

УДК 581.1 : 633.31/37

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

ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПІГМЕНТИ ЛИСТКІВ *CICER ARIETINUM* L. СОРТУ БУДЖАК ЗА ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ МІКРОБНИМИ ПРЕПАРАТАМИ

Чернік Ігор Валерійович

аспірант

Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка

ORCID ID: 0009-0002-4966-0475

У статті представлено результати польового дослідження з вивчення впливу рідких форм бактеріальної суспензії селекціонованого штаму *Mesorhizobium ciceri* ND-64 (БС) та Ризогуміну (обробка насіння перед сівбою згідно з нормами виробника) на вміст у листках *Cicer arietinum* L. сорту Буджак хлорофілів а, б, їх суми, каротиноїдів та співвідношення пігментів. Визначення фотосинтетичних пігментів проводили у відібраних зразках листків із середнього ярусу рослин нуту звичайного методом їх екстагування диметилсульфооксидом за Вельбурном із використанням спектрофотометра UIT SFU-0172. Встановлено, що кількість фотосинтетичних пігментів у листках залежить від фази індивідуального розвитку культури *Cicer arietinum* та передпосівної обробки насіння мікробними препаратами. Під накопичення хлорофілів а, б та їх суми виявлено у фазі зеленого бобу, а каротиноїдів – під час цвітіння рослин. Обидва бактеріальні препарати сприяли накопиченню хлорофілів у листках нуту звичайного. Комплексний мікробний препарат Ризогумін суттєвіше порівняно з бактеріальною суспензією штаму *Mesorhizobium ciceri* ND-64 підвищував у середньому за фазами росту і розвитку вміст хлорофілів а, б, їх суми та каротиноїдів на 8,1–31,3%, 10,8–26,9%, 11,2–27,9% та 2,3–9,7%.

Статистично вірогідну різницю за співвідношенням пігментів хлоропластів хлорофілу а / хлорофілу б у листках визначено у фазах цвітіння, кінець цвітіння – початок утворення бобів і початок досягання бобів за впливу БС та Ризогуміну. Обробка насіння Ризогуміном суттєво підвищувала показник співвідношення суми хлорофілів (а+б) / каротиноїдів на початку досягання бобів, БС – у фазах цвітіння та кінець цвітіння – початок утворення бобів.

Ключові слова: *Cicer arietinum* L., хлорофіл а, хлорофіл б, каротиноїди, співвідношення пігментів, інокуляція, бактеріальні препарати.

Chernik I. V. Photosynthetic pigments of *Cicer arietinum* L. leