9 \pm 1,08^*$	$107,2 \pm 1,11^*$
Сорт Ярина				
К	$23,0 \pm 0,61$	$56,6 \pm 0,68$	$62,3 \pm 1,02$	$94,7 \pm 1,14$
БС	$23,8 \pm 0,32$	$60,8 \pm 0,78^*$	$67,7 \pm 1,01^*$	$100,6 \pm 1,03^*$
Ризогумін	$22,6 \pm 0,60$	$61,9 \pm 0,61^*$	$68,3 \pm 1,05^*$	$99,6 \pm 1,01^*$

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Згідно даних установи–оригінатора середня висота рослин сортів Скарб та Ярина становить 55-65 см, сорту Буджак – 60-65, а сорту Пам'ять – 50-55 см (Каталог сортів..., 2023; Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022). За вирощування зазначених сортів нуту звичайного в умовах Західного Лісостепу на фоні спонтанної інокуляції місцевими популяціями бульбочкових бактерій нуту (К) та інтродукованими штамми *M. ciceri* (БС та Ризогумін), висота травостою була значно більшою, що пояснюється поліпшенням мінерального

живлення рослин у результаті азотфіксації нітрогену повітря нуттєво-ризобіальними системами (розділ 3), наявністю БАР у складі Ризогуміну та впливом ґрунтово-кліматичних умов регіону (див. розділ 2.1).

Під час вегетації рослини дослідних варіантів сортів Буджак та Ярина за висотою стебла не відрізнялися від контрольних, у фазі цвітіння їх травостій статистично вірогідно був вищим порівнюючи з контролем на 11,6 % та 7,4 % (БС), 19,3 % та 9,4 % (Ризогумін), формування бобів, відповідно – 9,2 % та 8,7 % (БС), 9,4 % та 9,6 % (Ризогумін), стиглого бобу – 4,9 % та 6,2 % (БС), 15,7 % та 5,2 % (Ризогумін). Аналогічні результати стосовно ростових процесів визначено і в нуту звичайного сорту Пам'ять. Упродовж онтогенезу за передпосівної обробки насіння БС висота стебла рослин була статистично вірогідно більшою на 8,7 % (вегетація), 7,1 % (цвітіння) та 14,6 % (формування бобів), Ризогуміном – 6,3 % (цвітіння), 13,3 % (формування бобів) та 7,3 % (стиглий біб).

У фазі росту і розвитку вегетація висота стебла нуту звичайного сорту Скарб за впливу БС та Ризогуміну підвищилась на 16,4 % та 17,4 %, під час цвітіння рослин – на 4,7 % та 5,6 %. Варто зазначити, що статистично вірогідну різницю за параметром висота стебла визначено у фазі формування бобів сорту Скарб за інокуляції БС (приріст – 11,5 %) та стиглого бобу – обробки насіння перед сівбою Ризогуміном (приріст – 5,8 %).

Важливим параметром, що характеризує ростові процеси рослин є інтенсивність росту (R). Встановлено, що рослини нуту звичайного досліджуваних сортів найінтенсивніше ростуть до фази цвітіння, що узгоджується з даними літератури (Терек О. І., Пацула О. І., 2011). Упродовж вегетаційного періоду найвищий показник інтенсивності росту стебла у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу характерний для рослин сорту Пам'ять, дещо нижчий – сорт Скарб, сорти Буджак та Ярина мають проміжне значення, що пояснюється їх сортовими особливостями (табл. 4.1.2). За показниками R у період вегетація – цвітіння сорти нуту звичайного можна розмістити у такій послідовності варіанти К: Пам'ять > Скарб > Ярина >

Буджак; БС – Пам’ять > Ярина > Скарб > Буджак; Ризогумін – Пам’ять > Буджак > Ярина > Скарб.

Таблиця 4.1.2

Інтенсивність росту стебла нуту звичайного за впливу мікробних препаратів, %

Варіант	Фаза росту і розвитку рослин		
	вегетація–цвітіння	вегетація– формування бобів	вегетація–стиглий біб
сорт Буджак			
К	124,5	161,7	334,7
БС	134,9	167,9	327,7
Ризогумін	179,3	198,4	424,5
сорт Пам’ять			
К	182,6	193,8	412,3
БС	178,3	209,9	378,8
Ризогумін	213,4	247,0	473,3
сорт Скарб			
К	164,2	189,5	355,2
БС	137,6	177,3	304,7
Ризогумін	137,7	147,0	310,2
сорт Ярина			
К	146,1	170,9	311,7
БС	155,5	184,4	322,7
Ризогумін	173,9	202,2	340,7

Аналіз показників інтенсивності ростових процесів стебла сортів нуту звичайного у період вегетація – формування бобів показав аналогічну закономірність, лише за впливу Ризогуміну дещо вищим R стебла характеризувалися рослини сорту Ярина порівнюючи з сортом Буджак. Порівнюючи параметри R за період вегетація – стиглий біб сорти нуту розміщуються у такій послідовності : К – Пам’ять > Скарб > Буджак > Ярина; БС – Пам’ять > Буджак > Ярина > Скарб; Ризогумін – Пам’ять > Буджак > Ярина > Скарб. Варто зазначити, що за передпосівної обробки насіння комплексним мікробним препаратом Ризогумін визначено найвищий показник R у сортів Пам'ять, Буджак та Ярина у період вегетація – цвітіння та

вегетація – стиглий біб. У сорту Скарб за впливу обох препаратів показники R майже не відрізнялися упродовж зазначених вище періодів.

Висота рослин нуту, їх облиствлення є важливими морфологічними ознаками у вирощуванні культури, що сприяють формуванню продуктивних посівів. Рослини нуту звичайного мають здатність до гілкування (Каталог сортів..., 2023; Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022), тому важливо було встановити вплив обробки насіння нуту звичайного перед сівбою мікробними препаратами на формування пагонів у кущі. Дослідження показали, що сорти нуту звичайного формують у середньому в кущі 2-3 пагони першого порядку (табл. 4.1.3).

Таблиця 4.1.3

Вплив мікробних препаратів на галуження стебла рослин стебла нуту звичайного, фаза формування бобів, $M \pm m$

Варіант	Кількість пагонів 1-го порядку у кущі, шт.				
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	М	%
сорт Буджак					
К	$2,6 \pm 0,10$	$2,3 \pm 0,15$	$1,9 \pm 0,12$	2,3	100,0
БС	$2,8 \pm 0,09$	$3,1 \pm 0,20^*$	$2,6 \pm 0,17^*$	2,8	121,7
Ризогумін	$3,1 \pm 0,07^*$	$3,0 \pm 0,18^*$	$2,7 \pm 0,10^*$	2,9	126,1
сорт Пам'ять					
К	$2,7 \pm 0,14$	$2,8 \pm 0,20$	$2,4 \pm 0,14$	2,6	100,0
БС	$3,2 \pm 0,12$	$3,0 \pm 0,13$	$2,6 \pm 0,12$	2,9	111,5
Ризогумін	$3,3 \pm 0,15$	$2,9 \pm 0,14$	$2,5 \pm 0,15$	2,9	111,5
сорт Скарб					
К	$1,9 \pm 0,11$	$1,8 \pm 0,14$	$1,6 \pm 0,12$	1,8	100,0
БС	$2,9 \pm 0,13^*$	$3,0 \pm 0,13^*$	$2,7 \pm 0,14^*$	2,9	161,1
Ризогумін	$3,1 \pm 0,09^*$	$3,0 \pm 0,18^*$	$2,6 \pm 0,08^*$	2,9	161,1
сорт Ярина					
К	$1,9 \pm 0,12$	$2,1 \pm 0,16$	$1,7 \pm 0,11$	1,9	100,0
БС	$2,6 \pm 0,13^*$	$2,6 \pm 0,16^*$	$2,4 \pm 0,12^*$	2,5	131,6
Ризогумін	$2,7 \pm 0,10^*$	$2,7 \pm 0,13^*$	$2,6 \pm 0,10^*$	2,7	142,1

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

На формування куща впливають мікробні препарати та кліматичні умови упродовж травня-червня місяців вегетаційного періоду. За впливу БС у середньому на 11,5 % (сорт Пам'ять), 21,7 % (сорт Буджак), 31,6 (сорт Ярина),

61,1 % (сорт Скарб) утворилося більше пагонів першого порядку у кущі рослин, Ризогуміну відповідно – 11,5 % (Пам'ять), 26,1 % (Буджак), 42,1 % (Ярина) та 61,1 % (Скарб). У кожного з сортів нуту звичайного у середньому за період дослідження за впливу обох мікробних препаратів сформувалася практично однакова кількість пагонів першого порядку у кущі.

Ще одним показником, що характеризує ростові процеси рослини і впливає на формування продуктивності є облиствлення рослин. Кількість листків на рослині повинна бути оптимальною, відповідно до ростових параметрів стебла, оскільки надмірна кількість листків сприятиме затіненню один одного, а недостатня – зменшуватиме фотосинтетичну продуктивність. Встановлено, що мікробні препарати впливають на параметри облиствлення рослин нуту звичайного упродовж вегетаційного періоду (табл. 4.1.4).

Таблиця 4.1.4

Вплив мікробних препаратів на динаміку облиствлення рослин нуту звичайного, $M \pm m$

Варіант	Кількість листків на рослині, шт.		
	бутонізація	цвітіння	формування бобів
сорт Буджак			
К	$26,4 \pm 1,4$	$55,4 \pm 3,4$	$64,3 \pm 3,6$
БС	$29,7 \pm 1,8$	$69,7 \pm 3,8^*$	$86,5 \pm 3,7^*$
Ризогумін	$31,8 \pm 1,2^*$	$69,8 \pm 3,2^*$	$89,3 \pm 3,1^*$
сорт Пам'ять			
К	$26,9 \pm 0,9$	$61,2 \pm 3,5$	$69,2 \pm 1,3$
БС	$29,8 \pm 1,2$	$65,8 \pm 2,6$	$77,8 \pm 1,7^*$
Ризогумін	$31,2 \pm 1,3^*$	$66,8 \pm 2,2^*$	$84,3 \pm 1,6^*$
сорт Скарб			
К	$22,8 \pm 1,0$	$51,4 \pm 1,4$	$62,3 \pm 1,6$
БС	$30,7 \pm 0,9^*$	$59,7 \pm 1,6^*$	$76,5 \pm 2,7^*$
Ризогумін	$32,4 \pm 1,4^*$	$64,8 \pm 3,2^*$	$79,8 \pm 2,1^*$
сорт Ярина			
К	$32,2 \pm 1,1$	$52,6 \pm 2,2$	$78,1 \pm 2,5$
БС	$38,8 \pm 1,3^*$	$64,8 \pm 2,6^*$	$90,8 \pm 2,7^*$
Ризогумін	$42,2 \pm 1,7^*$	$64,4 \pm 2,2^*$	$97,3 \pm 2,6^*$

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

У фазі бутонізації визначено статистично вірогідне підвищення кількості листків на рослинах сортів Буджак і Пам'ять на 20,4 % і 16,0 % за обробки насіння перед сівбою Ризогуміном. БС і Ризогумін суттєво впливали на облиствлення рослин сортів Скарб та Ярина у зазначеній фазі. Кількість листків за їх впливу збільшилась на 34,6 % і 42,1 % (Скарб) та 20,5 % і 31,1 % (Ярина). Упродовж цвітіння та формування бобів виявлено також збільшення кількості листків на рослинах сорту Буджак, Скарб, Ярина та Пам'ять за впливу БС і Ризогуміну на 25,8 % та 26,0 %, 16,1 % та 26,1 %, 23,2 % та 22,4 %, 7,5 % та 7,8 %. Показник кількості листків на рослині залежить від висоти її стебла та гілкування. Збільшення кількості листків на рослинах сортів нуту звичайного за впливу мікробних препаратів пов'язане з поліпшенням азотного живлення, вищими показниками висоти стебла та кількості пагонів у кущі рослин дослідних варіантів.

Одним із показників, що характеризують ефективність симбіозу є формування бобовими рослинами маси надземних органів (Патика В. П. та ін., 2003). Встановлено, що обробка насіння перед сівбою мікробними препаратами, завдяки поліпшенню азотного живлення нуту звичайного в результаті біологічної фіксації молекулярного нітрогену симбіотичними системами, активізувала діяльність апікальної меристеми, що сприяло інтенсивнішим ростовим процесам стебла, збільшувала кількість пагонів першого порядку у кущі і кращому облиствленню рослин, а відтак кращому формуванню надземних органів. У фазі бутонізації статистично вірогідні показники сирової маси надземних органів визначено за впливу Ризогуміну у всіх досліджуваних сортів і БС – сорту Пам'ять (табл. 4.1.5). Це пояснюється тим, що у складі препарату крім бульбочкових бактерій нуту наявні амінокислоти, фітогормони (ауксини, цитокініни), гумінові кислоти, сполуки макроелементів у стартових концентраціях та мікроелементи в хелатованій формі, які сприяли ростовим процесам до активного функціонування симбіотичних систем, утворених інтродукованими штамми бульбочкових бактерій (Інститут..., 2025). Аналогічні результати виявлено і у фазі цвітіння.

За інокуляції БС у цій фазі також дослідні рослини сорту Скарб суттєво відрізнялися за зазначеним вище показником від контрольних. Під час формування бобів за передпосівної обробки насіння БС та Ризогуміном параметри сирової маси надземних органів нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб, Ярина зросли на 14,6 та 17,1 %, 9,6 та 14,6 %, 13,6 та 20,7 %, 10,6 та 19,2 % (табл. 4.1.5).

Таблиця 4.1.5

Вплив мікробних препаратів на динаміку формування сирової маси надземних органів рослин нуту звичайного, $M \pm m$

Варіант	Сира маса надземних органів рослини, г		
	бутонізація	цвітіння	формування бобів
сорт Буджак			
К	10,28 $\pm$ 1,05	28,90 $\pm$ 1,51	41,11 $\pm$ 2,07
БС	13,34 $\pm$ 1,11	30,16 $\pm$ 1,67	47,13 $\pm$ 2,12*
Ризогумін	14,37 $\pm$ 1,14*	36,29 $\pm$ 1,16*	48,15 $\pm$ 1,89*
сорт Пам'ять			
К	7,12 $\pm$ 0,64	31,19 $\pm$ 0,86	42,26 $\pm$ 1,31
БС	11,42 $\pm$ 1,13*	34,99 $\pm$ 1,51*	46,34 $\pm$ 2,27
Ризогумін	13,37 $\pm$ 1,16*	35,01 $\pm$ 1,06*	48,45 $\pm$ 2,16*
сорт Скарб			
К	6,14 $\pm$ 0,74	26,76 $\pm$ 1,17	43,61 $\pm$ 2, 14
БС	8,63 $\pm$ 0,52	38,07 $\pm$ 1,19*	49,52 $\pm$ 2,22*
Ризогумін	10,86 $\pm$ 0,8*	32,62 $\pm$ 1,20*	52,66 $\pm$ 2,34*
сорт Ярина			
К	10,04 $\pm$ 1,02	24,9 $\pm$ 1,02	43,61 $\pm$ 2, 14
БС	13,23 $\pm$ 1,13	28,16 $\pm$ 1,12	48,23 $\pm$ 2,28*
Ризогумін	13,57 $\pm$ 1,06*	29,36 $\pm$ 1,11*	51,52 $\pm$ 2,22*

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Отже, передпосівна обробка насіння бактеріальною суспензією штаму *M. ciceri* ND-64 та комплексним мікробним препаратом Ризогумін стимулювала ростові процеси стебла, поліпшувала формування кущів, збільшувала облиствлення рослин і формування маси надземних органів нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина за вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України (ТО).

4.2. Вплив передпосівної обробки насіння мікробними препаратами на накопичення фотосинтетичних пігментів у листках нуту звичайного

Усі зелені органи рослин поглинають енергію сонячних променів, але найбільше листкові пластинки (Сухова Г. І., 2012). Сумарний фотосинтез через листки сягає 60-95 %. У *C. arietinum* частиною листків є вусики, які також приймають участь в фотосинтезі, утримують рослину у вертикальному положенні, що у свою чергу покращує фотосинтетичний процес (Побережна Л. В., Бахмат О. М., 2024; Щигорцова О. Л., 2009).

Пігментна система листків культурних рослин є одним із важливих показників фотосинтетичної діяльності рослин. Накопичення основних компонентів – хлорофілів *a* та *b* у листках, впливає на синтез біомаси та формування урожаю (Meland M., Froynes O., Kaiser C., 2017; Li M. et al., 2019). Зниження вмісту пігментів, призводить до послаблення росту пагонів.

Фотосинтетичний апарат рослин найбільш чутливий до дії чинників навколишнього середовища (Колісник Х. М., Грицак Л. Р., Дробик Н. М., 2024; Манько М. В., Олексійченко Н. О., Китаєв О. І., 2016; Pospisil P., 2016). На вміст хлорофілів у листках, впливають абіотичні та біотичні фактори. Світло є основним чинником, який індукує синтез хлорофілів (Hang Y., He N., Yu G., 2021). Крім світла, на накопичення пластидних пігментів значно впливають температурні показники повітря, водозабезпеченість посівів, наявність азоту в ґрунті (Mitchell R. M., Wright J. P., Ames G. M., 2018) та технологія вирощування (Трояновська О. М., 2013). Сьогодні технологію вирощування культури необхідно адаптовувати до кліматичних змін, які з кожним роком усе більше і більше нагадують про себе.

Використання мікробних препаратів на основі бульбочкових бактерій нуту впливало на формування фотосинтетичного апарату у рослин нуту звичайного сорту Буджак. Дослідження вмісту хлорофілів *a*, *b*, їх суми ($a+b$) та каротиноїдів у листках рослин *C. arietinum* визначали у фазах 5-7 листків, бутонізації, цвітіння, кінець цвітіння-початок утворення бобів, зеленого бобу та на початку достигання бобів (табл. 4.2.1).

Встановлено, що у фазі 5-7 листків за кількістю хлорофілів та каротиноїдів у листках рослини контрольного та дослідних варіантів суттєво не відрізнялися між собою. Спостерігається лише тенденція до збільшення хлорофілів *a* і *b*, а відтак їх суми на 2,5 %, 4,5 % і 2,9 %. Очевидно, симбіотичний апарат, що сформувався на коренях рослин активно ще не фіксував молекулярний нітроген, що позначилося на біосинтезі пігментів.

Таблиця 4.2.1

Вплив інокуляції на накопичення пігментів (мг/г сирої маси) у мезофілі листків *C. arietinum* L. сорту Буджак, $M \pm m$, $n=4$

Варіант	Хлорофіл <i>a</i>	Хлорофіл <i>b</i>	Хлорофіли (<i>a</i> + <i>b</i>)	Каротиноїди
Фаза 5-7 листків				
К	1,62±0,041	0,44±0,043	2,06	0,42±0,041
БС	1,66±0,017	0,46±0,013	2,12	0,40±0,010
Ризогумін	1,63±0,042	0,45±0,013	2,08	0,41±0,007
Фаза бутонізації				
К	1,41±0,031	0,31±0,029	1,72	0,45±0,032
БС	1,56±0,018*	0,35±0,011	1,91	0,49±0,030
Ризогумін	1,42±0,082	0,32±0,016	1,74	0,44±0,021
Фаза цвітіння				
К	1,47±0,021	0,31±0,010	1,78	0,60±0,016
БС	1,55±0,019*	0,35±0,014*	1,90	0,58±0,012
Ризогумін	1,62±0,023*	0,36±0,018*	1,98	0,62±0,014
Фаза кінець цвітіння-початок утворення бобів				
К	1,12±0,022	0,26±0,016	1,38	0,31±0,012
БС	1,18±0,012*	0,26±0,011	1,44	0,30±0,015
Ризогумін	1,25±0,023*	0,33±0,011*	1,58	0,35±0,013*
Фаза зеленого бобу				
К	1,73±0,027	0,37±0,011	2,10	0,43±0,013
БС	1,82±0,023*	0,39±0,021	2,21	0,43±0,015
Ризогумін	1,87±0,032*	0,41±0,012*	2,28	0,44±0,016
Фаза початок досягання бобів				
К	1,31±0,023	0,34±0,014	1,65	0,31±0,011
БС	1,47±0,009*	0,35±0,026	1,82	0,41±0,015*
Ризогумін	1,72±0,022*	0,39±0,013*	2,11	0,34±0,013

Примітка: * відмінності порівняно з контролем достовірні при $P \leq 0,05$

У фазі бутонізації виявлено дещо нижчі показники вмісту хлорофілів порівнюючи з попередньою фазою росту і розвитку нуту звичайного сорту

Буджак. Варто зазначити, що за інокуляції насіння БС визначено статистично вірогідне підвищення хлорофілу *a* у листках рослин на 10,6 %. У листках нуту цього ж варіанту виявлено також на 8,9 % більше основних каротиноїдів. У фазі цвітіння вміст хлорофілів *a*, *b*, їх суми та каротиноїдів за використання Ризогуміну був відповідно вищим порівнюючи з показниками контролю на 10,2 %, 16,1 %, 11,2 % та 3,3 %. Обробка насіння перед сівбою БС також статистично вірогідно впливала на накопичення хлорофілів *a* і *b*, а відтак їх суми у мезофілі листків нуту звичайного. Їх кількість зросла на 5,4 %, 12,9 % та 6,7 %.

Аналогічна тенденція стосовно накопичення фотосинтетичних пігментів у листках нуту звичайного сорту Буджак спостерігалася і у фазі кінець цвітіння-початок утворення бобів. За впливу БС та Ризогуміну виявлено статистично вірогідне підвищення у листках умісту хлорофілу *a*, що на 5,4 % та 11,6 % більше показника контролю. Комплексний мікробіологічний препарат Ризогумін також суттєво впливав на накопичення у листках хлорофілу *b* та основних каротиноїдів, їх кількість зросла на 26,9 % та 9,7 % порівнюючи з неінокульованими рослинами. За вмістом хлорофілу *b* листки контрольних та інокульованих БС рослин суттєво не відрізнялися між собою. У ґрунті дослідних ділянок наявні місцеві популяції *M. ciceri*, які спонтанно інокулювали корені нуту звичайного сорту Буджак контрольного варіанту.

Варто зазначити, що формування фотосинтетичної системи залежить також від індивідуального розвитку рослин нуту звичайного (Публікація 4). Показано, що найбільший вміст хлорофілів у листках рослин усіх варіантів досліді визначено у фазі зеленого бобу, основних каротиноїдів – під час цвітіння рослин нуту звичайного сорту Буджак. Це може бути наслідком активного проходження у рослинах фізіолого-біохімічних процесів за рахунок покращення азотного живлення рослин нуту звичайного внаслідок фіксації молекулярного нітрогену симбіотичними системами, утвореними інтродукованими штамами бульбочкових бактерій нуту мікробних препаратів (Карпенко В. П., Причуляк Р. М., 2014).

У фазі зеленого бобу рослини дослідних варіантів характеризувалися найінтенсивнішим накопиченням хлорофілів *a* та *b* у листках *C. arietinum* сорту Буджак, обидва препарати стимулювали формування фотосинтетичного апарату рослин. Достовірну різницю відносно до контролю виявлено за накопиченням хлорофілу *a* на 5,2 % (БС) та хлорофілів *a* і *b* – 8,1 % і 10,8 % (Ризогумін). На початку достигання бобів спостерігалася аналогічна закономірність стосовно накопичення зелених пігментів у листках. Вміст хлорофілів *a* і *b*, а відтак їх сума за обробки насіння бактеріальними препаратами збільшились на 12,2 %, 2,9 % та 10,9 % (БС), 31,3 %, 14,7 % та 27,9 % (Ризогумін). Бактеріальні препарати також вплинули позитивно на накопичення каротиноїдів, у зазначеній фазі статистично вірогідну різницю виявлено у варіанті за використання БС, їх уміст підвищився на 32,2 % порівняно з контролем. За обробки насіння Ризогуміном кількість каротиноїдів у листках також зросла на 9,7 %.

Кількість хлорофілів у листках нуту звичайного сорту Буджак у фазі достигання бобів була нижчою порівняно з фазою зеленого бобу, але більшою порівняно з фазою кінець цвітіння-початок утворення бобів. Це свідчить про ще високу фотосинтетичну активність листкового апарату у зазначеній фазі.

Встановлено, що використання у технології вирощування нуту звичайного сорту Пам'ять мікробних препаратів так як і в сорту Буджак суттєво впливало на накопичення хлорофілу *a* у листках упродовж генеративних фаз розвитку рослин (табл. 4.2.2). У фазі 5-7 листків за кількістю хлорофілів у листках рослини контрольного та дослідних варіантів порівнюючи з сортом Буджак також суттєво не відрізнялися між собою. Виявлено тенденцію до збільшення хлорофілів за обробки насіння перед сівбою мікробними препаратами. Їх сума була вищою порівнюючи з контролем на 3,4 % (Ризогумін) та 4,3 % (БС). У фазу бутонізації у листках нуту звичайного сорту Пам'ять варіанту БС кількість хлорофілу *a* вірогідно підвищилась на 17,6 % порівнюючи з контролем. Приріст зазначеного показника за впливу Ризогуміну становив 5,7 %. У фазу цвітіння рослин за

впливу бактеріальної суспензії штаму *M. ciceri* ND-64 (БС) і Ризогуміну уміст хлорофілу *a* та сума хлорофілів *a* і *b* у листках статистично вірогідно підвищились на 6,8 % та 6,7 % (БС), 10,1 % та 8,9 % (Ризогумін) (табл. 4.2.2). Під кінець цвітіння на початку утворення бобів виявлено статистично вірогідну різницю порівняно з контролем за зазначеними вище показниками у варіанті з інокуляцією насіння БС. Приріст показників становив 6,6 % та 7,2 %. Обробка насіння нуту звичайного сорту Пам'ять перед сівбою мікробними препаратами сприяла накопиченню у мезофілі листків хлорофілу *b*. Його кількість зросла в середньому на 11,4-4,5 (фаза 5-7 листків), 16,7- 23,3 % (фаза бутонізації), 6,2-6,1 % (фаза цвітіння) та 10,0 % (БС) і 3,3 % (Ризогумін) (кінець цвітіння-початок утворення бобів) порівнюючи з контролем.

Варто зазначити, що у фазі зеленого бобу нуту звичайного сорту Пам'ять сума хлорофілів ($a+b$) у листках збільшилася порівняно з попередніми фазами росту і розвитку рослин на 16,8, 42,9, 35,0 і 34,3 % (К), 19,8, 30,0, 35,4 і 34,0 % (БС), 20,0, 39,5, 32,6 і 38,0 % (Ризогумін). У вищезазначеній фазі визначено статистично вірогідне зростання хлорофілу *a* у листках рослин дослідних варіантів на 5,9 та 6,9 %. Кількість хлорофілу *b* за інокуляції насіння БС суттєво підвищилась (на 12,2 %). На початку досягання бобів спостерігається аналогічна закономірність стосовно накопичення у листках зелених пігментів. Уміст хлорофілів *a* і *b*, а відтак їх сума за обробки насіння мікробними препаратами збільшилися на 10,9, 13,5 та 11,4 % (БС), 7,9, 2,7 та 9,9 % (Ризогумін). Підвищення вмісту зелених пігментів у листках рослин дослідних варіантів пов'язане з поліпшенням їх азотного живлення за рахунок біологічної фіксації молекулярного нітрогену нутово-ризобіальними системами, утвореними інтродукованими штамми бульбочкових бактерій мікробних препаратів.

Таблиця 4.2.2

Вплив бактеріальних препаратів на накопичення пігментів (мг/г сирої маси) у листках нуту звичайного сорту Пам'ять, $M \pm m$, $n=4$

Варіант	Хлорофіл <i>a</i>	Хлорофіл <i>b</i>	Хлорофіли (<i>a</i> + <i>b</i>)	Каротиноїди
Фаза 5-7 листків				
К	1,64±0,002	0,44±0,028	2,08	0,42±0,001
БС	1,68±0,041	0,49±0,013	2,17	0,44±0,002*
Ризогумін	1,69±0,120	0,46±0,041	2,15	0,45±0,043
Фаза бутонізації				
К	1,40±0,071	0,30±0,032	1,70	0,35±0,001
БС	1,65±0,063*	0,35±0,018	2,00	0,48±0,002*
Ризогумін	1,48±0,091	0,37±0,034	1,85	0,43±0,043*
Фаза цвітіння				
К	1,48±0,024	0,32±0,010	1,80	0,63±0,026
БС	1,58±0,019*	0,34±0,014	1,92	0,66±0,023
Ризогумін	1,63±0,027*	0,33±0,029	1,96	0,65±0,024
Фаза кінець цвітіння-початок утворення бобів				
К	1,51±0,023	0,30±0,012	1,81	0,41±0,023
БС	1,61±0,028*	0,33±0,016	1,94	0,44±0,017
Ризогумін	1,56±0,086	0,31±0,021	1,87	0,42±0,014
Фаза зеленого бобу				
К	2,02±0,047	0,41±0,013	2,43	0,49±0,011
БС	2,14±0,021*	0,46±0,021*	2,60	0,50±0,014
Ризогумін	2,16±0,063*	0,42±0,015	2,58	0,52±0,013
Фаза початок досягання бобів				
К	1,65±0,022	0,37±0,032	2,02	0,38±0,017
БС	1,83±0,035*	0,42±0,020	2,25	0,42±0,018
Ризогумін	1,78±0,052*	0,38±0,031	2,16	0,39±0,014

Примітка: * відмінності порівняно з контролем достовірні при $P \leq 0,05$

Необхідно зазначити, що місцеві популяції *M. ciceri* дослідних ділянок агробіолабораторії також спонтанно інокулювали корені рослин нуту звичайного сорту Пам'ять контрольного варіанту.

Крім хлорофілів важливу роль у процесі фотосинтезу виконують каротиноїди. Вони є обов'язковими компонентами фотосинтетичного апарату, є похідними ізопрену, складаються із 40 атомів карбону, поглинають кванти світла і енергію збудження передають на молекули хлорофілу *a*, також

захищають хлорофіли від фоторуйнування (Січкарь В. І., Бушулян О. В., 2000). Каротиноїди можуть зменшувати перекисне окислення ліпідів, ефективно поглинаючи вільні радикали і захищати клітинні мембрани та ДНК від окисного пошкодження (Ashokkumar K., 2015; Lichtenthaler H. K., 1987). Ксантофіли – клас каротиноїдів, як і каротини приймають участь у поглинанні енергії світла в синьо-фіолетовій ділянці сонячного спектра та захищають фотосинтетичний апарат при підвищеній інсоляції (Biger W., Björkman O., 1990).

Встановлено статистично вірогідне збільшення кількості каротиноїдів у листках нуту звичайного сорту Пам'ять на 4,8 % та 37,1 % за інокуляції БС у фазах 5-7 листків та бутонізації, за впливу Ризогуміну – під час бутонізації рослин на 22,9 %. Виявлено тенденцію до збільшення вмісту основних каротиноїдів у листках нуту звичайного за впливу бактеріальних препаратів упродовж наступних генеративних фаз розвитку на 4,7 та 3,2 % (цвітіння), 7,3 та 2,4 % (кінець цвітіння-початок утворення бобів), 2,0 та 6,1 % (зелений біб), 10,5 та 2,6 % (початок досягання бобів). Пік накопичення каротиноїдів у листках нуту звичайного сорту Пам'ять припав на фазу цвітіння рослин.

Дослідження показали, що застосування мікробних препаратів у технології вирощування нуту звичайного сорту Скарб у фазі 5-7 листків порівнюючи із вищезазначеними сортами також суттєво не впливало на накопичення фотосинтетичних пігментів у листках рослин. Починаючи з фази бутонізації упродовж генеративних фаз розвитку виявлено підвищення вмісту хлорофілів у листках рослин. Мікробні препарати істотніше впливали на біосинтез хлорофілу *a*, порівнюючи з хлорофілом *b* і каротиноїдами. У фазах бутонізації та цвітіння нуту звичайного сорту Скарб за впливу мікробних препаратів уміст хлорофілу *a* й сума хлорофілів *a* і *b* у листках статистично вірогідно підвищились на 12,1 % та 14,7 %, 18,6 % та 15,9 % (БС), 7,6 % та 11,5 %, 18,6 % та 15,2 % (Ризогумін) (табл. 4.2.3).

Спостерігається статистично вірогідне підвищення вмісту основних каротиноїдів у листках під час бутонізації рослин нуту звичайного сорту Скарб

за обробки насіння перед сівбою Ризогуміном і тенденція до їх підвищення (на 2,5 %) у фазі цвітіння за впливу обох мікробних препаратів. фазі зеленого бобу у всіх варіантах досліджу.

Таблиця 4.2.3

Вміст пігментів (мг/г сирової маси) у листках нуту звичайного сорту

Скарб за впливу мікробних препаратів, $M \pm m$, $n=4$

Варіант	Хлорофіл <i>a</i>	Хлорофіл <i>b</i>	Хлорофіли (<i>a</i> + <i>b</i>)	Каротиноїди
Фаза 5-7 листків				
К	1,62±0,012	0,45±0,004	2,07	0,41±0,003
БС	1,66±0,015	0,43±0,013	2,09	0,41±0,006
Ризогумін	1,65±0,024	0,44±0,007	2,09	0,41±0,012
Фаза бутонізації				
К	1,32±0,016	0,24±0,022	1,56	0,44±0,041
БС	1,48±0,014*	0,31±0,001*	1,79	0,46±0,015
Ризогумін	1,42±0,009*	0,32±0,022*	1,74	0,52±0,021*
Фаза цвітіння				
К	1,13±0,011	0,25±0,013	1,38	0,40±0,036
БС	1,34±0,044*	0,26±0,026	1,60	0,41±0,024
Ризогумін	1,34±0,037*	0,25±0,019	1,59	0,41±0,023
Фаза кінець цвітіння-початок утворення бобів				
К	1,15±0,021	0,28±0,004	1,43	0,30±0,017
БС	1,22±0,016*	0,30±0,006	1,52	0,35±0,018*
Ризогумін	1,23±0,017*	0,31±0,012	1,54	0,31±0,016
Фаза зеленого бобу				
Контроль	1,79±0,121	0,41±0,023	2,20	0,42±0,026
БС	1,95±0,128*	0,36±0,015	2,31	0,43±0,021
Ризогумін	1,79±0,131	0,42±0,041	2,21	0,41±0,024
Фаза початок достигання бобів				
К	1,41±0,062	0,32±0,021	1,73	0,35±0,021
БС	1,56±0,015*	0,35±0,017	1,91	0,31±0,017
Ризогумін	1,57±0,102*	0,36±0,004	1,93	0,31±0,019

Примітка: * відмінності порівняно з контролем достовірні при $P \leq 0,05$, $n=4$

Під кінець цвітіння на початку утворення бобів виявлено аналогічну закономірність стосовно накопичення хлорофілу *a* й основних каротиноїдів у

мезофілі листків. Їх уміст за впливу БС та Ризогуміну збільшився на 6,1 та 6,9 % й 16,7 та 3,3 %. У цій фазі у листках нуту звичайного за впливу бактеріальних препаратів уміст хлорофілу *b* підвищився на 7,1 (БС) та 10,7 (Ризогумін) %. У фазі зеленого бобу визначено статистично вірогідне зростання у листках умісту хлорофілу *a* на 8,9 % за інокуляції *M. ciceri* ND-64. Варто зазначити, що місцеві популяції бульбочкових бактерій нуту полів агробіолабораторії ТНПУ також спонтанно інокулювали корені рослин контрольного варіанту нуту звичайного сорту Скарб, а відтак поліпшували їх азотне живлення і сприяли накопиченню пігментів у їх листках. На початку достигання бобів статистично вірогідно у листках рослин сорту Скарб дослідних варіантів підвищується уміст хлорофілу *a* на 10,6 (БС) і 11,3 (Ризогумін) % та знижується уміст каротиноїдів на 11,4 %. Найвищий уміст зелених пігментів упродовж генеративних фаз росту і розвитку визначено у інокуляції насіння сорту Ярина *M. ciceri* ND-64 статистично вірогідно збільшувала упродовж вегетації та генеративних фаз росту і розвитку рослин вміст хлорофілу *a* на 9,0 % (5-7 листків), 33, % (бутонізація), 7,8 % (цвітіння), 8,6 % (кінець цвітіння-початок утворення бобів), 15,2 % (зелений біб) та 9,8 % (початок достигання бобів) (табл. 4.2.4). За передпосівної обробки насіння нуту звичайного сорту Ярина комплексним мікробіологічним препаратом Ризогумін спостерігається статистично вірогідне підвищення хлорофілів *a*, *b*, їх суми та каротиноїдів на 32,4 %, 10,3 %, 27,7 % та 27,3 % лише у фазі бутонізації, а в інших генеративних фазах – тенденція щодо підвищення їх умісту та зменшення кількості основних каротиноїдів.

Уміст пластидних пігментів у мезофілі листків також залежить від сортових особливостей рослин. Листки нуту звичайного сорту Скарб характеризуються вищою кількістю суми хлорофілів порівнюючи з аналогічними показниками сорту Ярина (табл. 4.2.3, 4.2.4). Під час цвітіння нуту звичайного сорту Ярина листки накопичували в 1,62 (К), 1,58 (БС) та 1,46 (Ризогумін) рази більше основних каротиноїдів порівняно з листками сорту Скарб в аналогічній фазі росту і розвитку рослин.

Таблиця 4.2.4

Вміст пігментів (мг/г сирої маси) у листках нуту звичайного сорту

Ярина за впливу мікробних препаратів, $M \pm m$, $n=4$

Варіант	Хлорофіл <i>a</i>	Хлорофіл <i>b</i>	Хлорофіли (<i>a</i> + <i>b</i>)	Каротиноїди
Фаза 5-7 листків				
К	1,66±0,017	0,48±0,018	2,14	0,44±0,002
БС	1,81±0,056*	0,47±0,017	2,27	0,47±0,006*
Ризогумін	1,69±0,048	0,44±0,029	2,13	0,40±0,007*
Фаза бутонізації				
К	1,08±0,048	0,29±0,022	1,37	0,33±0,023
БС	1,44±0,037*	0,36±0,034*	1,80	0,42±0,012*
Ризогумін	1,43±0,050*	0,32±0,027	1,75	0,42±0,014*
Фаза цвітіння				
К	1,41±0,045	0,31±0,005	1,72	0,65±0,022
БС	1,52±0,033*	0,34±0,020	1,86	0,65±0,024
Ризогумін	1,46±0,118	0,32±0,025	1,78	0,60±0,023
Фаза кінець цвітіння-початок утворення бобів				
К	1,28±0,044	0,27±0,023	1,55	0,35±0,021
БС	1,39±0,037*	0,27±0,017	1,66	0,38±0,022
Ризогумін	1,30±0,056	0,28±0,029	1,58	0,34±0,021
Фаза зеленого бобу				
К	1,58±0,053	0,33±0,023	1,91	0,41±0,010
БС	1,82±0,089*	0,40±0,035	2,22	0,42±0,021
Ризогумін	1,59±0,051	0,34±0,023	1,93	0,38±0,024
Фаза початок досягання бобів				
К	1,43±0,048	0,36 ± 0,049	1,80	0,33 ± 0,021
БС	1,57±0,047*	0,36±0,032	1,93	0,34 ± 0,020
Ризогумін	1,54±0,045	0,37±0,004	1,91	0,32±0,018

Примітка: * відмінності порівняно з контролем достовірні при $P \leq 0,05$, $n=4$

Отже, застосування бактеріальної суспензії селекціонованого штаму *M. ciceri* ND-64 та Ризогуміну суттєво впливало на формування фотосинтетичних систем *S. arietinum* сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина за вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України. Накопичення пластидних пігментів у листках рослин також залежало від індивідуального

розвитку та сортових особливостей нуту звичайного. У фазі 5-7 листків суттєвої різниці за вмістом хлорофілів та основних каротиноїдів у листках нуту звичайного досліджуваних сортів не виявлено, крім сорту Ярина. Пік накопичення хлорофілів у листках нуту звичайного сортів Буджак та Ярина виявлено у фазах 5-7 листків та зеленого бобу, сортів Скарб – зеленого бобу, Пам'ять – у фазі 5-7 листків та цвітіння. Дещо інші закономірності визначено за показниками накопичення основних каротиноїдів у листках зазначених вище сортів рослин. Максимальна їх кількість характерна для листків нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять та Ярина у фазі цвітіння, Скарбу – бутонізації. Листки сорту Скарб накопичували приблизно однакову кількість каротиноїдів упродовж фаз 5-7 листків, цвітіння та зеленого бобу.

4.3. Показники співвідношення фотосинтетичних пігментів у листках нуту звичайного за інокуляції мікробними препаратами

Особливості морфології, анатомії та фізіології листка *C. arietinum* забезпечує здійснення основної функції – фотосинтезу. Щоб охарактеризувати ступінь розвитку фотосинтетичного апарату нуту звичайного необхідно врахувати вміст хлорофілів у листках, оскільки це впливає на побічну характеристику потенціальної фотосинтетичної активності. Їх уміст та співвідношення фотосинтетичних пігментів визначається періодами онтогенезу рослин та абіотичними факторами. Пігментний комплекс є основою для перетворення сонячної енергії на енергію хімічних зв'язків органічних речовин (Lichtenthaler Н. К., 1987). Активність процесу фотосинтезу залежить від наявності та активності хлорофілу «зелена кров рослин», що надає їм зеленого забарвлення, поглинає сонячне світло яке перетворюється на крохмаль та цукор (Бурикiна С. І., Парлікокошко М. С., 2022). Хлорофіли *a* і *b* містяться у хлоропластах клітин вищих рослин, виконують основну функцію в світловій фазі фотосинтезу. Основним пігментом для фотосинтезу в зелених рослин є хлорофіл *a* (Мусієнко М. М., Паршикова Т. В., Славний П. С., 2001).

Упродовж досліджуваного періоду залежно від варіанту досліду та фази росту і розвитку рослин нуту звичайного сорту Буджак спостерігалася тенденція до часткового зниження (контроль – фази 5-7 листків та початок достигання бобів; Ризогумін – фази 5-7 листків та кінець цвітіння-початок утворення бобів) або підвищення показників співвідношення хлорофілу a / хлорофілу b (БС – фази кінець цвітіння-початок утворення бобів та зеленого бобу; Ризогумін – фази цвітіння та зеленого бобу), що можна пояснити зростанням кількості хлорофілів a і b у мезофілі листків за передпосівної інокуляції насіння різними бактеріальними препаратами (табл. 4.3.1). Статистично вірогідну різницю за зазначеним вище параметром порівнюючи з контролем виявлено у фазах 5-7 листків, цвітіння, кінець цвітіння-початок утворення бобів та на початку достигання бобів за впливу БС та Ризогуміну.

Важливим показником що характеризує фотосинтетичний апарат рослин є співвідношення суми хлорофілів ($a+b$) до каротиноїдів. Оскільки пластидні пігменти тісно пов'язані з білками і ліпідами, зазначений параметр описує ступінь адаптації рослин до умов навколишнього середовища, характеризує їх реакцію на вплив екстремальних факторів. При несприятливих умовах для ростових процесів рослин цей показник зростає (Матвєєва Н. А., Кваско О. Ю., 2010). Співвідношення каротиноїдів до хлорофілів вважають ознакою адаптації до стресів, менше його значення може свідчити про кращу адаптацію до несприятливих умов (Стасик О. О. та ін., 2021). Підвищення вмісту каротиноїдів пов'язують з впливом несприятливих чинників (Vuleta A., Manitasovic Jovanovic S., Tucic B., 2015).

У листках нуту звичайного сорту Буджак показники співвідношення хлорофілів ($a+b$) до каротиноїдів за використання БС статистично вірогідно не відрізнялися лише у фазах бутонізації та зеленого бобу, за впливу Ризогуміну лише під час бутонізації та на початку достигання бобів виявлено суттєву різницю. Це пояснюється тим, що мікробні препарати очевидно істотніше стимулювали процеси біосинтезу хлорофілів порівнюючи з каротиноїдами впродовж генеративних фаз розвитку рослин нуту звичайного сорту Буджак.

Найбільші показники зазначеного вище параметра характерні для *C. arietinum* сорту Буджак у фазах зеленого бобу (БС) та початок достигання бобів (Ризогумін і контроль), найнижчі – у фазі цвітіння.

Таблиця 4.3.1

Вплив інокуляції на співвідношення пігментів хлоропластів у листках

C. arietinum сорту Буджак, $M \pm m$, $n=4$

Варіант	Хл. <i>a</i> / Хл. <i>b</i>	Хл. (<i>a+b</i>) / Каротиноїди
Фаза 5-7 листків		
К	3,68±0,02	4,90±0,02
БС	3,61±0,04*	5,30±0,11*
Ризогумін	3,62±0,07	5,07±0,15
Фаза бутонізації		
К	4,55±0,06	3,82±0,12
БС	4,46±0,11	3,89±0,22
Ризогумін	4,44±0,07*	3,95±0,11*
Фаза цвітіння		
К	4,74±0,12	2,97±0,13
БС	4,43±0,14*	3,27±0,11*
Ризогумін	4,50±0,16*	3,19±0,08
Фаза кінець цвітіння-початок утворення бобів		
К	4,31±0,13	4,45±0,14
БС	4,54±0,08*	4,80±0,11*
Ризогумін	3,79±0,14*	4,51±0,16
Фаза зеленого бобу		
К	4,68±0,12	4,88±0,13
БС	4,67±0,08	5,14±0,11
Ризогумін	4,56±0,16	5,18±0,14
Фаза початок достигання бобів		
К	3,85±0,14	5,32±0,09
БС	4,20±0,12*	4,44±0,13*
Ризогумін	4,41±0,13*	6,21±0,11*

Примітка: * відмінності порівняно з контролем достовірні при $P \leq 0,05$

За використання мікробних препаратів для передпосівної обробки насіння нуту звичайного сорту Пам'ять впродовж досліджуваного періоду спостерігається тенденція до збільшення показників співвідношення хлорофілів *a* / *b* за рахунок збільшення вмісту хлорофілу *a* (табл. 4.3.2). Статистично вірогідні показники співвідношення кількості хлорофілів

порівняно з контролем визначено у фазах бутонізації та цвітіння за впливу Ризогуміну та зеленого бобу – БС.

Таблиця 4.3.2

Вплив бактеріальних препаратів на співвідношення пігментів хлоропластів у
листках нуту звичайного сорту Пам'ять, $M \pm m$, $n=4$

Варіант	Хл. a / Хл. b	Хл. $(a+b)$ / Каротиноїди
Фаза 5-7 листків		
К	$3,73 \pm 0,11$	$4,95 \pm 0,17$
БС	$3,43 \pm 0,10$	$4,93 \pm 0,12$
Ризогумін	$3,67 \pm 0,09$	$4,78 \pm 0,10$
Фаза бутонізації		
К	$4,67 \pm 0,07$	$4,86 \pm 0,10$
БС	$4,71 \pm 0,03$	$4,17 \pm 0,1 \Gamma^*$
Ризогумін	$4,00 \pm 0,03^*$	$4,30 \pm 0,12^*$
Фаза цвітіння		
К	$4,63 \pm 0,11$	$2,86 \pm 0,11$
БС	$4,65 \pm 0,14$	$2,91 \pm 0,17$
Ризогумін	$4,94 \pm 0,12^*$	$3,02 \pm 0,09$
Фаза кінець цвітіння-початок утворення бобів		
К	$5,03 \pm 0,12$	$4,42 \pm 0,23$
БС	$4,88 \pm 0,07$	$4,41 \pm 0,17$
Ризогумін	$5,03 \pm 0,14$	$4,45 \pm 0,15$
Фаза зеленого бобу		
К	$4,93 \pm 0,11$	$4,96 \pm 0,21$
БС	$4,65 \pm 0,09^*$	$5,20 \pm 0,14$
Ризогумін	$5,14 \pm 0,15$	$4,96 \pm 0,16$
Фаза початок досягання бобів		
К	$4,46 \pm 0,16$	$5,32 \pm 0,08$
БС	$4,36 \pm 0,13$	$5,36 \pm 0,13$
Ризогумін	$4,68 \pm 0,12$	$5,14 \pm 0,08^*$

Примітка: * відмінності порівняно з контролем достовірні при $P \leq 0,05$

Встановлено, що показники співвідношення суми хлорофілів $(a+b)$ до каротиноїдів за впливу бактеріальних препаратів суттєво відрізнялися під час бутонізації нуту звичайного сорту Пам'ять, але упродовж наступних генеративних фаз росту та розвитку рослин статистично вірогідно не відрізнялися від контролю. Найнижчі значення зазначених параметрів характерні для нуту звичайного сорту Пам'ять у фазі цвітіння, найвищі – на початку досягання бобів.

За впливу БС та Ризогуміну у листках нуту звичайного сортів Скарб та Ярина інтенсивніше синтезується хлорофіл *a*, порівняно з хлорофілом *b* (див. табл. 4.2.3) у результаті цього упродовж досліджуваного періоду зростають показники співвідношення суми хлорофілів *a* і *b* до кількості основних каротиноїдів (табл. 4.3.3).

Таблиця 4.3.3

Вплив бактеріальних препаратів на співвідношення пігментів хлоропластів у листках нуту звичайного, $M \pm m$, $n=4$

Варіант	Хл. <i>a</i> / Хл. <i>b</i>	Хл. (<i>a+b</i>) / каротиноїди	Хл. <i>a</i> / Хл. <i>b</i>	Хл. (<i>a+b</i>) / каротиноїди
Сорт Скарб		Сорт Ярина		
Фаза 5-7 листків				
К	3,60±0,05	5,05±0,08	4,86±0,17	3,46±0,09
БС	3,86±0,02*	5,10±0,11	4,83±0,26	3,88±0,03*
Ризогумін	3,75±0,01*	5,10±0,01	5,32±0,13	3,84±0,12*
Фаза бутонізації				
К	5,50±0,04	3,54±0,09	4,55±0,11	3,46±0,11
БС	4,77±0,11*	3,89±0,12*	4,47±0,18	3,85±0,12*
Ризогумін	4,44±0,23*	3,35±0,14	4,56±0,33	3,84±0,10*
Фаза цвітіння				
К	4,52±0,21	3,45±0,09	4,55±0,11	2,65±0,14
БС	5,15±0,12*	3,90±0,17*	4,47±0,18	2,86±0,16
Ризогумін	5,36±0,22*	3,88±0,14*	4,56±0,33	2,97±0,11*
Фаза кінець цвітіння-початок утворення бобів				
К	4,11±0,22	4,77±0,31	4,74±0,22	4,42±0,05
БС	4,07±0,07*	4,34±0,18	5,15±0,08*	4,37±0,17
Ризогумін	3,97±0,12	4,97±0,14	4,64±0,31	4,65±0,11*
Фаза зеленого бобу				
К	4,37±0,24	5,24±0,33	4,79±0,21	4,66±0,23
БС	5,42±0,09*	5,37±0,17	4,55±0,11	5,29±0,17*
Ризогумін	4,26±0,14	5,39±0,13	4,68±0,13	5,08±0,15
Фаза початок досягання бобів				
К	4,41±0,26	4,94±0,24	3,97±0,12	5,45±0,13
БС	4,46±0,11	6,16±0,18*	4,36±0,08*	5,85±0,15*
Ризогумін	4,36±0,16	6,23±0,15*	4,16±0,13	5,97±0,14*

Примітка: * відмінності порівняно з контролем достовірні при $P \leq 0,05$, $n=4$

За впливу мікробних препаратів визначено статистично вірогідне зростання співвідношення суми хлорофілів *a* і *b* до кількості основних

каротиноїдів у фазах цвітіння та початку досягання бобів у нуту звичайного сорту Скарб. Зазначені вище показники у сорту Ярина істотно відрізнялися порівняно з К за впливу обох препаратів у фазах 5-7 листків, бутонізації та на початку досягання бобів, Ризогуміну – у фазах цвітіння, кінець цвітіння-початок утворення бобів, БС – зеленого бобу. За рахунок збільшення кількості хлорофілу *a* у листках нуту звичайного сорту Скарб визначено статистично вірогідне зростання параметра співвідношення хлорофілів *a/b* за впливу БС та Ризогуміну у фазах 5-7 листків та цвітіння, зниження – бутонізації. Під кінець цвітіння на початку утворення бобів і у фазі зеленого бобу зазначений показник був вищим за інокуляції БС. У нуту звичайного сорту Ярина вірогідне підвищення вищезазначеного параметра визначено лише у фазах кінець цвітіння-початок утворення бобів та початок досягання бобів за інокуляції БС, що пояснюється суттєвішим збільшенням хлорофілу *a* і відсутності відмінностей за кількістю хлорофілу *b* за впливу БС порівнюючи з контролем.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Передпосівна обробка насіння нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина БС та Ризогуміном суттєво впливала на ростові процеси стебла, сприяла формуванню 2-3-х стебельних кущів з пагонами першого порядку та облиствленню рослин. За висотою стебла досліджувані сорти у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу були вищими порівнюючи з аналогічними показниками установи-оригінатора.
2. За впливу комплексного мікробного препарату Ризогумін визначено найвищий показник інтенсивності росту рослин у сортів Пам'ять, Буджак та Ярина у період вегетація – цвітіння та вегетація – стиглий біб. У сорту Скарб за впливу обох препаратів ці показники майже не відрізнялися упродовж зазначених вище періодів.
3. Мікробні препарати сприяли формуванню сирії маси надземних органів нуту звичайного упродовж онтогенезу. У фазі бутонізації суттєвіше на

зазначений вище показник впливала обробка насіння перед сівбою Ризогуміном.

4. Встановлено, що вміст зелених пігментів у листках нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина за вирощування в умовах Західного Лісостепу України залежить від обробки насіння перед сівбою рідкою формою бактеріальної суспензії селекціонованого штаму *M. ciceri* ND-64 і Ризогуміном, періоду індивідуального розвитку та сортових особливостей рослин.

5. Інокуляція насіння нуту звичайного зазначених вище сортів мікробними препаратами суттєвіше впливала на процеси біосинтезу хлорофілу *a* порівнюючи з хлорофілом *b* упродовж онтогенезу рослин, на що вказує їх уміст. Комплексний мікробіологічний препарат Ризогумін порівнюючи з БС дещо суттєвіше підвищував вміст зелених пігментів у листках нуту звичайного сорту Буджак, БС ефективніше впливала на накопичення пігментів у листках рослинами нуту звичайного сортів Пам'ять, Скарб та Ярина порівнюючи з Ризогуміном. Залежно від сортових особливостей рослин максимальна кількість хлорофілів та каротиноїдів у листках нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина виявлена у різних фазах онтогенезу.

6. Мікробні препарати, в основному, суттєво не впливали на накопичення основних каротиноїдів у листках нуту звичайного, лише у сортів Ярина у фазах 5-7 листків і бутонізації та Пам'ять – бутонізації визначено статистично вірогідне зростання зазначених пігментів.

7. Показники співвідношення фотосинтетичних пігментів листків нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина залежать від умісту хлорофілу *a*, *b*, основних каротиноїдів у їх мезофілі, на накопичення яких суттєво впливає передпосівна обробка насіння мікробними препаратами, сортові особливості рослин та їх індивідуальний розвиток.

8. Підвищення параметрів ростових процесів нуту звичайного, збільшення вмісту фотосинтетичних пігментів у його листках за впливу БС та Ризогуміну пов'язане з поліпшенням азотного живлення рослин дослідних варіантів за

рахунок біологічної фіксації молекулярного нітрогену симбіотичними системами утвореними інтродукованими штамами *M. ciceri* бактеріальних препаратів. Застосування мікробних препаратів на основі *M. ciceri* є перспективним елементом технології нуту звичайного, що підвищує інтенсивність ростових процесів та уміст фотосинтетичних пігментів.

Результати експериментальних досліджень, представлених у розділі чотири наведено в публікаціях (2; 3; 4; 5; 7; 12; 14).

РОЗДІЛ 5

ПАРАМЕТРИ ВОДООБМІНУ НУТУ ЗВИЧАЙНОГО ЗА ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ МІКРОБНИМИ ПРЕПАРАТАМИ

Характерною ознакою сьогодення є інтенсивні зміни кліматичних умов, які суттєво впливають на природну та культивовану флору. У 2023 році було зафіксовано рекордні температури у світі. Влітку цього ж року в Європі екстремальні хвилі спеки вплинули на південну половину континенту, а в деяких регіонах температура повітря перевищила 45°C. Варто зазначити, що в Європі повітря нагрівається вдвічі швидше, порівняно з середніми показниками температури у світі. У результаті столітнього спалювання викопного палива Європа стикається з безпрецедентним потеплінням та ескалацією екстремальних кліматичних явищ, підкреслених рекордною спекою, посухами та повенями у 2022 та 2023 роках (Kim R. van D. et al., 2024).

Сільське господарство вразливе до зміни клімату, та зазнає значних економічних втрат (Hans-Otto P. et al., 2022). Фермери можуть адаптуватися до зміни клімату, вживаючи заходів у власному масштабі, завдяки впровадженню нових практик (Ollier M., Jayet P.-A., Humblot P., 2024). Зазначені процеси відомі в літературі як приватна адаптація, стосуються пристосувань, які фермерські господарства можуть вжити на своєму рівні від інтенсивного (зокрема, зміна попиту на фактори виробництва) та екстенсивного шляхів (наприклад, зміна у виборі культури) до прийняття нових практик (наприклад, агролісомеліорація), більш сприятливих до зміни кліматичних умов (Mendelsohn R., 2020). Аналізуючи розвиток європейського сільського господарства прогнозовано, що кліматичні зміни можуть мати негативні наслідки в середньостроковій та позитивні – в довгостроковій перспективі (Vaitkeviciute J., 2018), а врожайність культурних рослин в умовах зміни клімату у результаті адаптації може зрости від 7 до 15 % (Challinor A. J. et al., 2014).

Одним із сучасних шляхів адаптації сільського господарства до природних умов є впровадження нових для регіону посухостійких культур, які є цінними у плані харчування та використання на корм тваринам, із новими елементами технології вирощування, що сприятимуть формуванню їх високих урожаїв, будуть безпечними для вживання та навколишнього середовища.

Перспективною посухо- та жаростійкою культурою, що може переносити спеку та повітряну посуху є нут звичайний (*C. arietinum*). (Січкарь В. І., 2019; Січкарь В. І., Бушулян О. В., 2000; Мельник А. В. та ін., 2020). Варто зазначити, що нут звичайний за впливу теплового стресу, особливо під час репродуктивної фази росту і розвитку, знижує насіннєву продуктивність (Pattison A. L., Uddin M. N., Trethowan R. M., 2021). Температура більше 27°C негативно впливає на ріст листків, а вище 30°C – зменшує плодючість репродуктивних органів нуту. Показано, що зниження урожайності вперше спостерігалось за температури меншої 32°C у генотипі, чутливому до спеки, і за 34°C – у генотипі, стійкому до спеки, після 12 год стресу (Devasirvatham V. et al., 2012).

Забезпечення рослин водою і здатність регулювати свій водний режим за впливу мінливих кліматичних умов упродовж вегетаційного періоду суттєво впливає на формування продуктивності культури. Сьогодні вплив мікробних препаратів на параметри водообміну рослин нуту звичайного в умовах Західного Лісостепу України досліджений недостатньо, тому це питання заслуговує уваги.

5.1. Вплив мікробних препаратів на обводнення листків нуту звичайного

Вода в організмі рослини є необхідним середовищем і безпосереднім учасником всіх фізіолого-біохімічних процесів. Її вміст у тканинах є величиною динамічною і непостійною, залежить від віку тканини й органу, його топографії, інтенсивності протікання фізіологічних процесів, доступності ґрунтової вологи, а також від співвідношення кількості поглинутої і втраченої води. Вода необхідна рослинам також для забезпечення хімічними

елементами, які є складовими компонентами органічних речовин, що вони синтезують. Листки містять приблизно 85-90 %, а коренева система 70-80 % води. Дефіцит води в тканинах рослини призводить до значного уповільнення фізіологічних та біохімічних процесів, а відтак до зниження врожайності й погіршення його якості (Malhotra R. S., Singh K. B., Saxena M. S., 1997).

Важливим показником, що характеризує водний режим рослин є загальний уміст води у тканинах їх органів. У результаті досліджень встановлено, що у фазі 5-7 листків нуту звичайного сорту Буджак за загальним умістом води листки контрольних та дослідних рослин суттєво не відрізнялися між собою (табл. 5.1.1).

Таблиця 5.1.1

Вплив мікробних препаратів на загальний уміст води (%) в листках нуту звичайного сорту Буджак, $M \pm m$, $n=6$

Варіант	Фаза росту і розвитку		
	5-7 листків	цвітіння- початок формування бобів	зелений біб
Контроль	76,23±0,40	74,50±0,65	74,29±0,79
БС	77,62±0,91	76,35±0,15*	74,65±0,35
Ризогумін	76,47±0,42	73,58±0,56	74,93±0,46

Примітки: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Спостерігається тенденція до більшого обводнення їх тканин на 1,8 % за впливу БС. Варто зазначити, що під час проведення досліджень кліматичні умови були сприятливими для росту і розвитку нуту звичайного. У фазі 5-7 листків температура повітря становила 20°C, вологість повітря – 60 %, сила вітру – 6,7 км/год, під час цвітіння- початок формування бобів відповідно – 25°C, 57 % та 5 км/год, зеленого бобу – 21°C, 55 % та 12 км/год.

У фазі цвітіння-початок формування бобів температура повітря порівняно з попередньою фазою була вищою, а вологість повітря – нижчою. Листки рослин нуту звичайного сорту Буджак усіх варіантів характеризувалися меншим обводненням тканин порівнюючи з попередньою

фазою росту і розвитку. За інокуляції насіння БС загальний уміст води у листках статистично вірогідно був вищим порівнюючи з контролем на 2,5 %. За впливу Ризогуміну виявлено тенденцію до зниження обводнення тканин листків. У фазі зеленого бобу суттєвої різниці за досліджуваним показником між варіантами не визначено. У зазначеній фазі росту і розвитку рослин порівнюючи з попередніми загальний уміст води у листках нуту звичайного сорту Буджак був дещо меншим. У фазі зеленого бобу вологість повітря була нижчою порівнюючи з попередніми фазами росту і розвитку рослин, а сила вітру в 1,8 та 2,4 рази більшою, що очевидно вплинуло на зазначені показники.

Інокуляція насіння нуту звичайного сорту Скарб перед сівбою БС та Ризогуміном сприяла підвищенню загального вмісту води у листках рослин упродовж їх онтогенезу (табл. 5.1.2). Під час фази 5-7 листків нуту звичайного сорту Скарб статистично вірогідний показник умісту води у листках рослин виявлено за впливу Ризогуміну, що на 3,2 % більше порівняно з контролем. Саме у зазначеній фазі АФА корневих бульбочок за обробки насіння перед сівбою Ризогуміном була вищою (див. розділ 3.2).

Під час цвітіння-початок формування бобів виявлено тенденцію до більшого обводнення (на 2,8 %) листків нуту звичайного за впливу Ризогуміну порівнюючи з контролем та на 0,9 % – порівнюючи з фазою 5-7 листків. Тканини листків рослин зазначеного варіанту у фазі зеленого бобу характеризувалися нижчим умістом води на 0,9 % порівнюючи з контролем і на 3,6 % та 4,6 % порівнюючи з фазами 5-7 листків та цвітіння-початок формування бобів.

Передпосівна інокуляція БС статистично вірогідно порівняно з контролем підвищувала (на 3,4 %) обводнення листків нуту звичайного сорту Скарб у фазі цвітіння-початок формування бобів. Саме у цій фазі росту і розвитку рослин тканини листків усіх варіантів характеризувалися найбільшим умістом води упродовж досліджуваного періоду. У фазі зеленого бобу показник умісту води у листках за впливу БС дещо знизився (на 2,1 %) порівнюючи з попередньою фазою, але був вищим на 2,1 % порівнюючи з фазою

5-7 листків та на 2,5 % – порівнюючи з контролем. Зменшення обводнення листків очевидно можна пояснити вищим умістом сухих речовин, нижчою вологістю повітря, більшою силою вітру.

Таблиця 5.1.2

Вплив мікробних препаратів на вміст води (%) в листках нуту звичайного сорту Скарб, $M \pm m$, $n=6$

Варіант	Фаза росту і розвитку рослин		
	5-7 листків	цвітіння- початок формування бобів	зелений біб
Контроль	75,82±0,51	76,73±0,56	76,12±0,40
БС	76,46±0,49	79,36±0,56*	78,06±0,85
Ризогумін	78,23±0,37*	78,92±0,78	75,44±0,25

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Аналіз результатів дослідження обводнення тканин листків нуту звичайного сорту Пам'ять показав, що у фазі 5-7 листків за загальним умістом води листки контрольних та дослідних рослин суттєво не відрізнялися (табл. 5.1.3).

Таблиця 5.1.3

Вплив мікробних препаратів на вміст води (%) в листках нуту звичайного сорту Пам'ять, $M \pm m$, $n=6$

Варіант	Фаза росту та розвитку		
	5-7 листків	цвітіння-початок формування бобів	зелений біб
Контроль	76,59±0,53	74,91±0,34	74,24±0,55
БС	75,59±0,58	76,94±0,22*	75,86±0,31*
Ризогумін	76,58±0,39	75,24±0,49	74,83±0,77

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Спостерігається тенденція до меншого обводнення листків на 1,3 % за інокуляції насіння БС. У фазах цвітіння-початок формування бобів та зеленого бобу визначено статистично вірогідне підвищення вмісту води у листках за впливу БС на 2,7 % та 2,2 % порівнюючи з контролем. У фазах цвітіння та формування бобів нуту звичайного сорту Пам'ять за інокуляції насіння БС

рослини характеризувалися вищою АФА корневих бульбочок (див. розділ 3.2) та інтенсивнішими ростовими процесами стебла (див. розділ 4.1) порівнюючи з спонтанно інокульованими рослинами контрольного варіанту. За впливу Ризогуміну у зазначених вище фазах росту і розвитку рослин виявлено тенденцію до більшого обводнення тканин листків. Варто зазначити, що листки нуту звичайного сорту Ярина контрольного та дослідних варіантів у фазі 5-7 листків за загальним умістом води суттєво не відрізняються між собою (табл. 5.1.4). Аналогічну закономірність за параметрами загального умісту води визначено у цій фазі росту і розвитку в сортів Пам'ять та Буджак.

За впливу Ризогуміну у зазначеній вище фазі спостерігалася тенденція до зниження обводнення листків нуту звичайного сорту Ярина на 1,0 %. Під час цвітіння-початок формування бобів та у фазі зеленого бобу виявлено підвищення обводнення тканин листків на 2,7 % та 2,2 % відповідно за інокуляції насіння БС.

Таблиця 5.1.4

Вплив мікробних препаратів на вміст води (%) в листках нуту звичайного сорту Ярина, $M \pm m$, $n=6$

Варіант	Фаза росту і розвитку		
	5-7 листків	цвітіння-початок формування бобів	зелений біб
Контроль	76,40±0,42	74,62±0,32	72,72±0,22
БС	76,26±0,49	76,61±0,45*	75,73±0,30*
Ризогумін	75,62±0,51	75,28±0,48	73,28±0,43

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Отже, на показники загального умісту води у листках нуту звичайного впливають сортові особливості рослин, кліматичні умови досліджуваного періоду, фаза росту і розвитку рослин. За обробки насіння перед сівбою мікробними препаратами спостерігається тенденція до вищого обводнення тканин листків. На початку вегетаційного періоду, у фазі 5-7 листків суттєвої різниці за показниками обводнення листків між рослинами контрольного та

дослідних варіантів не виявлено. У генеративних фазах розвитку інокуляція БС суттєвіше впливала на обводнення листків нуту звичайного сортів Пам'ять, Ярина, Буджак та Скарб.

5.2. Параметри водного дефіциту листків нуту звичайного за передпосівної обробки насіння мікробними препаратами

Важливим параметром, що характеризує водний режим рослин є водний дефіцит – це нестача води, виражена у відсотках від загальної кількості її при повному насиченні тканин водою (Векірчик К. М., 1984). Він суттєво залежить від природних чинників, що спричиняють посуху, спостерігається за різкого зниження вологості та підвищення температури повітря, відтак це призводить до підвищення температури рослин та втрати ними води (Паливода Ю. М., Гавій В. М., 2023). Для подолання водного дефіциту культурні рослини формують складні механізми стійкості та адаптації, включаючи біохімічні та фізіологічні реакції (Oguz M. et al., 2022). Результатом пристосування рослин до дефіциту води є зменшення листкової поверхні, продихової транспірації, збільшення співвідношення підземної та наземної частини (Колодка А. В., Твердохліб О. В., 2022). Одним із важливих механізмів посухостійкості культур і зниження їх водного дефіциту є осмотичне регулювання, що реалізується через зниження осмотичного потенціалу за рахунок накопичення неорганічних і органічних осмолітів (аланіну, валіну, проліну, тощо) (Паливода Ю. М., Гавій В. М., 2023).

Встановлено, що передпосівна обробка насіння мікробними препаратами суттєво знижувала показники водного дефіциту листків нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина упродовж онтогенезу (табл. 5.2.1). За впливу БС і Ризогуміну параметри водного дефіциту листків нуту звичайного сорту Буджак у фазі 5-7 листків, порівнюючи з контролем нижчі на 27,5 % і 39,3 %. Варто зазначити, що у цій фазі росту і розвитку рослин вологість повітря була найвищою (60 %) (57 % – цвітіння- початок формування бобів та 55 % – зелений біб), температура повітря – найнижчою

(20°C) (25°C – цвітіння-початок формування бобів та 21°C – зелений біб) порівнюючи з іншими фазами, що відповідно вплинуло на показники водного дефіциту листків усіх варіантів. Аналогічну закономірність визначено і в наступних фазах росту і розвитку рослин. Зокрема, під час цвітіння-початок формування бобів дефіцит води у листках сорту Буджак був нижчим порівнюючи з показниками листків рослин контрольного варіанту на 24,7 % (БС) і 36,6 % (Ризогумін), у фазі зеленого бобу – 22,2 % (БС) і 29,8 % (Ризогумін).

У фазі 5-7 листків листки рослин дослідних варіантів нуту звичайного сорту Скарб характеризувалися на 14,4 % (БС) та 15,5 % (Ризогумін) меншими показниками дефіциту води. У зазначений період досліджувані параметри були в 2,1 (цвітіння-початок формування бобів) та 2,8 (зелений біб) (варіант Контроль), відповідно 2,0 та 2,1 (БС), 1,9 та 2,3 (Ризогумін) рази меншими порівняно з наступними фазами росту та розвитку рослин. У фазі цвітіння-початок формування бобів нуту звичайного сорту Скарб визначено статистично вірогідне зниження водного дефіциту за впливу мікробних препаратів на 19,0 % (БС) та 25,0 % (Ризогумін). Аналогічну закономірність визначено і у фазі зеленого бобу. Необхідно відмітити, що листки сорту Скарб упродовж вегетаційного періоду характеризувалися найвищими показниками загального умісту води (див. розділ 5.1) порівнюючи з іншими досліджуваними сортами і відповідно меншими параметрами водного дефіциту.

Показано, що за помірного випаровування води листками і достатнього надходження її в рослину через кореневу систему з ґрунту створюється сприятливий водний баланс. За повітряної і ґрунтової посухи водний обмін у рослині порушується. Це призводить до зниження обводнення тканин, що відповідно впливає на стан біоколоїдів цитоплазми клітини і сприяє пошкодженню її структури. Зазначені процеси порушують нормальну діяльність ферментативних систем, знижують показники інтенсивності

фотосинтезу, що відтак негативно позначається на процесах росту, а потім і на формування врожайності (Векірчик К. М., 1984).

Таблиця 5.2.1

Вплив мікробних препаратів на водний дефіцит (%) листків нуту звичайного,

$M \pm m, n=6$

Варіант	Фаза росту і розвитку		
	5-7 листків	цвітіння-початок формування бобів	зелений біб
Сорт Буджак			
Контроль	10,54±0,78	13,12±0,59	15,75±0,36
БС	7,64±0,66*	9,88±0,46*	12,26±0,64*
Ризогумін	6,40±0,43*	8,27±0,62*	11,06±1,03*
Сорт Скарб			
Контроль	8,24±0,18	17,22±0,80	23,31±1,21
БС	7,05±0,50	13,95±0,42*	14,58±1,05*
Ризогумін	6,96±0,31	12,92±0,67*	15,79±0,84*
Сорт Пам'ять			
Контроль	18,46±0,41	22,34±0,78	15,85±0,94
БС	15,37±0,89*	19,58±0,43*	15,13±1,06
Ризогумін	13,59±0,56*	20,92±0,66	11,84±0,62*
Сорт Ярина			
Контроль	15,03±0,62	14,12±0,93	14,22±0,68
БС	14,45±1,04	9,92±0,64*	10,85±0,61*
Ризогумін	14,85±1,03	10,24±0,55*	11,81±0,26*

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

За інокуляції насіння нуту звичайного сорту Пам'ять визначено також зниження водного дефіциту листків порівнюючи з контролем у фазі 5-7 листків на 16,7 % (БС) та 26,4 % (Ризогумін), цвітіння-початок формування бобів – 12,4 % (БС) та 6,4 % (Ризогумін), зелений біб – 4,5 % (БС) та 25,3 % (Ризогумін). Листки нуту звичайного сорту Пам'ять у фазі 5-7 листків характеризувалися дещо вищим умістом води порівнюючи з генеративними фазами росту і розвитку (див. розділ 4.1) і відтак – меншим дефіцитом води у тканинах.

На початку вегетаційного періоду нуту звичайного сорту Ярина у фазі 5-7 листків виявлено тенденцію до зниження їх водного дефіциту за впливу

мікробних препаратів. У генеративних фазах росту і розвитку рослин обробка насіння перед сівбою БС і Ризогуміном статистично вірогідно порівнюючи з контролем знижувала показники водного дефіциту їх листків на 29,8 % і 27,5 % (цвітіння-початок формування бобів), 23,7 % і 26,9 % (зелений біб).

Отже, застосування БС та комплексного мікробного препарату Ризогумін для передпосівної обробки насіння суттєво знижувало показники водного дефіциту листків *Cicer arietinum* L. сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина упродовж онтогенезу.

5.3. Водотримувальна здатність листків нуту звичайного за впливу мікробних препаратів

Одним із інформативних показників водного обміну культурних рослин є водотримувальна здатність. Зазначений показник характеризує ступінь витривалості та реакцію рослин на зміни клімату (Векірчик К. М., 1984).

Встановлено, що втрати води листками нуту звичайного сорту Буджак при їх підсиханні за впливу мікробних препаратів зменшуються (табл. 5.3.1). У фазі 5-7 листків за передпосівної обробки насіння Ризогуміном визначено статистично вірогідне підвищення водотримувальної здатності колоїдів цитоплазми клітин мезофілу листків на 15,5 %, 11,0 % та 8,1 % упродовж досліджуваного періоду. За впливу БС спостерігалася тенденція до підвищення зазначеного вище показника через 2 та 4 год після втрати води листками рослин. Лише через 24 год після підсихання листків визначено суттєве підвищення їх водотримувальної здатності на 11,5 %. У фазі цвітіння-початок формування бобів за інокуляції насіння БС листки нуту звичайного сорту Буджак характеризувалися високим загальним умістом води, але під час підсихання через 2, 4 та 24 год втрачали статистично вірогідно менше води на 25,3 %, 27,4 % та 21,6 %. За впливу Ризогуміну суттєве підвищення водотримувальної здатності листків на 9,0 % визначено через 24 год після їх підсихання. За впливу мікробних препаратів листки нуту звичайного сорту

Буджак характеризувалися меншим водним дефіцитом порівнюючи з рослинами контрольного варіанту.

Таблиця 5.3.1

Вплив мікробних препаратів на водоутримувальну здатність (%)

листіків нуту звичайного сорту Буджак, $M \pm m$, $n=6$

Варіант	Фаза росту і розвитку рослин		
	5-7 листків	цвітіння-початок формування бобів	зелений біб
Втрата води листками через 2 год			
Контроль	17,92±0,71	18,20±0,64	15,10±1,18
БС	16,04±0,74	13,59±0,44*	12,91±0,75
Ризогумін	15,15±0,59*	17,11±0,57	9,99±0,51*
Втрата води листками через 4 год			
Контроль	27,17±0,78	23,00±0,72	18,48±0,91
БС	27,11±0,83	16,71±0,71*	11,13±0,87*
Ризогумін	24,18±0,66*	22,64±0,73	13,69±0,67*
Втрата води листками через 24 год			
Контроль	50,21±1,04	57,53±1,11	50,09±0,86
БС	44,42±0,79*	45,12±0,82*	45,45±0,90*
Ризогумін	46,15±0,93*	52,36±0,81*	44,66±0,97*

Примітка: *відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

У фазі зеленого бобу листки нуту звичайного сорту Буджак характеризувалися найнижчими показниками загального умісту води упродовж онтогенезу і найменшу кількість її втрачали після в'янення, що свідчить про високу водоутримувальну здатність колоїдів цитоплазми клітин листків за впливу мікробних препаратів. Варто зазначити, що клітини нуту звичайного містять менше вільної і більше зв'язаної води, у результаті цього процес випаровування у них відбувається менш інтенсивно, порівняно з іншими бобовими культурами (Гирка А. Д. та ін., 2013).

Дослідження показали, що мікробні препарати також впливали на водоутримувальну здатність листків нуту звичайного сорту Скарб упродовж вегетаційного періоду (табл. 5.3.2). У фазі 5-7 листків через 2 год листки рослин контрольного та дослідних варіантів практично втратили однакову кількість води. Спостерігалася тенденція до зменшення на 12,2 % водовтрати листками за впливу БС порівняно з контролем. Аналогічну закономірність

виявлено через 4 год. Кількість втраченої води листками рослин зазначеного вище варіанту була на 5,2 % меншою порівняно з контролем. Через 24 год після випаровування листки нуту звичайного сорту Скарб варіанту БС статистично вірогідно втратили на 9,7 % менше води, що вказує на вищу водоутримувальну здатність колоїдів цитоплазми мезофілу листків. У фазі 5-7 листків за передпосівної обробки насіння Ризогуміном листки рослин характеризувалися вищим обводненням і це, очевидно, вплинуло на їх водовтрату.

Таблиця 5.3.2

Вплив мікробних препаратів на водоутримувальну здатність (%)

листків нуту звичайного сорту Скарб, $M \pm m$, $n=6$

Варіант	Фаза росту і розвитку рослин		
	5-7 листків	цвітіння-початок формування бобів	зелений біб
Втрата води листками через 2 год			
Контроль	18,92±1,15	26,92±0,86	10,96±0,47
БС	16,61±1,44	23,95±1,77	10,02±0,53
Ризогумін	18,36±0,85	16,85±1,27*	10,37±0,82
Втрата води листками через 4 год			
Контроль	31,48±0,90	35,26±1,21	17,18±0,77
БС	29,84±1,92	28,45±1,39*	13,53±0,64*
Ризогумін	32,88±1,09	21,28±1,63*	12,51±0,52*
Втрата води листками через 24 год			
Контроль	46,71±1,21	73,36±1,64	55,79±1,22
БС	42,64±0,64*	57,83±1,51*	48,19±0,78*
Ризогумін	47,47±1,15	43,95±1,16*	46,51±1,45*

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

У фазі цвітіння-початок формування бобів загальний уміст води у листках нуту звичайного сорту Скарб був найвищим упродовж онтогенезу і відтак вони більше її втрачали. У листках цього сорту визначено найменші показники водного дефіциту порівнюючи з іншими досліджуваними сортами. За впливу інокуляції листки рослин характеризувалися статистично вірогідно більшою водоутримувальною здатністю, відповідно через 2 год після випаровування води вони втратили на 11,0 % (БС) та 37,4 % (Ризогумін), через

4 год – на 19,3 % (БС) та 39,7 % (Ризогумін), через 24 год – на 21,2 % (БС) та 41,5 % (Ризогумін) її менше.

У фазі зеленого бобу виявлено аналогічну закономірність стосовно показників водоутримувальної здатності колоїдів клітин мезофілу листків нуту звичайного сорту Скарб за впливу передпосівної обробки насіння мікробними препаратами. Проте, через 2 год після випаровування води листками зазначені показники контрольного і дослідних варіантів суттєво не відрізнялися між собою. За більш тривалого зневоднення (через 4 та 24 год) листки дослідних рослин нуту звичайного сорту Скарб статистично вірогідно з більшою силою утримували воду й на 21,5 % та 13,6 % (БС) і 27,2 % та 16,6 % (Ризогумін) менше її втрачали порівнюючи з контролем і відтак характеризувалися меншими показниками водного дефіциту (див. розділ 5.2).

За водоутримувальною здатністю листки нуту звичайного сорту Пам'ять, насіння якого перед сівбою інокулювали БС у фазі 5-7 листків статистично вірогідно відрізнялися від контролю. Через 2, 4 та 24 год вони порівнюючи з контролем втрачали на 26,1 %, 12,3 % та 21,2 % менше води. За впливу БС виявлено тенденцію до меншої втрати води колоїдами цитоплазми на 5,3 % через 2 год, 6,8 % – через 4 год та 0,9 % – через 24 год. У зазначеній фазі листки рослин за впливу обох мікробних препаратів характеризувалися статистично вірогідним меншим водним дефіцитом порівнюючи з контролем.

Під час цвітіння-початок формування бобів виявлено аналогічну закономірність стосовно показників водоутримувальної здатності листків сорту Пам'ять визначену у попередній фазі росту і розвитку рослин. Варто зазначити, що листки у цій фазі та у фазі зеленого бобу характеризувалися вищими статистично вірогідними показниками загального умісту води. За впливу БС водоутримувальна здатність листків була суттєво більшою порівнюючи з контролем на 30,5 %, 19,2 % та 14,4 % відповідно через 2, 4 та 24 год. Обробка насіння перед сівбою Ризогуміном також сприяла меншим водовтратам листків упродовж періоду в'янення на 12,7 %, 2,1 % та 5,8 % відповідно.

Таблиця 5.3.3.

Вплив мікробних препаратів на водоутримувальну здатність (%) листків нуту звичайного сорту Пам'ять, $M \pm m$, $n=6$

Варіант	Фаза росту і розвитку рослин		
	5-7 листків	цвітіння-початок формування бобів	зелений біб
Втрата води листками через 2 год			
Контроль	19,37±1,21	15,92±1,56	14,2±4,14
БС	14,31±1,38*	11,09±1,63*	7,07±0,26*
Ризогумін	18,34±1,46	13,90±1,14	11,30±1,62
Втрата води листками через 4 год			
Контроль	28,06±1,19	21,12±1,84	20,07±1,70
БС	24,61±1,39*	17,07±1,41*	9,05±0,24*
Ризогумін	26,16±1,15	20,68±1,78	14,03±1,94*
Втрата води листками через 24 год			
Контроль	47,17±1,29	57,61±1,70	59,65±11,53
БС	37,17±1,77*	49,32±1,31*	50,09±1,75*
Ризогумін	46,74±1,66	54,25±2,96	42,04±1,64*

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Водний режим рослин тісно пов'язаний з їх стійкістю проти посухи. Висока посухостійкість проявляється в здатності клітин та тканин витримувати і регулювати витрату води, при цьому запобігати виникненню водного дефіциту, і також здатністю з глибоких горизонтів ґрунту споживати воду (Манько М. В., Олексійченко Н. О., Соваков О. В., 2016). Варто зазначити, що рослини нуту звичайного характеризуються високим осмотичним тиском клітинного соку (17 атмосфер), порівнюючи з горохом – на 7 атмосфер менше, що сприяє розвитку кореневої системи і транспортуванню води з великої глибини (Бабич А. О., 1984; Бабич А. О., 1995).

За впливу мікробних препаратів водоутримувальна здатність листків нуту звичайного сорту Ярина після 2 год їх в'янення виявилась вищою на 13,6 % (БС) та 10,4 % (Ризогумін) порівнюючи із спонтанно інокульованими рослинами. За більш тривалого в'янення через 4 год колоїди цитоплазми листків рослин варіанту БС статистично вірогідно утримували воду. За впливу

Ризогуміну водоутримувальна здатність листків також була нижчою порівнюючи з контролем на 9,8 %, через 24 год – на 11,1 %.

Таблиця 5.3.4

Вплив мікробних препаратів на водоутримувальну здатність (%) листків нуту звичайного сорту Ярина, $M \pm m$, $n=6$

Варіант	Фаза росту і розвитку рослин		
	5-7 листків	цвітіння-початок формування бобів	зелений біб
Втрата води листками через 2 год			
Контроль	22,59±1,11	21,73±1,07	7,97±0,29
БС	19,51±1,02	18,06±0,61*	6,26±0,20*
Ризогумін	20,25±1,48	20,51±1,14	7,13±0,64
Втрата води листками через 4 год			
Контроль	31,84±1,14	29,63±1,26	11,96±0,53
БС	28,13±1,12*	24,65±1,35*	9,24±0,46*
Ризогумін	28,71±1,19	23,80±1,46*	10,91±0,81
Втрата води листками через 24 год			
Контроль	48,82±1,43	67,28±1,45	58,63±1,55
БС	47,82±1,41	58,65±1,50*	53,15±1,79*
Ризогумін	43,39±1,34*	61,02±1,15*	49,63±1,76*

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Під час цвітіння-початок формування бобів загальний уміст води в листках нуту звичайного сорту Ярина був нижчим порівнюючи з фазою 5-7 листків (див. розділ 5.1). Після 2-х та 4-х год в'янення листки рослин усіх варіантів втрачали меншу кількість води порівнюючи з попередньою фазою росту і розвитку. Інокуляція БС статистично вірогідно сприяла зменшенню водовтрат на 16,9 % (через 2 год) та 10,1 % (через 4 год) порівнюючи з контролем, обробка насіння перед сівбою Ризогуміном – на 5,6 % та 19,7 % відповідно. За тривалого в'янення через 24 год листки обох дослідних варіантів суттєво менше на 12,8 % та 9,3 % порівнюючи з контролем втратили води.

У фазі зеленого бобу листки нуту звичайного сорту Ярина характеризувалися ще нижчими показниками загального умісту води і відтак

через 2 та 4 год втрачали її менше. Статистично вірогідні показники водоутримувальної здатності листків визначено через 2 та 4 год після в'янення за інокуляції БС та через 24 год – обробки насіння обома мікробними препаратами. Листки рослин зазначених вище варіантів втратили на 21,5 %, 22,7 %, 9,3 % та 15,3 % відповідно. Показано, що інокуляція насіння люцерни ефективними штамами збільшувала уміст протеїну у біомасі рослин на 1,9-2,2 % (Патика В. П. та ін., 2003). Підвищення умісту білків сприяє збільшенню у клітинах колоїднозв'язаної води і відповідно зменшує втрати клітинами води.

Отже, обробка насіння мікробними препаратами підвищує водоутримувальну здатність колоїдів цитоплазми листків нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина і знижує втрату ними води під час в'янення.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5

1. Нут звичайний, завдяки високій посухо- та жаростійкості є перспективною бобовою культурою в умовах зміни клімату для Західного Лісостепу України.

2. Важливим елементом технології вирощування культури, який впливає на процеси водообміну рослин є обробка насіння перед сівбою мікробними препаратами. На параметри водообміну листків нуту звичайного впливають також сортові особливості рослин, фаза індивідуального розвитку, кліматичні умови регіону.

3. За обробки насіння перед сівбою мікробними препаратами спостерігається, в основному, тенденція до підвищення загального вмісту води у листках. На початку вегетації, у фазі 5-7 листків суттєвої різниці між листками контрольних та дослідних рослин за параметром загальний уміст води не виявлено. Найбільш обводненими виявились тканини листків нуту звичайного сорту Скарб у фазі цвітіння-початок формування бобів, менш обводненими – сорту Буджак у зазначеній вище фазі та сорту Ярина – у фазі зеленого бобу. За впливу БС у листках рослин сортів Пам'ять і Ярина у

генеративних фазах розвитку, Скарб та Буджак – у фазі цвітіння-початок формування бобів підвищується загальний уміст води.

4. У фазі 5-7 листків у сортів Скарб та Ярина не виявлено статистично вірогідної різниці за параметрами водного дефіциту листків між контрольними та дослідними рослинами. Під час цвітіння-початок формування бобів та у фазі зеленого бобу мікробні препарати суттєво знижували показники водного дефіциту листків досліджуваних сортів. За інокуляції насіння нуту звичайного сорту Ярина БС водний дефіцит листків нижчий порівнюючи з обробкою насіння перед сівбою Ризогуміном. У сорту Буджак навпаки, Ризогумін ефективніше впливав на показники водного дефіциту листків упродовж вегетаційного періоду порівнюючи з БС.

5. За впливу БС та Ризогуміну знижується водний дефіцит листків та підвищується їх водоутримувальна здатність упродовж онтогенезу нуту звичайного, а відтак стійкість до посухи.

Результати експериментальних досліджень, представлених у розділі п'ять наведено в публікаціях [2; 6; 8; 11; 13].

РОЗДІЛ 6

НАСІННЄВА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА НУТУ ЗВИЧАЙНОГО ЗА ВПЛИВУ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ

Важливими параметрами оцінки ефективності елементів технології вирощування є насіннєва продуктивність та якість зерна культури. Вченими показано, що сорти нуту звичайного за правильної технології і сприятливих кліматичних умов можуть формувати відносно хороші врожаї якісного зерна при незначних затратах праці й матеріальних ресурсів. Врожайність нуту звичайного на належному агрофоні може становити 2,5–4,2 т/га. За несприятливих погодних умов, зокрема (посухи) урожайність культури знижується до 0,7–1,0 т/га, але все ж таки забезпечує рентабельність вирощування (Січкарь В. І., Бушуляк О. В., 2000; Січкарь В. І., Бушуляк О. В., 2000).

Показано, що використання у технології вирощування біологічних препаратів активізує фізіологічні процеси рослин, поліпшує стресостійкість та імунітет і відтак сприяє підвищенню насіннєвої продуктивності (Карпенко В. П., Коробко О. О., 2019).

Оскільки в умовах Західного Лісостепу нут звичайний є малопоширеною культурою, але в умовах зміни клімату в сторону потепління є перспективною, то дослідження урожайності та якості насіння є актуальним завданням роботи.

6.1. Вплив мікробних препаратів на урожайність нуту звичайного

На формування врожаю зерна нуту звичайного впливає низка важливих параметрів, зокрема: кількість рослин з появи сходів і до моменту збирання врожаю на одиниці площі, чисельність бобів і зерен на 1 рослині, маса 1000 насінин і маса зерна з однієї рослини. За оптимального поєднання елементів структури врожаю: кількості бобів на рослині, зерен у бобі та маси 1000 насінин культура характеризується підвищеною насіннєвою продуктивністю (Бушуляк О. В., Січкарь В. І., 2009). Для нуту звичайного характерна дуже

висока потенційна здатність формувати генеративні органи (бутони, квітки і боби), але фактична насіннева продуктивність суттєво залежить від біологічних особливостей сорту, конкретних екологічних умов вирощування, а також застосованих прийомів агротехніки (Скитський В. Ю., Шевченко А. М., Степанова Т. Є., 2009).

Важливим показником, що суттєво впливає на насіннєву продуктивність нуту звичайного є кількість бобів на рослині. Дослідження показали, що обробка насіння різних за тривалістю вегетаційного періоду сортів нуту звичайного перед сівбою мікробними препаратами суттєво впливала на формування елементів структури їх урожаю. Упродовж досліджуваного періоду рослини нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина формували 20,9-27,0, 17,9-22,6, 17,1-19,9 та 17,6-23,0 боби на рослинах (табл. 6.1.1). Найвищу кількість бобів порівнюючи з іншими сортами сформував на рослині у середньому за три роки сорт Буджак за обробки насіння Ризогуміном, що на 29,1 % більше порівнюючи з спонтанно інокульованими рослинами. На рослинах нуту звичайного сорту Пам'ять формувалася найменша кількість бобів. За зазначеним параметром рослини контролю та варіанту Ризогумін можна розмістити у такій послідовності : Буджак > Скарб > Ярина > Пам'ять; за інокуляції БС : Буджак > Ярина > Скарб > Пам'ять. Обробка насіння сортів Скарб, Пам'ять та Ярина перед сівбою Ризогуміном і БС підвищувала чисельність бобів на рослинах у середньому на 26,3 % і 20,7 %, 10,5 % і 16,4 % та 13,6 % і 30,7 % порівнюючи з рослинами контрольного варіанту. Варто зазначити, що упродовж вегетаційних періодів нутово-ризобіальні системи сортів Буджак і Скарб характеризувалися більшою кількістю і масою бульбочок, вищою азотфіксувальною активністю за впливу Ризогуміну, Пам'ять та Ярина – БС (див. розділ 3), що поліпшувало азотне живлення рослин і відповідно впливало на формування рослинами генеративних органів. За впливу мікробних препаратів листки нуту звичайного характеризувалися вищою кількістю хлорофілів (див. розділ 4), що

опосередковано поліпшувало вуглецеве живлення рослин і впливало на формування елементів структури урожаю.

Таблиця 6.1.1

Вплив мікробних препаратів на формування бобів (штук) на рослинах нуту звичайного, $M \pm m$, $n=64$

Варіант	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за 2022-2024 рр.
Сорт Буджак				
Контроль	18,8±0,84	20,6±0,68	23,2±1,02	20,9
БС	20,4±0,68	23,3±0,84	26,4±0,96*	23,4
Ризогумін	25,6± 0,86*	26,3± 0,94*	29,2± 0,88*	27,0
Сорт Скарб				
Контроль	18,3±0,81	17,3±0,78	18,1±0,92	17,9
БС	20,4±0,53	22,6±0,65*	21,8±0,61*	21,6
Ризогумін	22,1± 0,82*	23,5± 0,84*	22,3± 0,82*	22,6
Сорт Пам'ять				
Контроль	16,8 ± 0,44	17,4 ± 0,43	17,2 ± 0,53	17,1
БС	20,5 ± 0,56*	19,3 ± 0,45*	19,8 ± 0,51*	19,9
Ризогумін	19,5 ± 0,58*	18,1 ± 0,61	19,2 ± 0,42	18,9
Сорт Ярина				
Контроль	16,8 ± 0,63	17,6 ± 0,76	18,4 ± 0,56	17,6
БС	20,4 ± 0,45*	23,7 ± 0,64*	24,9 ± 0,66*	23,0
Ризогумін	18,3 ± 0,91*	20,1 ± 0,83*	21,5 ± 0,89*	20,0

Примітки: *відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

У рослин контрольного варіанту та за впливу мікробних препаратів БС і Ризогуміну середні розміри бобів у досліджуваних сортів становили 1,8-2,3 см. Згідно літератури середня довжина бобу селекціонованих сортів нуту звичайного становить 1,5-3,5 см (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022). Виявлено тенденцію до підвищення лінійних розмірів бобу за обробки насіння

перед сівбою мікробними препаратами, але БС та Ризогумін статистично вірогідно не впливали на розміри плоду.

На основі польових досліджень, проведених в умовах Лісостепу України показано, що кількість бобів на рослині нуту звичайного була однією з найбільш варіабельних ознак. Залежно від погодних умов вегетаційного періоду коефіцієнт варіації змінювався і становив у середньому 38,6 % (Холод С. М., Холод С. Г., Іллічов Ю. Г., 2013).

У бобах нуту звичайного міститься 1-2, рідше 3 насінини (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022). Кількість зерен на 1 рослині прямо залежить від чисельності бобів, оскільки кількість зерен у бобі є генетично детермінованою ознакою і відтак найменш мінливим елементом продуктивності. Зазначена ознака не проявляє суттєвого впливу на врожайність культури порівнюючи з параметром чисельності бобів (Бушулян О. В., Січкарь В. І., 2009). Дослідження показали, що у більшості бобах досліджуваних сортів нуту звичайного містилося 1 рідше 2 насінини. Передпосівна обробка насіння мікробними препаратами статистично вірогідно не впливала на показники чисельності насіння у бобах.

Варто зазначити, що рослини нуту звичайного формують травостій, що не вилягає, насіння досить рівномірно досягає, боби мають пергаментний шар, не обсіпаються і не розтріскуються, тому найбільш прийнятне збирання урожаю прямим комбайнуванням (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022). Важливим показником, який необхідно враховувати при механізованому збиранні врожаю комбайном є висота прикріплення нижнього бобу до стебла рослини. Зазначений параметр суттєво залежить від висоти рослини і форми її куща. У сортів нуту звичайного з компактнішими кущами перші нижні боби від поверхні ґрунту знаходяться вище. Тому, щоб зберегти урожай культури необхідно надавати перевагу сортам із компактною або стоячою формами куща (Мазур В. А. та ін., 2021).

Дослідження показали, що висота рослин нуту звичайного досліджуваних сортів за вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах

Західного Лісостепу (ТО), була в 1,3-1,9 рази більшою порівнюючи з даним установи-оригінатора (див. розділ 4), а відтак висота кріплення нижніх бобів також була в 1,6-2,0 рази більшою, оскільки між зазначеними параметрами існує пряма кореляція (табл. 6.1.2).

Таблиця 6.1.2

Вплив мікробних препаратів на висоту (см) кріплення нижніх бобів на стеблі нуту звичайного, $M \pm m$, $n=64$

Варіант	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за 2022-2024 рр.
Сорт Буджак				
Контроль	$35,9 \pm 0,97$	$44,9 \pm 1,06$	$36,4 \pm 0,84$	38,7
БС	$30,5 \pm 1,14$	$43,7 \pm 1,30$	$33,6 \pm 1,11$	35,9
Ризогумін	$36,3 \pm 1,12$	$47,1 \pm 1,13^*$	$37,6 \pm 1,15$	40,3
Сорт Скарб				
Контроль	$34,9 \pm 1,04$	$44,2 \pm 1,60$	$42,6 \pm 1,13$	40,6
БС	$40,6 \pm 0,75^*$	$41,5 \pm 1,31$	$40,3 \pm 0,87$	46,1
Ризогумін	$41,3 \pm 0,78^*$	$39,0 \pm 1,27^*$	$41,4 \pm 0,98$	40,8
Сорт Пам'ять				
Контроль	$34,2 \pm 0,88$	$47,3 \pm 0,89$	$36,4 \pm 0,94$	39,3
БС	$39,4 \pm 1,03^*$	$49,6 \pm 1,10$	$38,5 \pm 1,04$	42,5
Ризогумін	$38,3 \pm 0,89$	$48,1 \pm 0,96$	$37,7 \pm 0,92$	41,4
Сорт Ярина				
Контроль	$36,1 \pm 1,11$	$48,2 \pm 1,04$	$38,4 \pm 0,87$	40,9
БС	$37,4 \pm 0,96$	$47,2 \pm 0,99$	$37,7 \pm 0,88$	40,8
Ризогумін	$38,3 \pm 1,15$	$48,2 \pm 1,04$	$38,6 \pm 1,11$	41,7

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Згідно літератури висота кріплення нижнього бобу у сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина становить у середньому 21-22 см (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022). За впливу Ризогуміну на 2,2 см висота кріплення нижнього бобу на стеблі нуту звичайного сорту Буджак була вищою

порівнюючи із спонтанно інокульованими рослинами, але у сорту Скарб навпаки – меншою. У середньому за період дослідження не виявлено статистично вірогідного впливу мікробних препаратів на зазначений показник.

Цінною господарською ознакою, яка суттєво впливає на насіннєву продуктивність нуту звичайного є маса 1000 зерен. Залежно від сортових особливостей рослин маса 1000 насінин коливається від 60 до 700 г. Сорти нуту звичайного за розміром насіння класифікують на: дрібнонасінні – до 200 г, середньонасінні – 200-350 г та крупнонасінні – більш 350 г (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022). Технологія вирощування культури впливає на масу 1000 насінин. За підвищення зазначеного параметра зростає урожайність культури, але значне збільшення маси 1000 зерен призводить до негативних наслідків на думку вчених. Тому, вони вважають, що параметр у 300 г є оптимальним показником крупності насіння (Скитський В. Ю., Шевченко А. М. та Степанова Т. Є., 2009). Показано, що крупнонасінні сорти культури характеризуються вищою вартістю на світовому ринку порівнюючи з дрібнонасінними у 1,3-1,6 рази (Бушулян О. В., Січкарь В. І., 2009).

Встановлено, що передпосівна обробка насіння нуту звичайного мікробними препаратами впливає на його крупність (табл. 6.1.3). У всіх досліджуваних сортів нуту звичайного найдрібніше насіння виявлено на фоні спонтанної інокуляції місцевими популяціями бульбочкових бактерій нуту. Інокуляція насіння БС у середньому за три роки досліджень підвищувала показник маси 1000 насінин на 3,4 % (сорт Буджак), 7,8 % (Скарб), 9,8 % (Пам'ять) та 10,4 % (Ярина). Сорт Ярина за вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах характеризувався найкрупнішим насінням в усіх варіантах досліджу.

На основі аналізу результатів польових досліджень показники середньої маси 1000 насінин сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина становлять 410, 420, 315 та 390 г (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022).

Таблиця 6.1.3

Маса 1000 насінин (г) нуту звичайного за впливу мікробних препаратів,

 $M \pm m, n=12$

Варіант	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за 2022-2024 рр.
Сорт Буджак				
Контроль	381,3 ± 10,7	383,6 ± 11,6	376,4 ± 12,8	380,4
БС	396,9 ± 11,4	389,7 ± 12,3	393,6 ± 11,1	393,4
Ризогумін	411,9 ± 11,2*	417,1 ± 12,3*	408,6 ± 11,5*	412,5
Сорт Скарб				
Контроль	354,2 ± 11,4	371,4 ± 10,1	351,6 ± 11,3	359,1
БС	368,6 ± 9,7	398,5 ± 11,2*	394,3 ± 10,8*	387,1
Ризогумін	377,3 ± 10,8*	389,0 ± 11,7	386,4 ± 11,2*	384,2
Сорт Пам'ять				
Контроль	268,1 ± 10,8	280,1 ± 11,9	286,2 ± 12,4	278,1
БС	283,4 ± 11,3	314,6 ± 12,1*	318,5 ± 11,4*	305,5
Ризогумін	294,3 ± 10,9*	308,1 ± 10,6*	303,3 ± 10,9*	301,8
Сорт Ярина				
Контроль	366,1 ± 12,1	358,2 ± 10,4	368,4 ± 11,7	364,2
БС	397,4 ± 10,6*	401,2 ± 10,9*	407,7 ± 10,8*	402,1
Ризогумін	388,3 ± 11,5	396,4 ± 11,6*	398,6 ± 12,2	394,4

Примітка: *відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Обробка насіння перед сівбою комплексним мікробним препаратом Ризогумін також суттєво підвищувала показники маси 1000 насінин досліджуваних сортів на 8,4 % (сорт Буджак), 7,0 % (Скарб), 8,5 % (Пам'ять) та 8,3 % (Ярина). За показником маси 1000 насінин досліджувані сорти контрольного та варіанту за обробки насіння Ризогуміном можна розмістити у такій послідовності : Буджак > Ярина > Скарб > Пам'ять, за інокуляції БС : Ярина > Буджак > Скарб > Пам'ять.

Отже, поліпшення мінерального живлення рослин нуту звичайного за рахунок біологічного азоту фіксованого селекціонованими штамми *M. ciceri* суттєво впливало на крупність насіння досліджуваних сортів культури.

Ефективність біопрепаратів у посівах сільськогосподарських культур оцінюють за насінневою продуктивністю. Значний внесок у вивчення продуктивності нуту звичайного та удосконалення його технологій зробили О. В. Бушулян, В. І. Січкарь, А. О. Бабич, С. М. Каленська, Н. В. Новицька, В. П. Борона, В. С. Задорожний, В. А. Мазур, В. В. Карасевич, Г. П. Квітко, Д. П. Михальчук, Г. В. Панцирева, І. Т. Барзо, І. М. Дідур, М. О. Темченко, С. І. Стець, Ю. М. Шкатула, В. С. Паштецький, О. П. Пташник, В. Ю. Скитський (Мазур В.А. та ін. 2021).

Проаналізовані в розділах 3-5 результати роботи свідчать, що за впливу БС та Ризогуміну суттєво підвищувалися активність нутово-ризобіальних систем, інтенсивність ростових процесів, у мезофілі листків більше накопичувалось хлорофілів, у тканинах листків підвищувалася водоутримувальна здатність колоїдів цитоплазми і знижувався їх водний дефіцит. Це створило хороші передумови для зростання насінневої продуктивності досліджуваних сортів нуту звичайного. Разом з тим, в літературі обмежені дані про особливості формування урожаю цієї культури за впливу БС і Ризогуміну.

Дослідження показали, що найвищою насінневою продуктивністю в умовах ТО характеризувався сорт Ярина за впливу обробки перед сівбою мікробними препаратами та на фоні спонтанної інокуляції місцевими популяціями бульбочкових бактерій (табл. 6.1.4). Обидва препарати статистично вірогідно підвищували урожайність культури. Приріст показника урожаю насіння становив у середньому за три роки 30,9 % (БС) та 28,3 % (Ризогумін). БС упродовж онтогенезу рослин нуту звичайного сорту Ярина істотніше впливала на формування та функціонування симбіотичних систем, фотосинтетичного апарату порівнюючи з Ризогуміном і відповідно ефективнішою виявилася й за параметрами насінневої продуктивності.

За впливу БС і Ризогуміну упродовж періоду дослідження урожай насіння нуту звичайного сорту Буджак підвищувався на 26,4 % і 31,1 % (2022 р.), 27,3 % і 33,2 % (2023 р.), 25,4 % і 34,1 % (2024 р.). Ефективнішим препаратом за насіннєвою продуктивністю виявився комплексний мікробний препарат Ризогумін. Найнижчою насіннєвою продуктивністю характеризувалися рослини нуту звичайного сорту Буджак і всіх інших досліджуваних сортів упродовж вегетаційного періоду 2022 р. Очевидно, це пов'язано з тим, що протягом червня під час генеративних фаз розвитку випало лише 27 % від норми опадів (див. розділ 2). У червні 2024 р. кількість опадів порівнюючи з нормою становила 112 %. У цей вегетаційний період всі досліджувані сорти характеризувалися високою насіннєвою продуктивністю упродовж досліджуваного періоду. У період бутонізації та під час наливу зерна нут звичайний потребує багато вологи (Колесніков М. О., Кадиров Т. Р., 2022).

Обробка насіння нуту звичайного сорту Скарб перед сівбою мікробними препаратами статистично вірогідно підвищувала по роках дослідження насіннєву продуктивність на 28,7 %, 31,3 %, 34,4 % (БС) та 24,6 %, 26,4 %, 27,3 % (Ризогумін). Ефективнішою за показником насіннєвої продуктивності сорту Скарб виявилась БС порівнюючи з Ризогуміном.

Аналогічну закономірність стосовно впливу мікробних препаратів на насіннєву продуктивність виявлено і в нуту звичайного сорту Пам'ять. За зазначеним показником ефективнішим елементом технології вирощування сорту Пам'ять була інокуляція насіння БС. За її впливу параметри урожайності вищезазначеного сорту зросли на 26,6 %, 31,3 % та 32,2 %. За обробки насіння перед сівбою Ризогуміном насіннєва продуктивність також підвищилась на 21,4 %, 25,8 % та 26,4 %.

Показано, що в ґрунтово-кліматичних умовах Південного Степу України передпосівна бактеризація насіння нуту звичайного сортів нуту Антей, Буджак і Пам'ять комплексом препаратів (Ризобофит, Фосфоентерин і Біополіцид) на фоні інтродукованої популяції ризобій нуту підвищила урожайність насіння

на 1,5–6,0 ц/га (38–54%) порівнюючи з моноінокуляцією (Лісовий М. М. та ін., 2010).

Таблиця 6.1.4

Насіннєва продуктивність (ц/га) нуту звичайного за впливу мікробних препаратів, $M \pm m$, $n=12$

Варіант	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє за 2022-2024 рр.
Сорт Буджак				
Контроль	16,2 ± 0,46	17,4 ± 0,61	17,2 ± 0,53	16,9
БС	20,5 ± 0,47*	22,1 ± 0,52*	21,6 ± 0,68*	21,4
Ризогумін	21,2 ± 0,71*	23,2 ± 0,67	23,1 ± 0,52*	22,5
Сорт Скарб				
Контроль	15,8 ± 0,71	16,6 ± 0,61	16,8 ± 0,82	16,4
БС	20,3 ± 0,52*	21,8 ± 0,43*	22,6 ± 0,54*	21,6
Ризогумін	19,7 ± 0,46*	21,0 ± 0,51*	21,4 ± 0,48*	20,7
Сорт Пам'ять				
Контроль	15,1 ± 0,57	15,6 ± 0,66	15,8 ± 0,68	15,5
БС	19,1 ± 0,48*	20,5 ± 0,54*	20,9 ± 0,65*	20,2
Ризогумін	18,3 ± 0,56*	19,6 ± 0,61*	20,0 ± 0,64*	19,3
Сорт Ярина				
Контроль	18,2 ± 0,62	19,4 ± 0,49	19,6 ± 0,57	19,1
БС	23,4 ± 0,56*	25,9 ± 0,57*	25,8 ± 0,48*	25,01
Ризогумін	22,6 ± 0,58*	24,6 ± 0,61*	26,4 ± 0,52*	24,5

Примітка: *відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

Дослідження насіннєвої продуктивності сортів нуту звичайного за вирощування культури в умовах Західного Лісостепу за впливу різних норм висіву та інтенсифікації технології на показали, що сорт Триумф сформував найнижчий урожай зерна (1,72-2,20 т/га). Максимальною урожайністю характеризувався сорт Ярина (2,82-3,40 т/га). Сорт Пам'ять порівнюючи з

вищезазначеними сортами за насіннєвою продуктивністю займав проміжне місце (2,60-3,15 т/га) (Лихочвор В. В., Пушак В. І., 2018).

У середньому за три роки приріст урожаю зерна у сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина становив за використання у технології БС і Ризогуміну 4,5 і 5,6 ц/га, 5,2 і 4,3 ц/га, 4,7 і 3,8 та 5,9 і 5,4 ц/га (табл. 6.1.5). Залежно від сортових особливостей за інокуляції БС насіннєва продуктивність нуту звичайного в умовах Західного Лісостепу України підвищилася на 26,6-31,7 %. Обробка насіння перед сівбою комплексним мікробним препаратом Ризогумін сприяла приросту урожаю зерна на 24,5–33,1 %.

Таблиця 6.1.5

Приріст показників насіннєвої продуктивності нуту звичайного за впливу мікробних препаратів

Варіант	Урожай зерна, ц/га	Приріст у ц/га	Приріст у %
Сорт Буджак			
Контроль	16,9	–	–
БС	21,4	4,5	26,6
Ризогумін	22,5	5,6	33,1
Сорт Скарб			
Контроль	16,4	–	–
БС	21,6	5,2	31,7
Ризогумін	20,7	4,3	26,2
Сорт Пам'ять			
Контроль	15,5	–	–
БС	20,2	4,7	30,3
Ризогумін	19,3	3,8	24,5
Сорт Ярина			
Контроль	19,1	–	–
БС	25,0	5,9	30,9
Ризогумін	24,5	5,4	28,3

Показано, що застосування мікробних препаратів на основі бульбочкових бактерій нуту підвищує врожай насіння на 1,7–6,5 ц/га (Мазур В. А. та ін., 2021). О. Л. Туріна із співавторами (Туріна О. Л., Дідович С. В., Кулініч Р. О., 2014) також відмічали формування високопродуктивних

рослинно–мікробних систем в агроценозах бобових культур у зоні Степу України і підвищення урожайності нуту звичайного на 0,1–0,6 т/га (5–16%) за рахунок передпосівної бактеризації насіння перед сівбою біопрепаратами поліфункціональної дії Ризобофіт, Фосфоентерин та Альбобактерин.

Аналіз насінневої продуктивності 102-х зразків нуту звичайного, які походять із Сирії (ICARDA) показав, що коефіцієнт варіації був найбільшим у параметрів «продуктивність рослини» ($V = 38,6\%$) і «кількість бобів на рослині» ($V = 26,8\%$), незалежно від умов вирощування, а найнижчий – у показників «маса 1000 насінин» ($V = 8,1\%$) (Скитський В. Ю., Шевченко А. М., Степанова Т. Є., 2009).

Отже, застосування БС та Ризогуміну для обробки насіння перед сівбою у технології вирощування культури на фоні популяції місцевих бульбочкових бактерій *M. ciceri* поліпшувало елементи структури урожаю та сприяло підвищенню насінневої продуктивності нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина в умовах Західного Лісостепу України.

6.2. Вплив мікробних препаратів на якість зерна нуту звичайного

Оскільки нут звичайний є важливою продовольчою та кормовою культурою завдяки поживній та біологічній значущості, то якісні показники зерна є важливими параметрами при оцінці елементів технології. У його насінні міститься 28–32 % білків і до 7 % олії. Білок нуту звичайного за амінокислотним складом подібний до ідеального білка ФАО (Польовий Р., 2010). За вмістом триптофану та метіоніну білки *C. arietinum* наближені до яєчного. Триптофан необхідний в організмі людини для синтезу гемоглобіну та вітаміну РР, а метіонін регулює обмін жирів та фосфатидів, запобігаючи ожирінню печінки (Тітова А. Є., Пузік В. К., 2013). Для харчових потреб здебільшого використовуються білонасінні сорти нуту звичайного, зерно яких за іншими даними містить від 20,1 до 32,4 %, 25–34 % білків, 47–60 % БЕР, 4,2–7,2 % олії та 2,3–4,9 % золи. Показано, що застосування мікробних

препаратів на основі бульбочкових бактерій *M. ciceri* підвищує вміст білків у насінні нуту звичайного на 1,3–3,5 % (Мазур В. А. та ін., 2021).

Результати наших досліджень показали, що за вирощування в умовах Західного Лісостепу зерно сорту Ярина порівнюючи з сортами Буджак, Скарб та Пам'ять характеризувалося найнижчим показником масової частки сирого протеїну (табл. 6.2.1). Серед досліджуваних сортів найвищу масову частку сирого протеїну виявлено у зерні сорту Скарб. Сорти Пам'ять та Буджак займали за зазначеним показником проміжне місце.

Таблиця 6.2.1

Якісний склад зерна нуту звичайного за впливу мікробних препаратів,
середнє за 2022-2024 рр., $M \pm m$, $n=4$

Варіант	Масова частка, %		
	сирого протеїну	жиру	сирої золи
Сорт Буджак			
Контроль	$19,78 \pm 0,13$	$5,81 \pm 0,08$	$3,75 \pm 0,03$
БС	$20,25 \pm 0,17$	$5,95 \pm 0,05$	$3,98 \pm 0,06^*$
Ризогумін	$20,62 \pm 0,11^*$	$6,47 \pm 0,06^*$	$3,61 \pm 0,05$
Сорт Скарб			
Контроль	$20,35 \pm 0,09$	$5,51 \pm 0,06$	$3,24 \pm 0,08$
БС	$20,93 \pm 0,11^*$	$5,67 \pm 0,04$	$3,96 \pm 0,05^*$
Ризогумін	$20,73 \pm 0,14^*$	$5,86 \pm 0,05^*$	$3,94 \pm 0,04^*$
Сорт Пам'ять			
Контроль	$20,07 \pm 0,06$	$5,35 \pm 0,06$	$3,79 \pm 0,06$
БС	$20,85 \pm 0,14^*$	$5,91 \pm 0,05^*$	$3,96 \pm 0,06$
Ризогумін	$20,45 \pm 0,16^*$	$6,26 \pm 0,06^*$	$4,13 \pm 0,06^*$
Сорт Ярина			
Контроль	$18,35 \pm 0,16$	$5,32 \pm 0,09$	$3,13 \pm 0,05$
БС	$19,86 \pm 0,15^*$	$5,76 \pm 0,05^*$	$3,40 \pm 0,04^*$
Ризогумін	$19,57 \pm 0,18^*$	$5,52 \pm 0,06^*$	$3,37 \pm 0,05^*$

Примітка: * відмінності порівняно з контролем вірогідні при $P \leq 0,05$

За використання у технології вирощування мікробних препаратів виявлено зростання масової частки сирого протеїну і олії у зерні всіх досліджуваних сортів нуту звичайного. За інокуляції насіння БС масова частка сирого протеїну у зерні сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина зросла на 2,3 %, 2,8 %, 3,9 % та 8,2 % порівнюючи з спонтанно інокульованими рослинами контрольного варіанту. Аналогічні результати визначено і за обробки насіння перед сівбою Ризогуміном. Нутово-ризобіальні системи сорту Буджак активно фіксували молекулярний азот упродовж онтогенезу за впливу Ризогуміну, що відповідно позначилося на якісному складі насіння. За його впливу масова частка сирого протеїну у зерні підвищилася на 4,2 %. О. Л. Туріна із співавторами (Туріна О. Л., Дідович С. В., Кулініч Р. О., 2014) показали, що бактеризація насіння перед сівбою біопрепаратами поліфункціональної дії Ризобофіт, Фосфоентерин та Альбобактерин сприяла підвищенню в зерні вмісту сирого протеїну на 1–3 відсоткових пункти за вирощування бобових культур у зоні Степу України.

Варто зазначити, що мікробні препарати найефективніше впливали на параметрами якісного складу насіння сорту Ярина. За обробки насіння Ризогуміном масова частка сирого протеїну у зерні підвищилася на 6,6 %. За впливу бактеріальних препаратів у насінні сорту Ярина підвищилася також масова частка олії на 8,3 % (БС) і 3,8 % (Ризогумін) та золи на 8,6 % (БС) і 7,7 % (Ризогумін). БС ефективніше впливала на функціонування симбіотичних систем сорту Ярина (див. розділ 3), що відповідно і позначилося на параметрах якісного складу насіння.

За обробки насіння перед сівбою Ризогуміном виявлено статистично вірогідне підвищення масової частки олії у зерні сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина на 11,1 %, 6,3 %, 11,7 % та 3,8 %. БС також статистично вірогідно збільшувала зазначений вище показник у зерні сорту Пам'ять на 10,5 %.

Мікробні препарати, що використовувались у дослідженні впливали також і на вміст мінеральних речовин у зерні. За впливу БС масова частка сирого

золи у насінні зростала на 6,1 % (Буджак), 4,5 % Пам'ять та 22,2 % (Скарб). Обробка насіння перед сівбою Ризогуміном підвищувала зазначений вище показник у зерні сортів Скарб та Пам'ять на 21,6 % та 9,0 %.

Отже, обробка насіння нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина перед сівбою БС та Ризогуміном суттєво поліпшувала показники якісного складу зерна.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 6

1. Застосування у технології вирощування нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина БС та Ризогуміну у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України суттєво підвищувало насіннєву продуктивність культури, поліпшувало структуру урожаю та показники якісного складу зерна.

2. На насіннєву продуктивність нуту звичайного впливали сортові особливості рослин, кліматичні умови регіону вирощування та активність фіксації симбіотичними системами молекулярного азоту.

3. За впливу БС та комплексного мікробного препарату Ризогумін на рослинах досліджуваних сортів нуту звичайного формувалось на 12,0 –30,7 % та 10,5 – 29,1 % більше бобів порівнюючи з спонтанно інокульованими рослинами місцевими популяціями бульбочкових бактерій нуту контрольного варіанту.

4. На довжину бобів нуту звичайного та їх озернення обробка насіння перед сівбою мікробними препаратами статистично вірогідно не впливала.

5. Обробка насіння перед сівбою БС та Ризогуміном у середньому за три роки досліджень підвищувала показник маси 1000 насінин на 3,4 % та 8,4 % (сорт Буджак), 7,8 % та 7,0 % (Скарб), 9,8 % та 8,5 % (Пам'ять), 10,4 % та 8,3 % (Ярина).

6. У середньому за три роки дослідження насіннєва продуктивність нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина за використання у

технології вирощування культури БС і Ризогуміну підвищилась на 4,5 і 5,6 ц/га, 5,2 і 4,3 ц/га, 4,7 і 3,8 та 5,9 і 5,4 ц/га.

7. Обробка насіння нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина перед сівбою БС та Ризогуміном підвищувала в середньому масову частку сирого протеїну на 2,3 – 8,2 % та 1,9 – 6,6 %, олії на 2,4 – 8,3 % та 3,8 – 11,7 %, золи на 4,5 – 22,2 % та 7,7 – 21,6 % залежно від сортових особливостей рослин та інтенсивності фізіологічних процесів.

8. Інокуляція насіння нуту звичайного бактеріальною суспензією *M. ciceri* ND-64 та Ризогуміном на фоні популяції аборигенних рас бульбочкових бактерій у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України (ТО) є ефективним елементом технології вирощування культури.

Результати експериментальних досліджень, представлених у розділі шість, наведено в публікаціях [2; 9,10].

АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Підвищення насіннєвої продуктивності нуту звичайного є актуальною проблемою сучасної біології та сільськогосподарської практики (Дідович С.В., 2005; Бушулян О. В., Січкарь В. І., 2009; Каленська С. М., Новицька Н. В., Барзо І. Т., 2014; Лихочвор В. В., Пушчак В. І., 2018; Гамаюнова В. В., Базалій С. Ю., 2018; Логоша О. В., Воробей Ю. О., Усманова Т. О., 2019; Карпенко В. П., Коробко О. О., 2019; Січкарь В. І., 2019; Логоша О. В. та ін., 2021), а отже, дослідження фізіолого-біохімічних процесів, що сприяють формуванню урожаю культури має вагоме практичне значення. У роботі досліджено вплив обробки насіння перед сівбою бактеріальною суспензією *Mesorhizobium ciceri* штаму ND-64 і комплексним мікробним препаратом Ризогумін на фізіологічні процеси, що сприяють формуванню продуктивності нуту звичайного в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України.

У результаті польових та лабораторних досліджень поглиблено уявлення про фізіологічні основи формування насіннєвої продуктивності бобових культур. Відомо, що використання у технології вирощування мінеральних добрив, БАР, мікробних препаратів суттєво впливає на формування урожаю бобових рослин (див. розділ 1). Інтенсивне застосування азотних мінеральних добрив підвищує їх урожайність, але знижує активність біологічної фіксації азоту симбіотичними системами і сприяє забрудненню навколишнього середовища (Патика В. П. та ін., 2003; Коць С. Я., Михалків Л. М., 2005).

У літературі обмежені відомості стосовно ефективності застосування мікробних препаратів за параметрами формування та функціонування симбіотичних систем, ростових процесів, фотосинтезу, водообміну, якісного складу зерна різних за морфо-біологічними особливостями та господарськими ознаками сортів нуту звичайного за вирощування культури у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу. Відомо про ефективність обробки насіння нуту звичайного різних сортів перед сівбою селекціонованими

штамами бульбочкових бактерій за параметрами нутово-ризобіального симбіозу, насіннєвої продуктивності та якості зерна у зоні Степу та Полісся, інтенсифікації технології вирощування культури на урожай насіння в зоні Західного Лісостепу (див. розділ 1). У контексті нашого дослідження застосування системного підходу дає змогу виявити чинники, які прямо чи опосередковано впливають на продуктивність культури.

Зміни кліматичних умов за рахунок підвищення температури повітря та зменшення кількості опадів упродовж вегетаційного періоду вимагають розширення асортименту сільськогосподарських культур, які б характеризувалися посухо- та жаростійкістю. Останніми роками підвищується зацікавленість виробників нутом звичайним, який є малопоширеною культурою (Лихочвор В. В., Пушак В. І, 2018), характеризується пластичністю до змінних кліматичних умов і вирощується у 57 країнах світу (Pattison A. L., Uddin M. N., Trethowan R. M., 2021). Перспективність культури пов'язана також з хімічним складом її зерна, яке має велике промислово-сировинне значення, використовується у харчуванні людини, кормовиробництві, медицині та фармації. Культура має також суттєве агротехнічне значення. Завдяки здатності у симбіозі з бульбочковими бактеріями фіксувати молекулярний азот з повітря, нут звичайний може забезпечити свої потреби у Нітрогені і поліпшити азотне живлення наступних культур у сівозміні, що сприятиме зниженню антропогенного навантаження на агроєкосистеми, екологізації землеробства, покращенню якості рослинної продукції та зменшенню її собівартості (див. розділ 1.).

Підвищення продуктивності бобових культур і отримання високоякісної рослинної продукції потребує інтенсифікації процесу накопичення біологічного азоту у ґрунті (Коць С. Я., Михалків Л. М., 2005).

Для ефективного використання азотфіксації необхідно вдосконалювати технології вирощування культури, підбирати сорти з максимальним генетичним потенціалом, насіння перед сівбою інокулювати ефективними та комплементарними ризобіями, застосовувати відповідні агротехнічні

прийоми, що є передумовою для збільшення виробництва продуктів харчування (Kebede E., 2021).

Оскільки нут звичайний у зоні Лісостепу є малопоширеною культурою обов'язковим прийомом у технології вирощування бобових культур повинна бути передпосівна інокуляція насіння біопрепаратами на основі селекціонованих штамів специфічних ризобій.

Дослідження показали, що передпосівна обробка насіння нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина БС і комплексним мікробним препаратом Ризогумін на фоні місцевих популяцій *M. ciceri* підвищувала нодуляційні процеси рослин і сприяла формуванню та функціонуванню симбіотичних систем. Ґрунт дослідних ділянок агробіолабораторії ТНПУ – місце закладання польових дослідів, характеризувався наявністю популяції місцевих бульбочкових бактерій нуту, які спонтанно інокулювали корені рослин зазначених вище сортів нуту звичайного варіанту контроль. Показано, що кореневі бульбочки нарастають упродовж вегетаційного періоду до фази формування бобів. Саме у цій фазі росту і розвитку виявлено їх максимальну кількість. Залежно від реакції сортів нуту звичайного на інокуляцію кількість бульбочок на коренях рослин була різною. Під час формування бобів найбільше бульбочок у середньому за період дослідження утворилося на коренях рослин сорту Скарб – 17,6-29,5 шт., найменше – сорту Ярина – 13,8-21,8 шт., сорти Буджак та Пам'ять, відповідно – 13,1-25,2 та 16,7-25,5 шт. Варто зазначити, що червень 2022 р. порівнюючи з 2023 і 2024 рр. був посушливим і це також вплинуло на процес наростання бульбочок, оскільки упродовж вегетаційного періоду в 2022 р. їх кількість на коренях нуту звичайного досліджуваних сортів була дещо нижчою порівнюючи з аналогічними показниками 2023 і 2024 рр. Відомо, що на ефективність симбіотичної азотфіксації впливають абіотичні фактори, зокрема вологість ґрунту, температура, аерація, вміст макро-і мікроелементів тощо (Патика В. П. та ін., 2003). Сорт Пам'ять характеризувався найвищою інтенсивністю наростання бульбочок від фази бутонізації до фази формування

бобів. За обробки насіння перед сівбою БС і Ризогуміном на коренях нуту звичайного формувалися бульбочки рожевого забарвлення в основному на головному корені стрижневої кореневої системи.

Важливим показником, що характеризує симбіотичну систему є маса кореневих бульбочок. Встановлено, що найбільша кількість бульбочок з максимальною масою утворилася у фазі формування бобів на корені нуту звичайного сортів Пам'ять та Ярина за обробки насіння перед сівбою БС та Ризогуміном. У сортів Буджак та Ярина середня максимальна маса кореневих бульбочок визначена у фазі цвітіння. Під час формування бобів починається часткове руйнування бульбочок, що відповідно вплинуло на зниження їх маси. За впливу БС і Ризогуміну спостерігалось сповільнення процесу старіння бульбочок, на що вказують параметри їх сухої маси. За показниками середня суха маса бульбочок сорти нуту звичайного можна розмістити у таких послідовностях у фазі цвітіння : Буджак > Пам'ять > Скарб > Ярина (К); Буджак > Пам'ять > Ярина > Скарб (БС; Ризогумін); формування бобів : Буджак > Пам'ять > Ярина > Скарб (К); Пам'ять > Буджак > Ярина > Скарб (БС); Буджак > Пам'ять > Скарб > Ярина (Ризогумін). Це пояснюється специфічністю сортів нуту звичайного до бульбочкових бактерій нуту мікробних препаратів та впливом другого компонента Ризогуміну (біологічно активні речовини, комплекс мікроелементів у хелатованій формі та стартових концентрацій макроелементів).

Функціонування симбіотичних систем бобових рослин залежить від активності ензиму нітрогенази (Патика В. П. та ін., 2003). Показано, що в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу на фоні щільної популяції місцевих бульбочкових бактерій нуту найвищу АФА бульбочок упродовж вегетаційних періодів виявлено у фазі масового цвітіння нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина. За величиною АФА симбіотичних систем у зазначеній фазі сорти нуту звичайного можна розмістити у такій послідовності : Буджак > Пам'ять > Ярина > Скарб (К) та Буджак > Пам'ять > Скарб > Ярина (варіанти БС та Ризогумін). Результати дослідження

нітрогеназної активності корневих бульбочок нуту звичайного підтвердили наявність сортової специфічності до конкретних штамів *M. ciceri* мікробних препаратів.

Найбільша маса бульбочок з найвищою АФА сформувалася на коренях нуту звичайного сорту Буджак упродовж досліджуваних фаз росту і розвитку рослин. Комплексний мікробний препарат Ризогумін порівнюючи з інокуляцією БС суттєвіше впливав на формування та функціонування симбіотичних систем на коренях нуту звичайного сорту Буджак на фоні місцевої популяції *M. ciceri*.

Інокуляція насіння нуту звичайного сорту Пам'ять БС ефективніше впливала на функціонування симбіотичних систем на коренях рослин порівнюючи з бульбочками, утвореними за обробки насіння перед сівбою Ризогуміном. Аналогічні результати стосовно формування та функціонування симбіотичних систем на фоні популяції місцевих бульбочкових бактерій нуту виявлено у сорту Ярина. За передпосівної обробки насіння комплексним мікробним препаратом Ризогумін симбіотична система сорту Скарб упродовж фенологічних фаз бутонізації, цвітіння та формування бобів характеризувалася у середньому більшою кількістю бульбочок з вищою їх масою, проте за інокуляції насіння БС виявлено вищу АФА бульбочок під час масового цвітіння та формування бобів. Результати досліджень узгоджуються з даними літератури про наявність кореляційної залежності між показниками маси бульбочок та їх нітрогеназної активності (Sadowsky M. J., Graham P. H., 1998; Коць С. Я., Михалків Л. М., 2005; Andrews M., Andrews M. E., 2017).

Процес біологічної фіксації азоту тісно пов'язаний з інтенсивністю фотосинтезу, оскільки рівень надходження фотоасимілятів до корневих бульбочок впливає на інтенсивність зв'язування ними молекулярного азоту з повітря і відновлення його до аміаку. З бульбочок у фотосинтезуючі органи рослини поступає біологічний Нітроген (Патика В. П. та ін., 2003). Процес фотосинтезу відбувається за участі азотовмісних зелених пігментів –

хлорофілів a і b . Їх кількість у мезофілі листків впливає на активність ензиму нітрогенази (Коць С. Я., Михалків Л. М., 2005).

Аналіз динаміки вмісту пігментів упродовж онтогенезу показав, що фотосинтетичний апарат нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина динамічно реагує на передпосівну обробку насіння БС та Ризогуміном за вирощування в умовах Західного Лісостепу. У результаті застосування бактеріальних препаратів на основі *M. ciceri* у технології вирощування культури поліпшується її азотне живлення шляхом біологічної фіксації молекулярного нітрогену симбіотичними системами утвореними місцевими расами та інтродукованими штамами бульбочкових бактерій мікробних препаратів, а відтак статистично вірогідно підвищується вміст хлорофілів у листках рослин.

Встановлено, що у мезофілі листків рослин нуту звичайного сорту Буджак за передпосівної обробки насіння рідкою формою бактеріальної суспензії селекціонованого штаму *M. ciceri* ND-64 та Ризогуміном статистично вірогідно підвищується вміст хлорофілів a , b та їх суми впродовж генеративних фаз розвитку рослин. У фазі 5-7 листків за кількістю фотосинтетичних пігментів рослини контрольного та дослідних варіантів суттєво не відрізнялися між собою. Комплексний мікробіологічний препарат Ризогумін порівняно з БС дещо суттєвіше підвищував вміст зелених пігментів у листках нуту звичайного сорту Буджак, що пояснюється наявністю у його складі, крім бульбочкових бактерій нуту, біологічно активних речовин, мікроелементів у хелатованій формі та стартових концентрацій макроелементів. Обробка насіння перед сівбою Ризогуміном підвищувала АФА бульбочок нуту звичайного сорту Буджак (див. розділ 3) За впливу мікробних препаратів здебільшого виявлено тенденцію до підвищення накопичення каротиноїдів у листках рослин.

Вміст фотосинтетичних пігментів у листках *C. arietinum* сорту Буджак залежить також від фази його індивідуального розвитку. Найвищими показниками умісту хлорофілів у листках та АФА кореневих бульбочок

характеризувалися рослини у фазі зеленого бобу, основних каротиноїдів – під час цвітіння рослин. За впливу БС та Ризогуміну виявлено статистично вірогідну різницю порівняно з контролем за параметром співвідношення хлорофілу a / хлорофілу b у фазах цвітіння, кінець цвітіння-початок утворення бобів та на початку досягання бобів. В аналогічних фазах росту і розвитку рослин визначено суттєву різницю за показником співвідношення хлорофілів $(a+b)$ до каротиноїдів за використання БС, за впливу Ризогуміну – лише на початку досягання бобів.

Уміст фотосинтетичних пігментів у листках нуту звичайного сорту Пам'ять зазнає також змін залежно від характеру застосування елементів технології, зокрема, використання бактеріальної суспензії селекціонованого штаму *M. ciceri* ND-64, Ризогуміну й індивідуального розвитку рослин. Уміст хлорофілів a , b і каротиноїдів у листках нуту звичайного сорту Пам'ять за передпосівної обробки насіння БС зростав на 5,9-10,9 %, 6,2-13,5 % і 2,0-10,5%, Ризогуміном – 3,3-10,1 %, 2,4-6,1 % і 2,4-6,1 % упродовж генеративних фаз росту і розвитку рослин. Варто зазначити, що АФА бульбочок за інокуляції насіння нуту звичайного сорту Пам'ять БС була вищою упродовж досліджуваного періоду порівнюючи з варіантом застосування Ризогуміну. Параметри співвідношення пігментів хлоропластів за впливу бактеріальних препаратів суттєво не відрізнялися від аналогічних контрольного варіанту.

Уміст хлорофілу a в мезофілі листків рослин нуту звичайного сортів Скарб та Ярина за впливу *M. ciceri* ND-64 упродовж генеративних фаз росту і розвитку статистично вірогідно підвищувався на 18,6 (цвітіння) – 10,6 (початок досягання бобів) та 7,8 (цвітіння) – 15,2 (зелений біб) %. БС ефективніше впливала на накопичення пігментів у листках рослинами нуту звичайного порівняно з Ризогуміном. Інокуляція насіння нуту звичайного сорту Ярина БС суттєвіше впливала на функціонування симбіотичних систем порівнюючи з обробкою насіння перед сівбою Ризогуміном. Вища нітрогеназна активність бульбочок сприяла кращому азотному живленню рослин і відтак інтенсивнішому накопиченню хлорофілу a у фотосинтетичній

системі, що узгоджується з даними літератури стосовно інших бобових культур (Патика В. П. та ін., 2003; Коць С. Я., Михалків Л. М., 2005). За впливу БС кореневі бульбочки нуту звичайного сорту Скарб характеризувалися найвищою АФА під час масового цвітіння та формування бобів, в інших фазах росту та розвитку рослин – за обробки насіння перед сівбою Ризогуміном. Мікробні препарати суттєво впливали на уміст основних каротиноїдів у мезофілі листків сорту Ярина у фазах 5-7 листків та бутонізації, у листках нуту звичайного сорту Скарб – не впливають. Накопичення пластидних пігментів у мезофілі листків залежить від сортових особливостей рослин та фази онтогенезу. Листки нуту звичайного сорту Скарб характеризуються вищою кількістю суми хлорофілів порівняно з аналогічними показниками сорту Ярина.

Таким чином, розвиток фотосинтетичного апарату тісно пов'язаний із забезпеченням рослин нуту звичайного азотистими речовинами, які синтезуються в бульбочках у результаті біологічної фіксації нітрогену. Більша кількість пігментів у листках підвищує інтенсивність фотосинтезу і відтак сприяє формуванню урожаю насіння. Завдяки інтродукованим штамам бульбочкових бактерій мікробних препаратів формуються активніші симбіотичні системи, поліпшується азотне живлення рослин, що в кінцевому рахунку суттєво впливає на насіннєву продуктивність.

Важливим чинником, що впливає на продуктивність рослин є забезпечення їх водою. Встановлено, що на показники водообміну нуту звичайного впливають сортові особливості, передпосівна обробка насіння БС та комплексним мікробним препаратом Ризогумін, індивідуальний розвиток рослин і ґрунтово-кліматичні умови Західного Лісостепу України. Мікробні препарати знижують водний дефіцит листків нуту звичайного та підвищують їх водоутримувальну здатність. Мікробні препарати доцільно використовувати для передпосівної обробки насіння нуту звичайного, як елемент агротехнології, для підвищення посухостійкості культури в умовах аридизації клімату.

Параметри насіннєвої продуктивності культури, структури урожаю та якісного складу зерна свідчать про ефективність елементів технології. Дослідження показали, що насіннєва продуктивність нуту звичайного залежить від сортових особливостей, обробки насіння перед сівбою мікробними препаратами, які сприяли формуванню активних симбіотичних систем, що поліпшували азотне живлення рослин та інтенсифікували фізіологічні процеси, кліматичних умов Західного Лісостепу. БС та комплексний мікробний препарат Ризогумін суттєво впливали на формування рослинами нуту звичайного бобів. Їх чисельність за обробки насіння перед сівбою зазначеними препаратами підвищувалася на 12,0 – 30,7 % (БС) та 10,5 – 29,1 % (Ризогумін) порівнюючи контролем. Мікробні препарати суттєво не впливали на довжину бобів нуту звичайного та їх озернення. Спостерігалася тенденція до підвищення кількості насінин у бобі.

Важливим показником структури урожаю культури, який необхідно враховувати за механізованого її збирання є висота кріплення на стеблі нижнього бобу. За вирощування досліджуваних сортів нуту звичайного в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу на фоні інокуляції висота стебла рослин була більшою порівнюючи з даними літератури і відтак вищі параметри висоти кріплення нижніх бобів на стеблах.

На насіннєву продуктивність істотно впливає крупність зерна. За застосування БС та Ризогуміну в технології вирощування нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина показник маси 1000 насінин підвищився на 3,4 – 10,4 % та 7,0 – 8,5 %. Збільшення параметрів крупності зерна та кількості бобів на рослинах дослідних варіантів вплинуло на показники насіннєвої продуктивності культури. У середньому за три роки дослідження урожай зерна нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина за обробки насіння перед сівбою БС і Ризогуміном підвищився на 26,6 і 33,1 %, 31,7 і 26,2 %, 30,3 і 24,5 % та 30,9 і 28,3 %. Мікробні препарати суттєво впливали на накопичення у зерні сирого протеїну, олії та мінеральних речовин.

Отже, в умовах зміни клімату, вирощування сортів *C. arietinum* за використання бактеріальних препаратів в їх технології є одним із шляхів вирішення проблеми дефіциту харчового і кормового білків та екологізації землеробства. Інокуляція насіння нуту звичайного бактеріальною суспензією *M. ciceri* ND-64 та Ризогуміном за вирощування культури у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України (ТО) на фоні популяції місцевих рас бульбочкових бактерій є ефективним шляхом інтенсифікації фізіолого-біохімічних процесів, що сприяють підвищенню насіннєвої продуктивності нуту звичайного та поліпшенню якості зерна.

На основі власних досліджень та аналізу літератури запропоновано схему взаємозв'язку фізіологічних процесів, що сприяють формуванню насіннєвої продуктивності нуту звичайного (рис. 1).

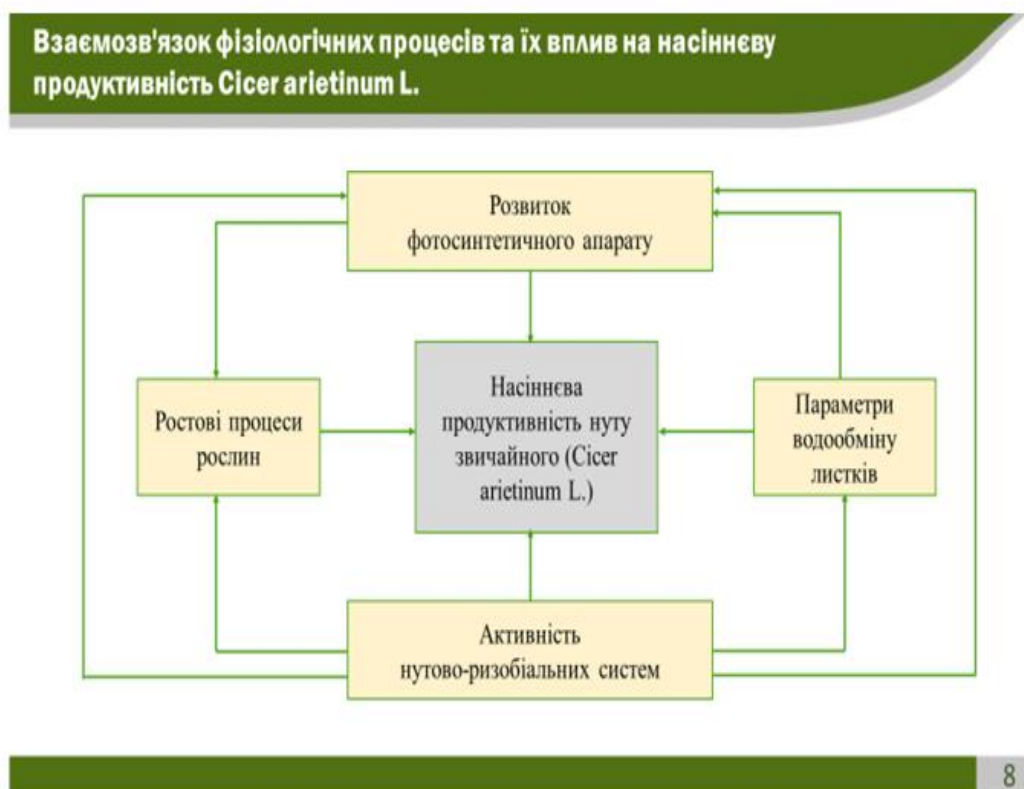


Рис. 1. Схема взаємозв'язку фізіологічних процесів, що сприяють формуванню насіннєвої продуктивності нуту звичайного.

ВИСНОВКИ

У результаті комплексного дослідження впливу бактеріальної суспензії *Mesorhizobium ciceri* штаму ND-64 і мікробного препарату Ризогумін на фізіологічні процеси нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина з'ясовано, що формування насінневої продуктивності культури за вирощування на фоні спонтанної інокуляції місцевими популяціями *Mesorhizobium ciceri* залежить від сортових особливостей рослин, формування та функціонування симбіотичних систем, ростових процесів, накопичення фотосинтетичних пігментів у листках, параметрів їх водообміну та ґрунтово-кліматичних умов Західного Лісостепу України.

1. Встановлено, що передпосівна обробка насіння нуту звичайного перед сівбою *Mesorhizobium ciceri* штаму ND-64 і комплексним мікробним препаратом Ризогумін стимулює нодуляційні процеси у рослинах, сприяє формуванню та функціонуванню ефективних азотфіксувальних симбіотичних систем. За впливу мікробних препаратів на коренях нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб і Ярина у фазах бутонізації, цвітіння та формування бобів утворилося в середньому на 25,8-65,8 %, 9,8-92,2 % та 16,7-72,2 % більше бульбочок з вищою на 13,9-39,8 %, 19,0-67,5 % та 16,3-105,0 % сухою масою порівнюючи з спонтанно інокульованими рослинами контрольного варіанту.

2. Виявлено найвищу азотфіксувальну активність бульбочок упродовж вегетаційних періодів нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина у фазі масового цвітіння рослин. За величиною нітрогеназної активності бульбочок, утворених інтродукованими *Mesorhizobium ciceri* сорти нуту звичайного розміщуються у такій послідовності : Буджак > Пам'ять > Скарб > Ярина. Ризогумін суттєвіше впливає на формування та функціонування бульбочок на коренях нуту звичайного сорту Буджак. Інокуляція насіння нуту звичайного сортів Пам'ять та Ярина *M. ciceri* штаму ND-64 сприяє формуванню більшої кількості бульбочок на коренях рослин з вищою масою та нітрогеназною активністю порівнюючи із застосуванням Ризогуміну.

3. Обробка насіння перед сівбою нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина *Mesorhizobium ciceri* штаму ND-64 БС та Ризогуміном суттєво впливає на ростові процеси стебла, сприяє утворенню кущів з 2-3 пагонами, облиствленню рослин та формуванню сирії маси надземних органів. Накопичення фотосинтетичних пігментів у листках нуту звичайного залежить від обробки насіння перед сівбою *Mesorhizobium ciceri* ND-64 і Ризогуміном, фази індивідуального розвитку та сортових особливостей рослин. Інокуляція насіння нуту звичайного мікробними препаратами суттєвіше впливає на процеси біосинтезу хлорофілу *a* порівнюючи з хлорофілом *b* упродовж онтогенезу. Комплексний мікробіологічний препарат Ризогумін ефективніше впливає на накопичення хлорофілів у листках нуту звичайного сорту Буджак, *Mesorhizobium ciceri* ND-64 – сортів Пам'ять, Скарб та Ярина.

4. Інокуляція насіння *Mesorhizobium ciceri* ND-64 підвищує у листках рослин сортів Пам'ять і Ярина у генеративних фазах розвитку, Скарб та Буджак – у фазі цвітіння-початок формування бобів загальний уміст води. За впливу *M. ciceri* ND-64 та Ризогуміну знижується водний дефіцит листків та підвищується водоутримувальна здатність колоїдів цитоплазми клітин мезофілу упродовж онтогенезу нуту звичайного, а відтак стійкість до посухи.

5. За впливу *Mesorhizobium ciceri* ND-64 та мікробного препарату Ризогумін на рослинах нуту звичайного сортів Буджак, Пам'ять, Скарб та Ярина формувалось на 12,0 – 30,7 % та 10,5 – 29,1 % більше бобів порівнюючи з спонтанно інокульованими рослинами місцевими популяціями бульбочкових бактерій нуту. Обробка насіння перед сівбою *Mesorhizobium ciceri* ND-64 та Ризогуміном підвищувала показник маси 1000 насінин на 3,4 % та 8,4 % (сорт Буджак), 7,8 % та 7,0 % (сорт Скарб), 9,8 % та 8,5 % (сорт Пам'ять), 10,4 % та 8,3 % (сорт Ярина). У середньому за три роки дослідження насіннєва продуктивність нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина за використання у технології вирощування культури

Mesorhizobium ciceri ND-64 і Ризогуміну підвищилась на 4,5 і 5,6 ц/га, 5,2 і 4,3 ц/га, 4,7 і 3,8 та 5,9 і 5,4 ц/га.

6. Застосування *Mesorhizobium ciceri* ND-64 і Ризогуміну для обробки насіння нуту звичайного сортів Буджак, Скарб, Пам'ять та Ярина перед сівбою поліпшувало якість зерна, підвищувало масову частку сирого протеїну на 2,3 – 8,2 % та 1,9 – 6,6 %, олії на 2,4 – 8,3 % та 3,8 – 11,7 %, золи на 4,5 – 22,2 % та 7,7 – 21,6 %.

7. Застосування бактеріальної суспензії *Mesorhizobium ciceri* штаму ND-64 або мікробного препарату Ризогумін для обробки насіння нуту звичайного перед сівбою у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу на фоні популяції місцевих бульбочкових бактерій нуту є обов'язковим елементом технології, що суттєво впливає на формування та функціонування симбіотичних систем на коренях рослин, інтенсифікує фізіологічні процеси, а відтак підвищує насіннєву продуктивність і покращує параметри якісного складу зерна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аграрії разом. Сорт Ярина (нут звичайний). URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/yarina> (дата звернення: 20.01.2025).
2. Адаменко Т. Зміна агрокліматичних умов та їх вплив на зернове господарство. *Агроном*. 2006. № 3. С. 12 – 15.
3. Адаменко Т. Зміна клімату та рослинництво. *Агроном*. 2019. № 2. С. 14 – 15.
4. Алексєєв О. О. Вплив екологічних факторів на розвиток і продуктивність бобово-ризобіального симбіозу. Сільське господарство та лісівництво. *Екологія та охорона навколишнього середовища*. 2016. №4. С. 187 – 196.
5. Архів погоди Ternopil. URL: https://www.meteoblue.com/uk/weather/historyclimate/weatherarchive/ternopil_ukraine_691650 (дата звернення 20.01.2025).
6. Бабич А. О. Зернобобові культури. Київ: Урожай, 1984. С. 122 – 140.
7. Бабич А. О. Проблеми білка і вирощування зернових бобових культур. *Кормові і білкові ресурси світу*. 1995. С. 176 – 180.
8. Бичкова Ю. В., Марченко Т. Ю., Боровик В. О. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроценозах України. *Гончарівські читання: мат. Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 94-річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем'яновича*. 2023. Суми. С.73 – 75.
9. Біднина І. О. Вплив добрив та мікробних препаратів на продуктивність сільськогосподарських культур в умовах зрошення на Півдні України. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015. Вип. 82. С. 42 – 45.
10. Біологізована технологія вирощування нуту : монографія / В. П. Карпенко, І. І. Мостов'як, О. О. Коробко та ін.; за ред. І. І. Мостов'яка. Умань: ВПЦ Візаві, 2021. 125 с.
11. Біологічний азот / Патики В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В. та ін.; за заг. ред. В. П. Патики. Київ, 2003. 424 с.
12. Біометричні показники нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) сорту Скарб за впливу мікробіологічних препаратів / Пида С. В., Мотрук О. В.,

- Москалюк Н. В. та ін. *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2021* : мат. Всеукр. наук.-практ. Конф. Тернопіль : Вектор, 2021. С. 101 – 104.
13. Біопрепарати для рослинництва. URL: <https://ismav.com.ua/produksiya/biopreparati-dlya-roslinnictva/> (дата звернення: 20.01.2025).
14. Бурикiна С. І., Парлікокошко М. С. Синтез хлорофілів в рослинах нуту за дії мінеральних добрив та інокулянтів. *Аграрні інновації. Сер. Меліорація, землеробство, рослинництво*. 2022. № 13. С. 13 – 23.
15. Бушулян О. В. Селекційна цінність сортозразків нуту різного походження в умовах степової зони України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.05. Одеса, 2001. 16 с.
16. Бушулян О. В., Січкарь В. І., Бабаянц О. В. Інтегрована система захисту нуту від бур'янів, шкідників і хвороб : метод. реком. Одеса : СГІ – НЦНС, 2012. 24 с.
17. Бушулян О. В., Січкарь В. І. Нут: генетика, селекція, насінництво, технологія вирощування. Одеса, 2009. 248 с.
18. Бушулян О. Принц бобового царства. Особливості вирощування нуту за безгербіцидної технології. *Пропозиція*. 2017. № 5. С. 78–83.
19. Векірчик К. М. Фізіологія рослин. Практикум. К.: Вища школа. Головне видавництво, 1984. 240 с.
20. Використання мікробних препаратів при вирощуванні зернобобових культур / Колісник С. І., Кобак С. Я., Іванюк С. В. та ін. *Посібник українського хлібороба*. 2013. Том 2. С. 74–76.
21. Власюк О. С., Квасніцька Л. С., Войтова Г. П. Ефективність біопрепаратів на посівах сої за умов Правобережного Лісостепу України. *Зернові культури*. 2024. Том 8. № 2. С. 302 – 309. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0343>.
22. Волкогон В. В. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві. *Сільськогосподарська мікробіологія: міжвід. темат. наук. зб. Чернігів, 2005. Вип. 1 – 2. С. 6 – 29.*

23. Волкогон В. В., Коломієць Л. П., Пиріг О. В. Вплив мікробних препаратів на формування фотосинтетичного апарату рослин люпину жовтого при дії вірусної інфекції. *Зернові культури*. URL: <https://journal-grain-crops.com/arhiv/view/596471cd1e19b.pdf> (дата звернення: 08.01.2024).
24. Воропай Ю. В., Гепенко О. В. Вплив норм висіву та способів сівби на фотосинтетичний потенціал рослин нуту в Східному Лісостепу України. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Сільськогосподарські науки*. 2024. Вип. 2 (43). С. 30 – 35. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-2.4>.
25. Воропай Ю. В., Чигрин О. В., Дерев'янко І. О. Вплив елементів технології вирощування на вміст хлорофілу в рослинах нуту. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 135. Частина 1. С. 40 – 45. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.1.6>.
26. Вплив біологічних азоту і фосфору на фізіологічні процеси та продуктивність сочевиці / Патики В. П., Колісник С. І., Коць С. Я. та ін. *Фізіологія рослин і генетика*. 2024. № 56 (1). С. 43 – 59. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2024.01.043>.
27. Вплив мікробних препаратів та мінеральних добрив на стійкість до захворювань і продуктивність сортів сої / Дерев'янський В. П., Власюк О. С., Крутило Д. В. та ін. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2011. Том 13. С. 59 – 69. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.13.59-69>.
28. Вплив поліфункціональних мікробних препаратів на структурно-динамічні особливості мікробоценозу і продуктивність бобових культур / Дідович С. В., Туріна О. Л., Кулініч Р. О. та ін. *Агробіологія*. 2015. № 1. С. 52 – 55.
29. Вплив штамів бульбочкових бактерій *Sinorhizobium Meliloti* на вміст амінокислот у надземній масі люцерни за різного водозабезпечення / Коць С. Я., Воробей Н. А., Михалків Л. М. та ін. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2021. 33. С. 25 – 32. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.33.25-32>.

30. Врожайність зерна нуту залежно від агротехнічних заходів вирощування в умовах північного Степу України / Гирка А. Д., Бочевар О. В., Сидоренко Ю. Я. та ін. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 4. С. 53 – 57.
31. Гаврилянчик О., Трач С. Нут – перспективна зернобобова культура для України. *Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції*: збірник наук. праць міжнар. наук.-практ. конф. Ч. 1. Тернопіль : Крок, 2018. 313 с.
32. Гадзало Я. М., Кириченко В. В., Дзюбецький Б. В. Стратегія інноваційного розвитку селекції і насінництва зернових культур в Україні. Київ – Харків – Дніпро, 2016. 32 с.
33. Гамаюнова В. В., Базалій С. Ю. Вплив застосування сучасних біопрепаратів на врожайність нуту в умовах південного Степу України. *Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоовочівництво і зберігання*. 2018. Вип. 1. С. 251–258.
34. Географія Тернопільської області : монографія. В 2-х т. Т.1. Природні умови та ресурси. 2-е вид., перероблене і доповнене / за ред. Проф. М. Я. Сивого. Тернопіль: Осадца Ю. В. , 2020. 520 с.
35. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунту. Київ : Нічлава, 2003. 320 с.
36. Данильченко О. М., Бутенко А. О., Радченко М. В., Продуктивність сочевиці залежно від інокуляції насіння та мінерального живлення в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 2. С. 19 – 22. DOI: <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-2-19-22>.
37. Данильченко О. М., Жатова Г. О. Урожайність і якість насіння кормових бобів та сочевиці залежно від інокуляції бактеріальними препаратами і внесення мінеральних добрив. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2016. № 1 (53), т. 1. С. 94 – 101.
38. Данильченко О. М., Радченко М. В., Глупак З. І. Ефективність бактеріальних препаратів в агроценозах гороху в умовах північно-східного

- Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Суми : СНАУ, 2019. Вип. 3 (37). С. 18 – 23. URL: <http://repo.snau.edu.ua:8080/xmlui/handle/123456789/8551> (дата звернення: 08.01.2024).
39. Діденко М., Тракало Т. Дослідження показників насіння нуту для виробництва функціональних продуктів. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті* : мат 87 Міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів. Київ: НУХТ, 2021. Ч.1. С. 149.
 40. Дідович С. В. Підвищення продуктивності нуту шляхом нітрагінізації насіння. *Научные труды КГАУ. Сер. С.-х. науки*. Симферополь, 2005. Вып. 91. С. 25–31.
 41. Дідович С. В., Кулініч Р. О. Високопродуктивні рослинно-мікробні системи в агроценоз бобових. *Корми та кормовиробництво*. 2013. № 76. С. 184 – 187.
 42. Дідур І. М. Вплив передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень на динаміку формування площі листкової поверхні рослин сої. *Сільське господарство. Рослинництво, сучасний стан*. 2022. №27. С. 5 – 14. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2022-4-1>.
 43. Дідур І. М., Темченко М. О. Вплив інокулянтів та мікродобрив на густоту стояння та висоту рослин нуту. *Сільське господарство та лісівництво. Напрями і ефективність виробництва рослинницької продукції*. 2017. № 6 (Том 1). С. 14 – 21.
 44. Дія бактеріального та стимулюючого препаратів на проростання насіння гороху ярого / Шевчук О. А., Поливаний С. В., Ходаніцька О. О., та ін. *Фізіологія рослин. Біологія та екологія*. 2021. Том 7. № 2. С. 55 – 61. DOI: <https://doi.org/10.33989/2021.7.2.261547>.
 45. ДСТУ 4114-2002. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна / керівник розроб. А. Христенко [та ін.]. Офіц. вид. [Чинний від 01.01.2003]. К. : Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. III, 7 с.

- 46.ДСТУ 4362:2004 Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. [Чинний від 2006–01–01]. Київ : Держаспоживстандарт України, 2005. 30 с.
- 47.ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. [Чинний від 2006–01–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 36 с.
- 48.ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначення нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського. [Чинний від 2008–01–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 14 с.
- 49.ДСТУ 4770.1:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук марганцю в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2009–01–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 9 с.
- 50.ДСТУ 4770.2:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук цинку в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2009–01–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 13 с.
- 51.ДСТУ 4770.4:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук заліза в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2009–01–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 10 с.
- 52.ДСТУ 4770.6:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук міді в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2009–01–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 13 с.
53. ДСТУ 7537:2014. Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності. [Чинний від 2015–04–01]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. III, 7 с. : табл. - (Національний стандарт України). - Бібліогр.: с. 7.
- 54.ДСТУ 7861:2015. Якість ґрунту. Визначення обмінних кальцію, магнію, натрію і калію в ґрунті за Шолленбергером у модифікації ННЦ ІГА імені О. Н. Соколовського. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2016. III, 9 с. : табл.

55. ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2016. III, 5 с.
56. ДСТУ 8347:2015. Якість ґрунту. Визначення рухомої сірки в модифікації ННЦ ІГА імені О. Н. Соколовського. [Чинний від 2017-07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2017. III, 7 с. : табл.
57. Дубровский В. І., Швартау В. В., Михальська Л. М. Фотосинтез і врожай: проблеми, досягнення, перспективи досліджень. Садівництво. 2020. Вип. 75. С. 251 – 256. URL: <https://doi.org/10.35205/0558-1125-2020-75-251-256> (дата звернення 20.01.2025).
58. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / Волкогон В. В. та ін.; за наук. ред. д-ра с.-г. наук, проф. В. В. Волкогона. К. : Аграрна наука, 2010. 463 с.
59. Ефективність використання мікробіологічних препаратів у посівах бобів (*Faba bona* Medic.) за морфометричними показниками / Пида С. В., Сорока М. Р., Тригуба О. В. та ін. *Dynamics of the development of world science: abstracts of VI International Scientific and Practical Conference*. Vancouver, Canada, 2020. Р. 884 – 894.
60. Ефективність використання нових штамів *Rhizobium* на посівах бобових культур / Левішко А. С., Гуменюк І. І., Ткач Є. Д. та ін. *Агроекологічний журнал*. 2022. №. 1. С. 136 – 144. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257130>.
61. Ефективність застосування мікробіологічних препаратів Ризобофіт та Ризогумін за біометричними показниками бобів (*Faba bona* Medic) / Пида С. В., Конончук О. Б., Тригуба О. В. та ін. *Агробіологія*. 2021. № 1. С. 114 – 120.
62. Ефективність інокуляції люцерни новими штамми *Sinorhizobium meliloti* за різного вологозабезпечення ґрунту / Коць С. Я., Михалків Л. М., Воробей Н. А. та ін. *Збірник наукових праць СГІ-НЦНС*. 2015. № 26 (66). С. 178 – 188.

63. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур: монографія / Мазур В. А., Гончарук І. В., Дідур І. М. та ін. Вінниця: ВНАУ. 2021. 180 с.
64. Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. URL: <https://ismav.com.ua/>. (дата звернення: 20.01.2025).
65. Інтенсифікація азотфіксувального потенціалу зернобобових культур шляхом комплементарного добору макро- і мікросимбіонтів / Січкарь В. І., Хухлаєв І. І., Бушулян О. В. та ін. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер.: Біологія*. 2014. Вип. 3 (60). С. 165 – 169.
66. Каленська С. М. Формування врожаю нуту під впливом елементів технології вирощування. *Вісник ПДАА*. 2012. № 2. С. 21–25
67. Каленська С. М., Новицька Н. В., Барзо І. Т. Економічна ефективність вирощування нуту в умовах Правобережного Лісостепу України. *Молодий вчений*. 2014. №10 (13). С. 18 – 20.
68. Калина В. С., Миколенко С. Ю., Кузьо О. О. Розробка та розширення асортименту кондитерських виробів із нутового борошна. *Органічне виробництво і продовольча безпека 2019*. Житомир. С. 190 –195.
69. Капінос М. В., Калитка В. В. Вплив регуляторів росту рослин і мікробних препаратів на проростання насіння та початковий ріст гороху посівного (*Pisum sativum* L.). *Таврійський науковий вісник : науковий журнал*. 2016. Вип. 96. С. 66 – 73.
70. Карпенко В. П., Притуляк Р. М. Фізіологічні зміни у рослинах ячменю ярого за дії біологічно активних речовин. *Вісник Уманського НУС*. 2014. № 1. С. 60 – 65.
71. Карпенко В. П., Коробко О. О. Елементи біологізованої технології вирощування нуту. Рекомендації виробництву. Черкаси, 2019. 24 с.
72. Карпенко В. П., Притуляк Р. М., Новікова Т. П. Активність мікробіоти в ризосфері сочевиці за дії біологічних препаратів. *Тавр. наук. вісн.* 2018. № 103. С. 56 – 62.

73. Каталог сортів та гібридів селекційно-генетичного інституту національного центру насіннєзнавства та сортовивчення. Одеса, 2023. 128 с.
74. Квітко Г. П., Михальчук Д. П. Процеси росту, розвитку та формування структури урожаю нуту посівного в умовах Лісостепу правобережного. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2014. № 83. Вінниця. Вип. 6. С. 56 – 63.
75. Кифорук В. В. Вплив інокуляції та позакоренових підживлень на формування продуктивності кормових бобів в умовах правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 57. С. 183 – 185.
76. Козак В. О., Пида С. В. Продуктивність сочевиці харчової (*Lens culinaris* Medik.) за впливу мікробних препаратів і фунгіцидів. *Фізіологія рослин і генетика*. 2024. Том 56. № 1. С. 27 – 42. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2024.01.027>.
77. Колесніков М. О., Кадиров Т. Р. Рекомендації по вирощуванню нуту в умовах півдня України. Мелітополь: ТДАТУ, 2022. 44 с.
78. Колісник Х. М., Грицак Л. Р., Дробик Н. М. Вплив кліматичних умов на вміст та співвідношення фотосинтетичних пігментів у рослин роду *Carlina* L. *Фізіологія рослин і генетика*. 2024. 56. № 2. С. 166 – 177. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2024.02.166>.
79. Колодка А. В., Твердохліб О. В. Механізм посухостійкості у рослин. *V Міжнародна конференція молодих учених: Харківський природничий форум*. зб. тез, м. Харків, 19 – 20 травня 2022 р. Харків. 2022. С. 50 – 54.
80. Коршевніук С. П. Формування елементів структури врожайності сочевиці залежно від інокуляції та обробки насіння мікроелементами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. С. 233 – 244. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-3-19>.
81. Коць С. Я., Михалків Л. М. Фізіологія симбіозу та азотне живлення люцерни. К. : Логос, 2005. 300 с.

82. Крикунець В. М. Ацетиленвідновлювальний метод у дослідженні фізіології бобово-ризобіального симбіозу. *Физиология и биохимия культурных растений*. 1993. № 2. С. 419 – 430.
83. Крутило Д. Функціонування симбіотичної системи вигна китайська – бульбочкові бактерії. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2011. Вип. 12. С. 6 – 58. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.12.46-58>.
84. Кучер А. В., Кучер Л. Ю. Економічна оцінка агрохімічних заходів управління якістю продукції. *Економіка підприємства: сучасні проблеми теорії та практики*: матер. V міжнар. наук.-практ. конф. Одеса: Атлант, 2016. С. 34 – 35.
85. Лихочвор В. В., Пуцак В. І. Вплив норм висіву та інтенсифікації технології на формування урожайності сортів нуту. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип.1 (97). С. 133 – 142.
86. Лихочвор В. В., Пуцак В. І. Урожайність нуту залежно від інтенсифікацій технологій. *Наукові горизонти : наук.журн. ЖНАЕУ*. 2018. № 2 (65). С. 11 – 17.
87. Лобозинська С. М., Назаркевич О. Б. Стимулювання екологізації агровиробництва у формуванні продовольчої безпеки України. *Економіка: реалії часу*. 2017. № 3(31). С. 53 – 59.
88. Логоша О. В., Воробей Ю. О., Усманова Т. О. Ефективність бактеризації насіння нуту сорту Скарб новим штамом *Mesorhizobium ciceri*. *Вісник аграрної науки*. 2019. Вип. 10. С. 32 – 36. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk2019010-05>.
89. Логоша О. В., Халеп Ю. М., Воробей Ю. О. Економічна та біоенергетична ефективність бактеризації нуту штамом *Mesorhizobium ciceri* nd-64. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2020. Вип. 31. С. 64 – 71. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.31.64-71>.
90. Любич В. В. Сучасні досягнення круп'яного виробництва. *Вісник Уманського НУС*. 2021. №1. С. 78 – 82.

91. Манько М. В., Олексійченко Н. О., Китаєв О. І. Особливості індукції флуоресценції хлорофілу в листках рослин культиварів *Acer Platanoides* L. в умовах міста Києва. *Наук. вісн. НЛТУ України*. 2016. № 26 (5). С. 102 –109. DOI: <https://doi.org/10.1016/10.15421/40260515>.
92. Манько М. В., Олексійченко Н. О., Соваков О. В. Порівняльне оцінювання водоутримуючої здатності листків рослин культиваторів *Acer platanoides* L. в умовах міста Києва. *Науковий вісник НЛТУ України. Лісове та садово-паркове господарство*. 2016. Вип. 26.3. С. 131 – 137. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2016/26_3/23.pdf.
93. Матвєєва Н. А., Кваско О. Ю. Вміст фотосинтетичних пігментів в трансгенних рослинах цикорію з геном туберкульозного антигена Esat6. *Вісник Донецького національного університету*. 2010. № 2. С. 249 – 253.
94. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / Волкогон В. В., Заришняк А. С., Гриник І. В. та ін. К.: Аграрна наука, 2011. 156 с.
95. Михалків Л. Лектинова активність у різних органах люцерни при формуванні симбіозу із *Sinorhizobium meliloti* за різного водозабезпечення. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2013. № 17. С. 21 – 30. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.17.21-30>.
96. Михалків Л. М., Коць С. Я., Береговенко С. К. Вплив інокуляції на ростові процеси у люцерни за різного водозабезпечення. *Actual Scientific Research in the Modern World*. 2023. Вип. 1(93), Part 3. С. 6 – 11.
97. Михалків Л., Коць С., Якимчук Р. Продуктивність люцерни в умовах недостатнього водозабезпечення за обробки регуляторами росту рослин. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2008. № 7. С. 115–121. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.7.115-121>.
98. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: Монографія / В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Т. М. Ковалевська та ін. К.: Аграрна наука, 2006. 312 с.

99. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / Пати́ка В. П., Тихонович І. А., Філіп'єв І. Д. та ін. К.: Урожай, 1993. 176 с.
100. Міндовкілля і ґрунти: земля пішла на милість аграріям. *Екополітика*. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/mindovkillya-i-grunti-zemlya-pishla-na-milist-agrariyam/> (дата звернення 20.01.2025).
101. Мойсієнко В. В. Наукове обґрунтування шляхів підвищення продуктивності нуту (*Cicer arietinum* L.) в Україні. *Вісн. Житомир. нац. агроєкологіч. ун-ту*. 2017. № 2 (1). С. 3 – 11.
102. Мусієнко М. М., Паршикова Т. В., Славний П. С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. К. : Фітосоціоцентр, 2001. 200 с.
103. Наукове обґрунтування технологій дієтичних добавок та харчових продуктів, збагачених на есенціальні мінеральні речовини / Головка Т. М., Погожих М. І., Головка М. П. та ін. : моногр. Харків : ДБТУ, 2023. 297 с.
104. Непран І. В., Ніколаєнко А. М. Екологічно безпечна технологія вирощування нуту. *Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. Харків: ХНАУ. 2013. № 9. С. 87 – 91.
105. Непран І. В., Романова Т. А., Литвинова О. М. Отримання повноцінної та екологічно безпечної продукції нуту. *Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво*. 2020. № 113. С. 98 – 103. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.14>.
106. Омельчук С. В., Кириченко О. В., Жемойда А. В. Реалізація симбіотичного і продуктивного потенціалу соєво-ризобіальних систем, утворених аналітично селекціонованими фунгіцидостійкими штамми бульбочкових бактерій на фоні завчасного протруєння насіння стандак топом. *Фізіологія рослин і генетика*. 2022. 54, № 1. С. 52 – 64. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2022.01.052>.
107. Остапчук М. О., Поліщук І. С., Мазур В. А. Мікробіологічні препарати – складова органічного землеробства. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2011. № 7 (47). Вінниця. URL:

<http://www.http://socrates.vsau.edu.ua/repository/getfile.php/3703.pdf> (дата звернення: 23.01.2024).

108. Паливода Ю. М., Гавій В. М. Фізіолого-біохімічні особливості формування адаптивної відповіді рослин в умовах водного дефіциту. *Наукові записки НДУ М. Гоголя. Біологічні науки*. 2023. № 1. С. 52 – 58. DOI: <https://doi.org/10.31654/2786-8478-2023-BN-1-52-58>.
109. Панцирева Г. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування урожайності та якості насіння нуту в умовах Правобережного Лісостепу України. *Зернові культури*. 2024. Том 8. № 1. С. 119 – 123. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0319>.
110. Пат. № 7875 на корисну модель Штам бактерій *Bradyrhizobium japonicum* PC08 (IMB-B7399) для одержання бактеріального добрива під сою: Коць С. Я., Маліченко С. М., Маменко Р. М., Воробей Н. А., Якимчук Р. А, пат. 7875. Україна. МПК C05F 11/00, C12N 1/00, заявл. 30.01.2012. Опубл. 25.03.2013. Бюл. № 6.
111. Пати́ка В. П. Комплексне застосування біопрепаратів на основі агрофіксуючих, фосформобілізуєчих мікроорганізмів, фізіологічно активних речовин і біологічних засобів захисту рослин: рекомендації. К. : Аграрна наука, 2000. 35 с.
112. Паштецький В. С., Пташник О. П., Дідович С. В. Технологія ефективного насінництва нуту в зоні Степу України. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 74. С. 29 – 35. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kik_2012_74_8.
113. Перспективи створення й використання сучасних біопрепаратів, створених на основі макролідного антибіотика авермектину – продукту метаболізму ґрунтового стрептоміцета *Streptomyces avermitilis* / Білявська Л. О., Іутинська Г. О., Бабич А. Г. та ін. *Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві*: мат. XIV наук. конф. молодих вчених. Чернігів, 2020. С. 15 – 17.
114. Петриченко В. Ф. Актуальні проблеми кормовиробництва в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 10. С. 18 – 21.

115. Петриченко В. Ф., Коць С. Я. Симбіотичні системи в сучасному сільськогосподарському виробництві. *Вісник НАН України*. № 3. 2014. С. 57 – 66.
116. Петриченко В. Ф., Коць С. Я. Симбіотичні системи у сучасному сільськогосподарському виробництві. *Вісник НАН України*. 2014. № 3. С. 57 – 66.
117. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. 5-е вид., виправ., доповн. Львів : НВФ *Українські технології*, 2020. 806 с.
118. Пида С. В. Фізіологія симбіозу систем *Bradyrhizobium sp. (Lupinus)* – *Lupinus L.*: алелопатичний аналіз : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. Умань, 2007. 44 с.
119. Пида С. В., Тригуба О. В. Функціонування симбіотичної системи люпин – *Bradyrhizobium sp. (Lupinus)* за сумісного застосування ризобіофіту та регуляторів росту рослин : монографія. Тернопіль: ТНПУ ім. Володимира Гнатюка, 2019. С. 172.
120. Побережна Л. В., Бахмат О. М. Фотосинтетична продуктивність посівів нуту звичайного залежно від обробки насіння та позакореневого підживлення рослин. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Сільськогосподарські науки*. 2024. Випуск 1 (42). С. 39 – 46. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-1.6>.
121. Потапенко Л. В., Горбаченко Н. І. Вплив систем удобрення та мікробних препаратів на формування поживного режиму дерново-підзолистого ґрунту. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2021. Вип. 34. С. 53 – 60. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.34.53-60>.
122. Приплавко С. О., Гавій В. М. Порівняльний вплив регуляторів росту азотофіт, янтарна кислота та вимпел на динаміку процесів росту та продуктивність озимої пшениці сорту Ювівата. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка*.

- Сер. Біологія. Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка. 2019. № 2 (Вип.76). С. 91 – 97.*
123. Пустова З. В. Вплив бактеріальної обробки насіння на продуктивність квасолі звичайної. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2011. С. 146 – 152.
 124. Ризогумін-Плюс (рідкий) для нуту. URL: <https://ismav.com.ua/produksiya/biopreparati-dlya-roslinnictva/rizogumin-ridkij-dlya-nutu/> (дата звернення: 20.01.2025).
 125. Ріст та розвиток нуту в умовах Північно-Східного Лісостепу України / Мельник А. В., Романько Ю. О., Бруньов М. І. та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2020. Випуск 2 (40). С. 38 – 46.
 126. Розробка системи комплексного застосування мікробних препаратів в агротехнології вирощування нуту / Лісовий М. М., Пархоменко О. Л., Дідович С. В. та ін. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2010. Вип. 11. С. 90 – 101.
 127. Січкарь В. І. Відлуння нутового буму. *The Ukrainian FARMER*. № 3 (111). 2019. С. 118 – 124.
 128. Січкарь В. І. Роль зернобобових культур у вирішенні білкової проблеми в Україні. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 110 – 115.
 129. Січкарь В. І. Технологія для нуту. *The Ukrainer Farmer*. 2019. № 1 (109). С. 26.
 130. Січкарь В. І., Бушулян О. В. Перспективи селекції нуту в умовах північного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 1. С. 38 – 40.
 131. Скитський В. Ю., Шевченко А. М., Степанова Т. Є. Аналіз зразків колекції нуту за продуктивністю та придатністю використання в селекції на сході України. *Генетичні ресурси рослин*. 2009. № 7. С. 134 – 138.
 132. Скринінг сучасних сортів нуту за реакцією на бактеризацію / Логоша О. В., Воробей Ю. О., Усманова Т. О. та ін. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2021. Вип. 33. С. 44 – 54. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.33.44-54>.

133. Сортіві ресурси зернобобових культур в Україні: сучасний стан і перспективи використання: монографія / Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., та ін. Вінниця : Твори, 2022. 196 с.
134. Степасюк Л. М. Перспективи вирощування нуту в Україні. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2023. № 5 (264). С. 51 – 57.
135. Сухова Г. І. Фотосинтетична діяльність сортів сочевиці в умовах Східного Лісостепу України. *Вісник ХНАУ. Сер. Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. 2012. № 2. С. 150 – 155.
136. Тарасова В. В. Екологічність агровиробництва в Україні. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2011. Т. 1. № 1(28). С. 189 – 196.
137. Таргоня В. До питання виробництва екологічно безпечної продукції рослинництва. *Техніка і технологія АПК*. 2011. № 1 (16). С. 35 – 39.
138. Телекало Н. В. Підвищення продуктивності рослин гороху при використанні бактеріальних препаратів. *Інновації в сучасній агрономії* : зб. наук. пр. міжнар. наук. конф. молодих учених. 2016. Вінниця. С. 83 – 85.
139. Терек О. І., Пацула О. І. Ріст і розвиток рослин : навч. посіб. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 328 с.
140. Тітова А. Є., Пузік В. К. Перспективи вирощування та використання нуту під час глобальних змін клімату. *Вісник ХНАУ. Серія : Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. 2013. № 9. С. 210 – 214.
141. Тодосійчук О. В. Урожайність і якість зерна чини посівної за дії біологічних препаратів. *Агробіологія*. 2024. № 2. С. 128 – 133. URL: https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/todosiychuk_2_2024.pdf.
142. Толкачев Н. З. Бобово-ризобійний симбіоз як основа екологічно безпечних технологій вирощування зернобобових культур. *Сталий розвиток агроєкосистем*: мат. Міжнар. наук. конф. 2002. Вінниця. С. 169–167.

143. Тригуба О. В., Пида С. В., Брошак І. С. Ефективність застосування РРР у посівах люпину білого (*Lupinus albus* L.). *Наукові записки ТНПУ ім. Володимира Гнатюка*. 2019. № 4 (98). С. 10 – 15.
144. Трояновська О. М. Вплив строків і схем висаджування розсади базиліка звичайного (*Ocimum basilium*) на площу листової поверхні та чисту продуктивність фотосинтезу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 17(1). С. 324 – 327.
145. Туріна О. Л., Дідович С. В., Кулініч Р. О. Високопродуктивні рослинно-мікробні системи в агроценозах бобових культур Криму. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. Вип. 4 (81). С. 151–155.
146. Фітопатогенні бактерії. Методи досліджень / Патики В. П., Пасічник Л. А., Гвоздяк Р. І. та ін.; за ред. В. П. Патики. Монографія. Том. 2. Вінниця: Віндрук, 2017. 432 с.
147. Формування якості насіння різних сортів нуту / Любич В. В., Красноштан В. І., Войтовська В. І. та ін. *Збірника наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2023. Випуск 102. Частина 1. С. 109 – 115. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2023-102-1-109-115>.
148. Фотосинтез і продукційний процес високоінтенсивних сортів озимої пшениці у зв'язку з умовами мінерального живлення / Стасик О. О., Прядкіна Г. О., Кірізій Д. А. та ін. : моногр. Київ : Інтерсервіс, 2021. 304 с.
149. Характеристика властивостей бульбочкових бактерій нуту, поширених в агроценозах Лісостепової та Степової зон України / Логоша О. В., Воробей Ю. О., Усманова Т. О. та ін. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2019. Вип. 29. С. 21 – 28. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.29.21-28>.
150. Хвороби сої: Моніторинг, діагностика, захист. / Патики В. П., Петриченко В. Ф., Пасічник Л. А. та ін.; за ред. акад. НААН Патики В.П., Петриченка В.Ф. Монографія. Вінниця: Віндрук, 2018. 106 с.
151. Ходаніцька О. О., Ткачук О. О., Шевчук О. А. Вплив агростимуліну на процеси проростання насіння сочевиці. *Актуальні питання географічних і*

- біологічних наук: основні наукові проблеми та перспективи дослідження : зб. наук. пр. ВДПУ. 2019. Вип. 17 (22). Вінниця. С. 63 – 65.
152. Холод С. М., Холод С. Г., Іллічов Ю. Г. Нут – перспективна зернобобова культура для Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 2. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.02.12>.
 153. Черкашина А. В., Ковальов В. М., Ковальов С. В. Перспективи використання нуту звичайного. *Сьогодення та майбутнє фармації* : тези доп. Всеукр. Конгресу. 2008. Харків. С. 190.
 154. Шевчук В. В. Порівняльний аналіз впливу препаратів стимулюючої дії на посівні характеристики насіння гороху озимого та бобів кормових. *Dynamics of the development of world science : abstracts of VII International Scientific and Practical Conference*, 2020. Canada. С. 954 – 963.
 155. Шевчук В. В. Проростання насіння гороху озимого за використання регулятора росту та біоінокулянта. *The world of science and innovation : abstracts of IV International Scientific and Practical Conference*. 2020. London: United Kingdom, С. 927 – 935.
 156. Шкатула Ю. М., Вотик В. О. Контролювання бур'янів у агроценозах нуту. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 19. С. 135 – 147. DOI: <https://doi:10.37128/2707-5826-2020-4-12>.
 157. Шкатула Ю. М., Вотик В. О. Шляхи підвищення врожайності насіння нуту. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 17. С.195–208. DOI: <https://doi:10.37128/2707-5826-2020-2-18>.
 158. Штам *Mesorhizobium ciceri* ND-64 – ефективний мікросимбіонт нуту сучасних сортів / Логоша О. В., Воробей Ю. О., Волкова І. В. та ін. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2020. Вип. 32. С. 3 – 17.
 159. Штам бульбочкових бактерій *Mesorhizobium ciceri* ND-64 (IMB-7835) для одержання бактеріального препарату під нут: пат. 141783 Україна. МПК С12N 1/02, С05F 11/08, О. В. Логоша, Ю. О. Воробей, Т. О. Усманова; заявник і патентовласник: Інститут сільськогосподарської мікробіології та

- агропромислового виробництва НААН України; заявл. 21.10.2019; опубл. 27.04.2020, Бюл. № 8.
160. Щигорцова О. Л. Вирощування бобових культур – чини, сочевиці, гороху, нуту в Криму без застосування азотних добрив. *Проблеми та перспективи ведення землеробства в посушливій зоні Степу України. зб. мат. Всеукр. наук.-практ. конф.* 2009. Херсон: ІЗПР УААН, С. 161 – 163.
 161. Щигорцова О. Л., Дідович С. В., Віденська Г. Я. Мікробіологічні препарати різної функціональної дії в агротехнологіях вирощування нуту. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2010. № 38. С. 97 – 102. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg_2010_38_22 (дата звернення 20.01.2025).
 162. A comprehensive review on grain legumes as climate-smart crops: Challenges and prospects / Dutta Asik, Ankita Trivedi, Chaitanya P. Nath et al. *Environmental Challenges*. 2022. Vol. 7. P. 100479. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100479>.
 163. Abou Arab E. A., Helmy I. M. F., Bareh G. F. Nutritional evaluation and functional properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour and the improvement of spaghetti produced from it. *Journal of American Science*. 2010. Vol. 6. P. 1055 – 1057.
 164. AMF-mediated mitigation of Cd-induced toxicity in *Cicer arietinum* and their influence on growth, photosynthesis efficiency, cell viability, antioxidants and yield attributes / Bushra Sayyada, Shahla Faizan, Asim Badar et. al. *South African Journal of Botany*. 2024. Vol. 164. P. 9 – 22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.11.023>.
 165. An integrated research framework combining genomics, systems biology, physiology, modelling and breeding for legume improvement in response to elevated CO₂ under climate change scenario / Palit P., Kudapa H., Zougmore R. et. al. *Current Plant Biology*. 2020. Vol. 22. P. 100149. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2020.100149>.

166. Andrews M., Andrews M. E. Specificity in Legume-Rhizobia Symbioses. *International journal of molecular sciences*. 2017. Vol. 18(4). P. 705. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms18040705>.
167. Are the rates of photosynthesis stimulated by the carbon sink strength of rhizobial and arbuscular mycorrhizal symbioses / Kaschuk Glaciela, Thomas W. Kuyper, Peter A. Leffelaar et. al. *Soil Biology and Biochemistry*. 2009. Vol. 41. Issue 6. P. 1233 – 1244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.03.005>.
168. *Bacillus siamensis* CNE6- a multifaceted plant growth promoting endophyte of *Cicer arietinum* L. having broad spectrum antifungal activities and host colonizing potential / Gorai Pralay Shankar, Ranjan Ghosh, Subhrangshu Mandal et. al. *Microbiological Research*. 2021. 252. P. 126859. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126859>.
169. Beneficial features of plant growth-promoting rhizobacteria for improving plant growth and health in challenging conditions: a methodical review / Oleńska E., Małek W., Wójcik M. et. al. *Sci. Total Environ*. 2020. Vol. 743. P. 140682. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140682>.
170. Bethlenfalvay G. J., Phillips D. A. Ontogenetic interactions between photosynthesis and symbiotic nitrogen fixation in legumes. *Plant Physiol*. 1977. Vol. 60(3). C. 419 – 421. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.60.3.419>.
171. Biger W., Björkman O. Role of the xanthophylls cycle in photoprotection elucidated by measurements of lightinduced absorbance change, fluorescence and photosynthesis in leaves of *Hedera canariensis*. *Photosynthesis Research*. 1990. № 25 (3). P. 173 – 185. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00033159>.
172. Biological nitrogen fixation in soybean in Argentina: relationships with crop, soil, and meteorological factors / Collino D. J., Salvagiotti F., Peticari A. et al. *Plant. Soil*. 2015. Vol. 392. P. 239 – 252. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2459-8>.
173. Bisseling T., Geurts R. Specificity in legume nodule symbiosis Structural variation in recognition molecules shapes symbiotic partnerships. *Science*. 2020. Vol. 369. Issue 6504. P. 620 – 621. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abd3857>.

174. Breeding and genomics approaches for improving productivity gains in chickpea under changing climate / Jha U. C., Bohra A., Nayyar H. et. al. *Genomic designing of climate-smart pulse crops*. 2019. P.135 – 164. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-96932-9_3.
175. Chapter 13 – Microbial-based inoculants in sustainable agriculture: Current perspectives and future prospects / Dukare Ajinath, Paul Sangeeta, Kumar Roshan et al. *Biofertilizers*. 2021. Vol. 1: Advances in Bio-Inoculants. P. 167–181. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821667-5.00019-1>
176. Chapter 15 - Chickpea wild relatives: potential hidden source for the development of climate resilient chickpea varieties / Melike Bakir et al. *Wild Germplasm for Genetic Improvement in Crop Plants*. 2021. P. 269 – 297. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822137-2.00015-1>.
177. Chapter 15 – Legumes effect on nitrogen mineralization and microbial biomass potential in organic farming / Jalal Arshad , Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, Carlos Eduardo da Silva Oliveira et al. *Advances in Legumes for Sustainable Intensification*. 2022. P. 281 – 306. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85797-0.00016-1>.
178. Chapter 2 – Prospects of beneficial microbes as a natural resource for sustainable legumes production under changing climate / Sabagh A. EL., Md. Sohikul Islam, Akbar Hossain et al. *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*. 2022. P. 29 – 56. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85577-8.00017-2>.
179. Chapter 6 - Conventional and unconventional symbiotic nitrogen fixing bacteria associated with legumes / Idrissi Mustapha Missbah, Kaoutar Kaddouri, Omar Bouhnik et. al. *Microbial Symbionts*. 2023. P. 75 – 109. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99334-0.00038-4>.
180. Characterization of protein and fat composition of seeds from common beans (*Phaseolus vulgaris* L.), cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and bambara groundnuts (*Vigna subterranea* L. Verdc) from Mozambique / Baptista A., Pinho O., Pinto E. et al. *Food Measure*. 2017. Vol. 11. P. 442 – 450.

181. Chemical characterization, antioxidant and antidiabetic activities of a novel polyherbal formulation comprising of *Hordeum vulgare*, *Elettaria cardamomum* and *Cicer arietinum* extracts / Iqbal Rabia, Iqbal Azhar, Iqbal Muhammad Nasir et. al. *Heliyon*. 2023. № 9 (9). P. e19292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19292>.
182. Chickpea and faba bean nitrogen fixation in a Mediterranean rainfed Vertisol: effect of the tillage system / López-Bellido R. J., López-Bellido L., Benítez-Vega J. et. al. *Eur. J. Agron.* 2011. Vol. 34. P. 222 – 230. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.01.005>.
183. Clade-dependent effects of drought on nitrogen fixation and its components – number, size, and activity of nodules in legumes / Iqbal Nasir , Victor O. Sadras, R. Ford Denison et. al. *Field Crops Research*. 2022. Vol. 284. P. 108586. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108586>.
184. Clark J., Taylor C., Zahradka P. Rebellling against the (insulin) resistance: a review of the proposed insulin-sensitizing actions of soybeans, chickpeas, and their bioactive compounds. *Nutrients*. 2018. Vol. 10 (4). P. 434. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10040434>.
185. Climate Change 2022: impacts, adaptation and vulnerability working group II contribution to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change / Hans-Otto Pörtner et al. 2022. P. 3056. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009325844>.
186. Climate extreme effects on the chemical composition of temperate grassland species under ambient and elevated CO₂: a comparison of fructan and non-fructan accumulators / Abd Elgawad H., Peshev D., Zinta G. et al. *Plos one*. 2014. Vol. 26. P. 92044. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092044>.
187. Comparison of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties for nitrogen fixation tolerance to soil drying / Devi M. J., Sinclair T. R., Beebe S. E. et al. *Plant. Soil*. 2013. Vol. 364. P. 29 – 37. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1330-4>.

188. Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques / Boye Joyce, Aksay Salih, Roufik S. *Food Research International*. 2010. Vol. 43(2). P. 537 – 546. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.021>.
189. Contribution of root traits to variations in soil microbial biomass and community composition / Wan X., Chen X., Huang Z. et. al. *Plant Soil*. 2021. Vol. 460. P. 483 – 495. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-020-04788-7>.
190. Cordero Irene, José J. Pueyo, Ana Rincón Bio-fertilisation with native plant growth promoting rhizobacteria increases the tolerance of the neotropical legume tree *Caesalpinia spinosa* to water deficit. *Forest Ecology and Management*. 2024. Vol. 558. P. 121786. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121786>.
191. Cross-host compatibility of commercial rhizobial strains for new and existing pasture legume cultivars in south-eastern Australia / Rigg J. L., Webster A. T., Harvey D. M. et. al. *Crop. Pasture. Sci*. 2021. Vol. 72. P. 652 – 665. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP20234>.
192. Dimkpa C., Weinand T., Asch F. Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. *Plant Cell Environment*. 2009. Vol. 32. P. 1682 – 1694. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.02028.x>.
193. Divito G. A., Sadras V. O. How do phosphorus, potassium and sulphur affect plant growth and biological nitrogen fixation in crop and pasture legumes a meta-analysis. *Field. Crops. Res*. 2014. Vol. 156. P. 161 – 171. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.11.004>.
194. Dongguang Yang, Li Wang Molybdenum-mediated nitrogen accumulation and assimilation in legumes stepwise boosted by the coexistence of arbuscular mycorrhizal fungi and earthworms. *Science of The Total Environment*. 2024. Vol. 927. P. 171840. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171840>.
195. Draft genome sequence of chickpea (*Cicer arietinum*) provides a resource for trait improvement / Varshney R. K., Song C., Saxena R. K., et. al. *Nature*

- Biotechnology*. 2013. Vol. 31 (3). P. 240 – 246. DOI: <https://doi.org/10.1038/nbt.2491>.
196. Drought stress tolerance in plants: interplay of molecular, biochemical and physiological responses in important development stages / Oguz M. et al. *Physiologia*. 2022, 2 (4), 180 – 197.
197. Econometric analysis of the impacts of climate change on agriculture and implications for adaptation / Challinor A. J. et al. *Nature Climate Change*. 2014. 4 (4) P. 287 – 291. URL: <https://www.nature.com/articles/nclimate2153>.
198. Effect of high temperature on the reproductive development of chickpea genotypes under controlled environments / Devasirvatham Viola et al. *Funct Plant Biol*. 2012. Vol. 39(12). P. 1009 – 1018. URL: <https://doi.org/10.1071/FP12033>.
199. Effects of different tillage on morpho-physiological traits of dryland chickpea (*Cicer arietinum* L.) / Elyasi Seyed Shahram, Alireza Pirzad, Jalal Jalilian et. al. *Soil and Tillage Research*. 2023. Vol. 229. P. 105660. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105660>.
200. Effects of pesticides, temperature, light, and chemical constituents of soil on nitrogen fixation / Nandanwar S., Yele Y., Dixit A. et. al. *Nitrogen fixation, Intech Open*. 2020. P. 1 – 8.
201. Effects of γ -radiation on chickpea (*Cicer arietinum*) varieties and their tolerance to salinity stress / Amal A., Laila M., Aladdin H. et al. *Acta agriculturae Slovenica*. 2022. № 118(2). P. 1 – 16. DOI: <https://doi.org/10.14720/aas.2022.118.2.2538>.
202. Elevated CO₂ influences host plant defense response in chickpea against *Helicoverpa armigera* / Sharma H. C., War A. R., Pathania M. et. al. *Arthropod-Plant Interactions*. 2016. Vol. 10. P. 171–181. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11829-016-9422-3>.
203. Elias N. V., Herridge D. F. Naturalised populations of mesorhizobia in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cropping soils: effects on nodule occupancy and productivity

- of commercial chickpea. *Plant and Soil*. 2014. № 387 (1–2). P. 233 – 249. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2298-z>.
204. Employing plant growth-promoting rhizobacteria for abiotic stress mitigation in plants: with a focus on drought stress / Chattaraj Sourav, Samantaray Aurodeepa, Ganguly Arindam et al. *Discover Applied Sciences*. 2025. Vol. 7. № 68. P. 1 – 20. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-025-06468-6>.
205. Exploring job stress among public health workforce in Northeastern Malaysia / Amer Taufek Abd Wahab, Suhaily Mohd Hairon, Mohd Nazri Shafei et al. *Cureus*. 2023. № 15(11). P. e49083. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.49083>.
206. Food and agriculture organization of the United Nations. FAO. [Electronic resource]. URL: <http://faostat.fao.org/site/636/default.aspx#ancor> (дата звернення: 08.01.2024).
207. Gebremariam M., Tesfay T. Effect of P application rate and rhizobium inoculation on nodulation, growth, and yield performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Int. J. Agron*. 2021. Vol. 2021. Issue 1. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/8845489>.
208. Gene discovery and tissue-specific transcriptome analysis in chickpea with massively parallel pyrosequencing and web resource development / Garg R., Patel R. K., Jhanwar S. et. al. *Plant Physiology*. 2011. Vol. 156 (4). P. 1661–1678. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.111.178616/>.
209. Genetic diversity of nutritionally important carotenoids in 94 pea and 121 chickpea accessions / Ashokkumar Kaliyaperumal, Marwan Diapari, Ambuj B. Jha et. al. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015. Vol. 43. P. 49 – 60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.04.014>.
210. Genetic variation of a global germplasm collection of chickpea (*Cicer arietinum* L.) including Italian accessions at risk of genetic erosion / Giovanni De C., Pavan S., Taranto F. et. al. *Physiol. Mol. Biol. Plants*. 2017. № 23 (1), P. 197 – 205. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12298-016-0397-4>.

211. Genome-wide identification and expression pattern analysis of lipoxygenase genes of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to accelerated aging / Rinku Malviya, Dey Sharmistha, Pandey Anuradha et. al. *Gene*. 2023. Vol. 874. P. 147482. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2023.147482>.
212. Genome-wide identification of the fibrillin gene family in chickpea (*Cicer arietinum* L.) and its response to drought stress / Pandey Anuradha, Punam Sharma, Divya Mishra et al. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2023. 234. P. 123757. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123757>.
213. Gimenez-Ibanez S., Chini A., Solano R. How microbes twist jasmonate signaling around their little fingers. *Plants*. 2016. № 5 (1). P. 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants5010009>.
214. Global-level population genomics reveals differential effects of geography and phylogeny on horizontal gene transfer in soil bacteria / Greenlon A., Chang P. L., Damtew Z. M. et. al. *Proc. Natl. Acad. Sci*. 2019. Vol. 116. P. 15200 – 15209. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1900056116>.
215. Grain legumes for resource conservation and agricultural sustainability in South Asia / Kumar N., Hazra K. K., Nath C. P. et. al. *Legumes For Soil Health and Sustainable Management*. 2018. Springer. Singapore. P. 77 – 107. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-0253-4_3.
216. Grobkinsky D. K., Graaff van der E., Roitsch T. Regulation of abiotic and biotic stress responses by plant hormones. *Plant Pathogen Resistance Biotechnology*. 2016 . P. 131 – 154. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118867716.ch7>.
217. Habete Abera, Buraka Tadele Effect of rhizobium inoculation and nitrogen fertilization on nodulation and yield response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at boloso sore, Southern Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 2016. Vol.6. №.13. P. 72 – 75. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14531.45607>.
218. Hafeez F. Y., Shah N. H., Malik K. A. Field evaluation of lentil cultivars inoculated with *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* strains for nitrogen fixation

- using nitrogen-15 isotope dilution. *Biol. Fertil. Soils*. 2000. Vol. 31. P. 65 – 69. DOI: <https://doi.org/10.1007/s003740050625>.
219. Hang Y., He N., Yu G. Opposing shifts in distributions of chlorophyll concentration and composition in grassland under warming. *Sci. Rep.* 2021. № 11. 15736. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95281-3>.
220. Hansen A. P. Legume-rhizobium symbioses: significance for sustainable plant production. *Modern tools and techniques to understand microbes*. 2017. Springer. Cham. P. 159 – 182.
221. Hassan Etesami, Bernard R. Glick Bacterial indole-3-acetic acid: A key regulator for plant growth, plant-microbe interactions, and agricultural adaptive resilience. *Microbiological Research*. Vol. 281. 2024. P. 127602. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127602>.
222. Hirsch A. M., Fujishige N. A. Molecular signals and receptors: communication between nitrogen-fixing bacteria and their plant hosts. *Biocommunication of plants*. 2012. Springer. Berlin. P. 255 – 280. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-23524-514>.
223. Hnatiuk T. T., Zhytkevych N. V., Patyka V. P. *Xanthomonas fuscans* subsp. *fuscans* – a pathogen of small brown spot of legumes. *Microbiological journal*. 2024. № (1). P. 57 – 65. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj86.01.057>.
224. Hungria M., Campo R. J., Mendes I. C. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. *Biol. Fertil. Soils*. 2003. Vol. 39. P. 88 – 93. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0682-6>.
225. Hungria M., Kaschuk G. Regulation of N₂ fixation and NO₃⁻/NH₄⁺ assimilation in nodulated and N-fertilized *Phaseolus vulgaris* L. exposed to high temperature stress. *Environ. Exp. Bot.* 2014. Vol. 98. P. 32 – 39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.10.010>.
226. Implications of high temperature and elevated CO₂ on flowering time in plants / Jagadish S.V., Bahuguna R. N., Djanaguiraman M. et. al. *Front. Plant Sci.* 2016. Vol. 7. P. 92044. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00913>.

227. Improving fruit coloration, quality attributes, and phenolics content in rainier and bing cherries by gibberellic acid combined with homobrassinolide / Li M. et al. *J. of plant growth regulation*. 2019. № 11. P. 25 – 28. URL: <https://doi.org/10.1007/s00344-019-10049-4>.
228. Inoculating Legumes: Practice and Science / Farquharson E. A., Ballard R. A., Herridge D. F. et. al. *Grains Research and Development Corporation*. Australia 2022. URL: https://era.dpi.qld.gov.au/id/eprint/8594/1/Inoculating-Legumes-Practice-and-Science_FA_online_sm.pdf.
229. Insights into plant–microbe interactions in the rhizosphere to promote sustainable agriculture in the new crops era / Shi Xiaoyu, Yige Zhao, Mengwei Xu et. al. *New Crops*. 2024. Vol. 1. P. 100004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ncrops.2023.11.002>.
230. Iron deficiency leads to chlorosis through impacting chlorophyll synthesis and nitrogen metabolism in *Areca catechu* L. / Li J., Cao X., Jia X. et. al. *Front. Plant Sci*. 2021. Vol. 12 . DOI: <https://doi.org/10.3389/FPLS.2021.710093/FULL>.
231. Isolation and characterization of plant growth-promoting rhizobacteria and their effects on the growth of *Medicago sativa* L. under salinity conditions / Zhu Zhiyu, Zhang Huanhuan, Leng Jing et al. *Antonie van Leeuwenhoek*. 2020. Vol. 113. P. 1263 –1278. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10482-020-01434-1>.
232. Jukanti A. K., Ismail M., Kucukoner E. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer Arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*. 2012. 108. P. 11 – 26. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114512000797>.
233. Kannenberg S. A., Phillips R. P. Soil microbial communities buffer physiological responses to drought stress in three hardwood species. *Oecologia*. 2017. Vol. 183. P. 631 – 641. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-016-3783-2>.
234. Kaya M., Küçükyumuk Z., Erdal I. Phytase activity, phytic acid, zinc, phosphorus and protein contents in different chickpea genotypes in relation to nitrogen and zinc fertilization. *African Journal of Biotechnology*. 2009. Vol. 8 (18). P. 4508 – 4513.

235. Kebede Erana Contribution, utilization, and improvement of legumes-driven biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021. Vol. 5. P. 767998.
236. Kholod S. M., Kholod S. G., Illichhov Yu. G. Chickpea as a prospective legume crop for Ukrainian forest steppe. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. 2013. Vol. 2. P. 49 – 54. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2013.02.12/>.
237. Krutylo D. V. Phenotypic and genotypic properties of bradyrhizobia nodulating leguminous plants of the *Glycine*, *Vigna* and *Lupinus* genera. *Mikrobiol. Z.* 2020. № 82(2). C. 38 – 50. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj82.02.038>.
238. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries / Jensen E. S., Peoples M. B., Boddey R. M. et. al. *Agronomy for Sustainable Development*. 2012. 32. P. 329 – 364. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0056-7>.
239. Legumes of the world, Richmond Royal Botanic Gardens, Kew / Lewis G. P., Schrire B., Mackinder B. et. al. *Edinburgh Journal of Botany*. 2005. Vol. 62. Issue 3. P. 195 – 196. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960428606190198>.
240. Lenka N. K., Lal R. Soil-related constraints to the CO₂ fertilization effect *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2012. Vol. 31. P. 342 – 357. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352689.2012.674461>.
241. Lichtenthaler H. K. Chlorophyll and carotenoids: Pigments of photosynthetic membranes. *Methods in enzymology*. 1987. 148. P. 350 – 382. DOI: [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1).
242. Linking rhizosphere microbiome composition of wild and domesticated *Phaseolus vulgaris* to genotypic and root phenotypic traits / Perez-Jaramillo J. E., Carrion V. J., Bosse M. et. al. *The ISME Journal*. 2017. Vol. 11 (10). P. 2244 – 2257. DOI: <https://doi.org/10.1038/ismej.2017.85>.
243. Lohosha O., Vorobei Y. Usmanova T. *Mesorhizobium ciceri* ND-64 – highly efficient symbiont of chickpea plants, cultivated in Polissia and Steppe zone of Ukraine. *Analele Universității din Oradea, Fascicula Biologie*. 2021. T. XXVIII. Issue 1. P. 55 – 58.

244. Long-term effect of epigenetic modification in plant–microbe interactions: modification of DNA methylation induced by plant growth-promoting bacteria mediates promotion process / Chen C., Wang M., Zhu J. et al. *Microbiome*. 2022. Vol.10 (36). DOI: <https://doi.org/10.1186/s40168-022-01236-9>.
245. Long-term effect of pulses and nutrient management on soil organic carbon dynamics and sustainability on an inceptisol of indo-gangetic plains of India / Ghosh P. K., Venkatesh M. S., Hazra K. K. et. al. *Experimental Agriculture*. 2012. Volume 48. Issue 4. P. 473 – 487. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0014479712000130>.
246. Magnesium deficiency triggers sgr-mediated chlorophyll degradation for magnesium remobilization / Peng Y. Y., Liao L. L., Liu S. et. al. *Plant Physiol.* 2019. Vol. 181. P. 262 – 275. DOI: <https://doi.org/10.1104/PP.19.00610>.
247. Malhotra R. S., Singh K. B., Saxena M. C. Effect of Irrigation on Winter-Sown Chickpea in a Mediterranean Environment. *Journal of Agronomy and Crop Science*. №178(4). 1997. P. 237-243.
248. Martínez-Romero E. Coevolution in rhizobium-legume symbiosis *DNA Cell Biol.* 2009. Vol. 28. P. 361 – 370. DOI: <https://doi.org/10.1089/dna.2009.0863>.
249. Mehrotra Sarita Shweta, Dimkpa Christian O., Goyal Vinod Survival mechanisms of chickpea (*Cicer arietinum*) under saline conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2023. № 205. P. 108168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108168>.
250. Meland M., Froynes O., Kaiser C. High tunnel production systems improve yields and fruit size of sweet cherry. *Acta Horticulturae*. 2017. Is. 1161. P. 117 – 124. URL: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1161.20>.
251. Mendelsohn R. Efficient adaptation to climate change (Article). *Climatic Change*. 2000. Vol. 45. Issue 3 – 4. P. 583 – 600. DOI: <https://doi.org/10.1023/a:1005507810350>.
252. MgO nanoparticles priming promoted the growth of black chickpea / Sharma Priya, Ayushi Gautam, Vineet Kumar. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2022. Vol. 10. P. 100435. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100435>.

253. Micronutrients and their effects on Horticultural crop quality, productivity and sustainability / Nazir Ahmed, Baige Zhang, Zaid Chachar et. al. *Scientia Horticulturae*. 2024. Vol. 323. P. 112512. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112512>.
254. miR408 overexpression causes increased drought tolerance in chickpea / Hajyzadeh M., Turktas M., Khawar K. M. et. al. *Gene*. 2015. Vol. 555 (2). P. 186 – 193. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2014.11.002>.
255. Mitchell R. M., Wright J. P., Ames G. M. Species' traits do not converge on optimum values in preferred habitats. *Oecologia*. 2018. № 3. P. 719 – 729.
256. Mordor Exploration. Global biofertilizers market growth, trends and forecast. 2022. P. 2022 – 2027.
257. Mousavi S. N., Fahimi E., Taherkhani R. Effects of different feed forms and cage densities on laying hen performance and stress statusEinfluss verschiedener Futterformen und Besatzdichten auf die Legeleistung und den Stress status. *European Poultry Science*. 2016. Vol. 80. P. 1 – 9. DOI: <https://doi.org/10.1399/eps.2016.163>.
258. Multiple anthropogenic pressures eliminate the effects of soil microbial diversity on ecosystem functions in experimental microcosms / Yang Gaowen, Masahiro Ryo, Julien Roy et al. *Nature Communications*. 2022. № 13. P. 4260. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31936-7>.
259. Nitrogen fixation potential in global chickpea mini-core collection / Biabani A., Carpenter-Boggs L., Coyne C. J. et al. *Biol. Fertil. Soils*. 2011. Vol. 47. P. 679 – 685. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00374-011-0574-0> (дата звернення: 08.01.2024).
260. Nitrogen-fixing activity of root nodules in relation to their size in peanut (*Arachis hypogaea* L.) / Tajima R., Lee. O. N., Abe J. et. al. *Plant Prod. Sci*. 2007. № 10(4). C. 423 – 429. DOI: <https://doi.org/10.1626/pps.10.423>.
261. Nutrients in the rhizosphere: a meta-analysis of content, availability, and influencing factors / Liu Shibin, Fakun He, Yakov Kuzyakov et. al. *Science of The*

- Total Environment*. 2022. Vol. 826. P. 153908. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153908>.
262. Nutritional and compositional study of Desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in Punjab, Pakistan / Zia-Ul-Haq M., Iqbal S., Ahmad S. et. al. *Food Chemistry*. 2007. Vol. 105. P. 1357 – 1363.
263. Ollier Maxime, Jayet Pierre-Alain, Humblot Pierre An assessment of the An assessment of the distributional impacts of autonomous adaptation to climate change from European agriculture. *Ecological Economics*. 2024. Vol. 222. 108221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108221>.
264. Optimizing biomass yield of three herbaceous forage legumes through dual inoculation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and *Rhizobia* / Mpongwana Sanel, Manyevere Alen, Mupangwa Johnfisher et. al. *South African Journal of Botany*. 2023. Vol. 159. P. 61–71. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.06.006>.
265. Pandey Vijay Vardhan, Bhattacharya Arpita, Pandey Amit Chapter 1 - Plant growth-promoting microbiomes: History and their role in agricultural crop improvement. *Plant-Microbe Interaction - Recent Advances in Molecular and Biochemical Approaches*. 2023. Vol. 1. P. 1 – 44. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91875-6.00012-8>.
266. Parihar Prerana, Singh Purnima, Kumar Jagdish Patidar Chapter 13 – Biostimulants for improving nutritional quality in legumes. *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*. 2022. P. 261–275. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85579-2.00011-3>.
267. Pattison Angela L., Uddin Mohammad Nazim, Trethowan Richard M. Use of in-situ field chambers to quantify the influence of heat stress in chickpea (*Cicer arietinum*). *Field Crops Research*. 2021. Vol. 270. P. 108215. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108215>.
268. Peculiarities of formation and functioning of the soybean – *Bradyrhizobium japonicum* symbiotic apparatus in relation to photosynthetic activity under the influence of seed protectants / Kots S., Kiriziy D., Pavlyshche A. et. al. *Journal*

- of microbiology, biotechnology and food sciences*. 2022. Vol. 6 (2). P. 3128. DOI: <https://doi.org/10.55251/jmbfs.3128>.
269. PGPR in agriculture: a sustainable approach to increasing climate change resilience / Shah A., Nazari M., Antar M. et al. *Front Sustain Food Syst*. 2021. № 5. 667546.
 270. Photosynthetic adaptation of soybean due to varying effectiveness of N₂ fixation by two distinct *Bradyrhizobium japonicum* strains / Kaschuk Glaciela, Xinyou Yin, Mariangela Hungria et. al. *Environmental and Experimental Botany*. 2012. Vol. 76. P. 1 – 6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.10.002>.
 271. Phytochemical screening and Extraction: A Review / Tiwari Prashant, Kumar Bimlesh, Kaur Mandeep et. al. *Internationale Pharmaceutica Scientia*. 2011. Vol 1. Issue 1. P. 98 – 106.
 272. Phytohormones as growth regulators during abiotic stress tolerance in plants / Sabagh A. EL., Islam M. S., Hossain A. et. al. *Frontiers in Agronomy*. 2022. Vol. 4. DOI: <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.765068>.
 273. Phytohormones regulate the abiotic stress: an overview of physiological, biochemical, and molecular responses in horticultural crops / Zheng Y., Wang X., Cui X. et. al. *Front. Plant Sci*. 2023. Vol. 13. P. 1095363. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022>.
 274. Plant growth regulators improve nitrogen metabolism, yield, and quality of soybean-rhizobia symbiosis / Wenhao Chen, Juan Li, Huawei Yuan et. al. *Annals of Microbiolog*. 2023. № 73. C. 115. URL: <https://annalsmicrobiology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13213-023-01721-y>.
 275. Plant nutrient stress adaptation: A prospect for fertilizer limited agriculture / Francis B., Aravindakumar C. T., Philip B. Brewer et al. *Environmental and Experimental Botany*. 2023. Vol. 213. P. 105431. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105431>.
 276. Plant root tortuosity: an indicator of root path formation in soil with different composition and density Ann / Popova L., Dusschoten van D., Nagel K. A. et. al.

- Annals of Botany*. 2016. Vol.118 (4). P. 685 – 698. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcw057>.
277. Pospisil P. Production of reactive oxygen species by photosystem II as a response to light and temperature stress. *Front. Plant Sci.* 2016. № 7. 1950. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01950>.
278. Responses of legumes to rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi: A meta-analysis of potential photosynthate limitation of symbioses / Kaschuk Glaciela, Peter A. Leffelaar, Ken E. Giller et. al. *Soil Biology and Biochemistry*. 2010. Vol. 42. Issue 1. P. 125 – 127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.10.017>.
279. Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity: A review / Shahwar Durre, Zeenat Mushtaq, Humira Mushtaq et al. *Heliyon*. 2023. Vol. 9 (6). P. e16134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16134>.
280. Role of phytohormones in legumes infected intercellularly by rhizobia without infection threads formation / Figueredo María Soledad, María Laura Tonelli, Vanina Muñoz et. al. *Rhizosphere*. 2022. Vol. 24. P. 100622. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100622>.
281. Role of strigolactones: signalling and crosstalk with other phytohormones / Faizan M., Faraz A., Sami F. et al. *Open Life Sci.* 2020. Vol.15. P. 217 – 228. DOI: <https://doi.org/10.1515/biol-2020-0022>.
282. Sadowsky M. J., Graham P. H. Soil Biology of the Rhizobiaceae / In: Spaink H. P., Kondorosi A., Hooykaas P. J. J. et. al. *The Rhizobiaceae*. Springer, Dordrecht. 1998. P. 155 – 167. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-011-5060-6>.
283. Santos M. S., Nogueira M. A., Hungria M. Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture. *AMB Express*. 2019. Vol. 9. № 205.
284. Selenium enhanced nitrogen accumulation in legumes in soil with rhizobia bacteria / Zheng Lei , Qinquan Li, Yanni Tang et. al. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 380. P. 134960. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134960>.

285. Slattery J. F., Coventry D. R., Slattery W. J. Rhizobial ecology as affected by the soil environment. *Aust. J. Exp. Agric.* 2001. Vol. 41. P. 289 – 298. DOI: <https://doi.org/10.1071/EA99159>.
286. Soil Biology of the Rhizobiaceae / Sadowsky M. J., Graham P. H., Spaink H. P. et al. *The Rhizobiaceae*. Springer, Dordrecht. 1998. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-011-5060-6>.
287. Soil physical characteristics and chickpea yield responses to tillage treatments / Barzegar A. R. et al. *Soil and Tillage Research*. 2003. Vol. 71. Issue 1. Pages 49 – 57. URL: [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(03\)00019-9](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00019-9).
288. Spatial and temporal patterns of root dynamics in a Bornean tropical rainforest monitored using the root scanner method / Endo I., Kume T., Kho L. K. et al. *Plant Soil*. 2019. Vol. 443 (1–2). P. 323 – 335. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-019-04203-w> (дата звернення: 25.01.2024).
289. Species-dependent effect of rhizobacteria co-inoculation in legume plants: A global meta-analysis / Franquiéle Bonilha da Silva, Julierme Zimmer Barbosa, Tales Tiecher et al. *Rhizosphere*. 2024. Vol. 30. P. 100869. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2024.100869>.
290. Sprent J. I., Odee D. W., Dakora F. D. African legumes: a vital but under-utilized resource. *Journal of Experimental Botany*. 2010. Vol. 61. Issue 5. P. 1257–1265. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erp342>.
291. Strigolactones in rhizosphere communication: multiple molecules with diverse functions / Kee Y. J., Ogawa S., Ichihashi Y. et. al. *Plant Cell Physiol*. 2023. Vol. 64. P. 955 – 966. DOI: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcad055>.
292. Structure and function of abscisic acid receptors / Miyakawa T., Fujita Y., Yamaguchi-Shinozaki K. et. al. *Trends Plant Sci*. 2013. Vol.18 (5). P. 259 – 266. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.11.002>.
293. Studies on the relationship between photosynthesis and nitrogen fixation in the symbiotic system of soybean and nodule bacteria (*Rhizobium*) / Da-quan X.,

- Yun-gang S., Shu-jin W. et. al. *J. Integr Plant Biol.* 1989. Vol. 31 (2). DOI: <https://www.jipb.net/EN/abstract/abstract25618.shtml>.
294. Suppressing photorespiration for the improvement in photosynthesis and crop yields: A review on the role of S-allantoin as a nitrogen source / Shah Fahad, Faheem Ahmed Khan, Nuruliarizki Shinta Pandupuspitasari et. al. *Journal of Environmental Management.* 2019. Vol. 237. P. 644 – 651. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.082>.
295. Symbiotic effectiveness, ecological adaptation and phylogenetic diversity of chickpea rhizobia isolated from a large-scale Australian soil collection / Zaw M., Rathjen J. R., Zhou Y. et. al. *Plant Soil.* 2021. Vol. 469. P. 49 – 71. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05119-0>.
296. Symbiotic interactions between chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes and *Mesorhizobium* strains / Gunnabo A. H., Heerwaarden van J., Geurts R. et. al. *Symbiosis.* 2020. Vol. 82. P. 235 – 248. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13199-020-00724-6>.
297. Symbiotic nitrogen fixation enhanced crop production and mitigated nitrous oxide emissions from paddy crops / Dong Yubing, Junqian Zhang, Xintong Xu et al. *Field Crops Research.* Vol. 307. 2024. P. 109261. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109261>.
298. Synergistic action of PGP agents and *Rhizobium* spp. for improved plant growth, nutrient mobilization and yields in different leguminous crops / Babu Santosh, Radha Prasanna, Ngangom Bidyarani et. al. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology.* 2015. Vol. 4. Issue 4. P. 456 – 464. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2015.09.004>.
299. Tang R. J., Luan S. Rhythms of magnesium. *Nat. Plants.* 2020. Vol. 6. P. 742 – 743. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41477-020-0706-3>.
300. Taylor B. N., Menge D. N. Light regulates tropical symbiotic nitrogen fixation more strongly than soil nitrogen. *Nat. Plants.* 2018. Vol. 4. P. 655 – 661. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41477-018-0231-9>.

301. Tena W., Wolde-Meskel E., Walley F. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to inoculation with native and exotic *Mesorhizobium* strains in Southern Ethiopia. *Afr. J. Biotechnol.* 2016. Vol. 15. P. 1920 – 1929. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB2015.15060>.
302. The 2024 Europe report of the Lancet Countdown on health and climate change: unprecedented warming demands unprecedented action / Kim R. van Daalen, Cathryn Tonne, Jan C. Semenza et al. *The Lancet Public Health.* 2024. Vol. 9. Issue 7. P. e495 – e522. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(24\)00055-0](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(24)00055-0).
303. The acetylene-ethylene assay for N₂ fixation: laboratory and field evaluation / Hardy R. W. F., Holsten R. D. Jackson E. K. et al. *Plant Physiol.* 1968. № 43 (8). P. 1185 – 1207.
304. The global nitrogen cycle in the twenty-first century / Fowler David, Mhairi Coyle, Ute Skiba et al. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2013. 368 (1621). P. 20130164. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb/2013.0164>.
305. The stomatal response to reduced relative humidity requires guard cell-autonomous ABA synthesis / Bauer H., Ache P., Lautner S. et al. *Curr. Biol.* 2013. Vol.1. P. 53 – 57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.11.022>.
306. The Symbiosome: Legume and Rhizobia Co-evolution toward a Nitrogen-Fixing Organelle? / Peña Teodoro Coba, Elena Fedorova, José J. Pueyo et. al. *Front. Plant Sci. Sec. Plant Pathogen Interactions.* 2018. Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02229>.
307. Towards the current need to enhance legume productivity and soil sustainability worldwide: a book review / Meena R. S., Yadav R. S., Meena H. et. al. *Journal of Cleaner Production.* 2015. Vol. 104. P. 513 – 515. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.002>.
308. Vaitkeviciute Jaune Econometric analysis of the impacts of climate change on agriculture and implications for adaptation. *Sciences du Vivant (q-bio). Université de Bourgogne Franche-Comté (COMUE).* 2018. Français. URL: <https://hal.inrae.fr/tel-02791559>.

309. Vélez-Bermúdez I. C., Schmidt W. Plant strategies to mine iron from alkaline substrates. *Plant Soil*. 2023. Vol. 483. P. 1 – 25. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05746-1>.
310. Vitamin E in legume nodules: Occurrence and antioxidant function / Soba David , Maren Müller, Iker Aranjuelo et al. *Phytochemistry*. 2020. Volume 172. P. 112261. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2020.112261>.
311. Vuleta A., Manitsevic Jovanovic S., Tucic B. How do plants cope with oxidative stress in nature? A study on the dwarf bearded iris (*Iris pumila*). *Acta Physiol. Plant*. 2015. Vol. 37. P. 1711.
312. Walker L., Lagunas B., Gifford M. L. Determinants of host range specificity in legume-rhizobia symbiosis. *Front. Microbiol*. 2020. № 11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.585749>.
313. Wallace T., Murray R., Zelman K. The nutritional value and health benefits of chickpeas and Hummus. *Nutrients*. 2016. Vol. 8 (12). P. 766. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu8120766>.
314. Water stress responses of two Mediterranean tree species influenced by native soil microorganisms and inoculation with a plant growth promoting rhizobacterium / Rincón A., Valladares F., Gimeno T. E. et. al. *Tree Physiology*. 2008. Vol. 28. Issue 11. P. 1693 – 1701. DOI: <https://doi.org/10.1093/treephys/28.11.1693>.
315. Wellburn A. P. The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as carotenoids using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *J. Plant. Physiol.*, 1994. Vol. 144 (3). P. 307 – 313.
316. Wogene Solomon, Tibor Janda, Zoltán Molnár Unveiling the significance of rhizosphere: Implications for plant growth, stress response, and sustainable agriculture. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2024. Vol. 206. 108290. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108290>.
317. Xu P., Wang E. Diversity and regulation of symbiotic nitrogen fixation in plant. *Current Biology*. 2023. Vol. 33 (11). P. 543–559. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.04.053>.

318. Zahran H. H. Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Microbiol. Mol. Biol.* 1999. Vol. 63. P. 968 – 989. DOI: <https://doi.org/10.1128/mmbr.63.4.968-989.1999>.
319. Chickpea varieties productiviti depending on combination of different sowing methods and sowing rate in the eastern forests steppe of Ukraine / Rozhkov A. O., Karpuk L. M., Voropai Y. V. et. al. *Ecological engineering & Environmental technology*. 2022. Vol. 23. Issue 1. P. 88–101.

ДОДАТКИ

Додаток А

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Проректор з наукової роботи та
міжнародного співробітництва Тернопільського
національного педагогічного університету
ім. Володимира Гнатюка
проф. Ірина ЗАДОРЖНА

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція для впровадження:** Вивчення ефективності застосування мікробних препаратів у технології вирощування нуту звичайного як складової частини біологізації землеробства для зменшення антропогенного навантаження на агроценози та збереження стану навколишнього природного середовища.

2. **Установа-розробник:** Чернік Ігор Валерійович, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, кафедра ботаніки та зоології, м. Тернопіль, вул. М. Кривоноса, 2, 46027, Україна.

3. **Джерело інформації:**

Чернік І. В., Тригуба О. В. Нут звичайний (*Cicer arietinum* L.) – перспективна бобова культура Західного Лісостепу України. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Сер. Біологія. ФОП Осадца Ю. В., 2023. Т. 83, № 3–4. С. 117–126. <https://doi.org/10.25128/2078-2357.23.3-4.13>

Чернік І. В. Фотосинтетичні пігменти листків *Cicer arietinum* L. сорту Буджак за інюкуляції насіння мікробними препаратами // *Природнича освіта та наука*. Рівне : Гельветика, 2024. Вип. 5. С. 51-56. DOI : <https://doi.org/10.32782/NSER/2024-5.10>

Чернік І. В. Параметри водообміну листків нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) за впливу мікробних препаратів. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Біологія – *Scientific Issues Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University Ser. Biology*. 2024. Т. 84, № 3–4. С. 68–75. <https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.3-4.8>.

4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, кафедра ботаніки та зоології.

5. **Результати застосування:** пропозиції на 2024-2025 навчальний рік. Матеріали використовуються в навчальному процесі кафедри ботаніки та зоології на лекціях і практичних заняттях з фізіології та біохімії рослин, агроекології.

4. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п. 3):** Використання результатів наукових досліджень у навчальному процесі дозволяє розширити знання студентів щодо особливостей впливу мікробних препаратів як складової частини біологізації землеробства на параметри фізіологічних процесів, продуктивність бобових культур, чинника, що знижує антропогенне навантаження на агроценози та впливає на збереження стану навколишнього природного середовища.

5. **Зауваження, пропозиції:** не вносилися.

Відповідальні за впровадження:

доценти кафедри ботаніки та зоології

Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка

кандидат с.-г. наук, доцент

кандидат педагогічних наук, доцент

Маргарита КРИЖАНОВСЬКА
Наталія МОСКАЛЮК



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція для впровадження:** Вивчення ефективності застосування мікробних препаратів у технології вирощування нуту звичайного як складової частини біологізації землеробства для зменшення антропогенного навантаження на агроценози та збереження стану навколишнього природного середовища.

2. **Установа-розробник:** Чернік Ігор Валерійович, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, кафедра ботаніки та зоології, м. Тернопіль, вул. М. Кривоноса, 2, 46027, Україна.

3. **Джерело інформації:**

Пида С. В., Чернік І. В., Тригуба О. В. Динаміка вмісту фотосинтетичних пігментів у листках *Cicer arietinum* L. за впливу бактеріальних препаратів. *Український журнал природничих наук*, 9, 2024. С. 46-55.

doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.5

Чернік І., Пида С., Тригуба О. Якісний склад зерна нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) за впливу мікробних препаратів // *Litteris et Artibus: Нові горизонти* : збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції. Кременець : ВЦ КОГПА ім. Тараса Шевченка, 2024. Вип. IX. С. 291-294.

<http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/34276>

Svitlana Pyda, Ihor Chernik, Olena Tryhuba Efficiency of microbial preparations on indicators of seed productivity of *Cicer arietinum* L. vii konferencja naukowa z cyklu „Nauka i praktyka – rolnictwo różne spojrzenia” nt. Europejski zielony ład - wyzwanie dla rolnictwa (Chelm, 5 czerwca 2023). 2023. P.32-33.

4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** Західноукраїнський національний університет.

5. **Результати застосування:** пропозиції на 2024-2025 навчальний рік. Матеріали використовуються в навчальному процесі кафедри екології та охорони здоров'я на лекціях і практичних заняттях.

6. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п. 3):** Використання результатів наукових досліджень у навчальному процесі дозволяє розширити знання студентів щодо особливостей впливу мікробних препаратів як складової частини біологізації землеробства на параметри фізіологічних процесів, продуктивність бобових культур, чинника, що знижує антропогенне навантаження на агроценози та впливає на збереження стану навколишнього природного середовища.

7. **Зауваження, пропозиції:** не вносилися.

Відповідальний за впровадження:

в. о. завідувача кафедри екології та охорони здоров'я
Західноукраїнського національного університету
кандидат економічних наук

Леонід БИЦЮРА



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор

ВП НУБіП України

«Бережанський агротехнічний інститут»

проф. М. М. Жибак

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція для впровадження:** Вивчення ефективності застосування мікробних препаратів у технології вирощування нуту звичайного як складової частини біологізації землеробства для зменшення антропогенного навантаження на агроценози та збереження стану навколишнього природного середовища.
2. **Установа-розробник:** Чернік Ігор Валерійович, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, кафедра ботаніки та зоології, м. Тернопіль, вул. М. Кривоноса, 2, 46027, Україна.
3. **Джерело інформації:**
 Чернік І.В., Пида С.В., Тригуба О.В., Мацюк О.Б. Вплив бактеріальних препаратів на накопичення фотосинтетичних пігментів у листках *Cicer arietinum* L. Слобожанський науковий вісник. Серія: Природничі науки. Випуск 2, 2024. С.36-41.
<https://doi.org/10.32782/naturalspu/2024.2.5>
 Чернік І., Пида С., Тригуба О. Якісний склад зерна нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) за впливу мікробних препаратів // *Litteris et Artibus: Нові горизонти* : збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції. Кременець : ВЦ КОГПА ім. Тараса Шевченка, 2024. Вип. IX. С. 291-294.
<http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/34276>
 Чернік І. В. Фотосинтетичні пігменти листків *Cicer arietinum* L. сорту Буджак за інокуляції насіння мікробними препаратами // Природнича освіта та наука. Рівне : Гельветика, 2024. Вип. 5. С. 51-56. DOI : <https://doi.org/10.32782/NSER/2024-5.10>
4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут», кафедра агрономії та екології.
5. **Результати застосування:** пропозиції на 2024-2025 навчальний рік. Матеріали використовуються в навчальному процесі кафедри агрономії та екології на лекціях і практичних заняттях.
6. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п. 3):** Використання результатів наукових досліджень у навчальному процесі дозволяє розширити знання студентів щодо особливостей впливу мікробних препаратів як складової частини біологізації землеробства на параметри фізіологічних процесів, продуктивність бобових культур, чинника, що знижує антропогенне навантаження на агроценози та впливає на збереження стану навколишнього природного середовища.
7. **Зауваження, пропозиції:** не вносилися.

Відповідальний за впровадження:
 завідувач кафедри агрономії та екології
 ВП НУБіП України «Бережанський
 агротехнічний інститут»
 кандидат ветеринарних наук

О. В. Павлів

Додаток Г

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор
 ННПП Західноукраїнського
 національного університету

проф. Василь БРИЧ

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція для впровадження:** Вивчення ефективності застосування мікробних препаратів у технології вирощування нуту звичайного як складової частини біологізації землеробства для зменшення антропогенного навантаження на агроценози та збереження стану навколишнього природного середовища.

2. **Установа-розробник:** **Чернік Ігор Валерійович**, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, кафедра ботаніки та зоології, м. Тернопіль, вул. М. Кривоноса, 2, 46027, Україна.

3. **Джерело інформації:**

Пида С. В., **Чернік І. В.**, Тригуба О. В. Динаміка вмісту фотосинтетичних пігментів у листках *Cicer arietinum* L. за впливу бактеріальних препаратів. *Український журнал природничих наук*, 9, 2024. С. 46-55.

doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.5

Чернік І., Пида С., Тригуба О. Якісний склад зерна нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) за впливу мікробних препаратів // *Litteris et Artibus: Нові горизонти* : збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції. Кременець : ВЦ КОГПА ім. Тараса Шевченка, 2024. Вип. IX. С. 291-294.

<http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/34276>

Svitlana Pyda, **Ihor Chernik**, Olena Tryhuba Efficiency of microbial preparations on indicators of seed productivity of *Cicer arietinum* L. vii konferencja naukowa z cyklu „Nauka i praktyka – rolnictwo różne spojrzenia” nt. Europejski zielony ład - wyzwanie dla rolnictwa (Chełm, 5 czerwca 2023). 2023. P.32-33.

4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** Західноукраїнський національний університет.

5. **Результати застосування:** пропозиції на 2024-2025 навчальний рік. Матеріали використовуються в навчальному процесі кафедри агробіотехнологій на лекціях і практичних заняттях.

6. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п. 3):** Використання результатів наукових досліджень у навчальному процесі дозволяє розширити знання студентів щодо особливостей впливу мікробних препаратів як складової частини біологізації землеробства на параметри фізіологічних процесів, продуктивність бобових культур, чинника, що знижує антропогенне навантаження на агроценози та впливає на збереження стану навколишнього природного середовища.

7. **Зауваження, пропозиції:** не вносилися.

Відповідальний за впровадження:

завідувач кафедри агробіотехнологій
 Західноукраїнського національного університету
 Доктор с.-г. наук. професор

Антін ШУВАР

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Професор
 науково-педагогічної роботи
 Західноукраїнського національного
 університету
 проф. Віктор ОСТРОВЕРХОВ

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Пропозиція для впровадження:** Вивчення ефективності застосування мікробних препаратів у технології вирощування нуту звичайного як складової частини біологізації землеробства для зменшення антропогенного навантаження на агроценози та збереження стану навколишнього природного середовища.

2. **Установа-розробник:** Чернік Ігор Валерійович, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, кафедра ботаніки та зоології, м. Тернопіль, вул. М. Кривоноса, 2, 46027, Україна.

3. **Джерело інформації:**

Пида С. В., Чернік І. В., Тригуба О. В. Динаміка вмісту фотосинтетичних пігментів у листках *Cicer arietinum* L. за впливу бактеріальних препаратів. *Український журнал природничих наук*, 9, 2024. С. 46-55.

doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.5

Чернік І., Пида С., Тригуба О. Якісний склад зерна нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) за впливу мікробних препаратів // *Litteris et Artibus: Нові горизонти* : збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції. Кременець : ВЦ КОГПА ім. Тараса Шевченка, 2024. Вип. IX. С. 291-294.

<http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/34276>

Svitlana Pyda, Ihor Chernik, Olena Tryhuba Efficiency of microbial preparations on indicators of seed productivity of *Cicer arietinum* L. vii konferencja naukowa z cyklu „Nauka i praktyka – rolnictwo różne spojrzenia” nt. Europejski zielony ład - wyzwanie dla rolnictwa (Chelms, 5 czerwca 2023). 2023. P.32-33.

4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** Західноукраїнський національний університет.

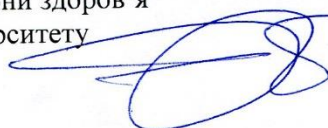
5. **Результати застосування:** пропозиції на 2024-2025 навчальний рік. Матеріали використовуються в навчальному процесі кафедри екології та охорони здоров'я на лекціях і практичних заняттях.

6. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелі інформації (п. 3):** Використання результатів наукових досліджень у навчальному процесі дозволяє розширити знання студентів щодо особливостей впливу мікробних препаратів як складової частини біологізації землеробства на параметри фізіологічних процесів, продуктивність бобових культур, чинника, що знижує антропогенне навантаження на агроценози та впливає на збереження стану навколишнього природного середовища.

7. **Зауваження, пропозиції:** не вносилися.

Відповідальний за впровадження:

в. о. завідувача кафедри екології та охорони здоров'я
 Західноукраїнського національного університету
 кандидат економічних наук

 Леонід БИЦЮРА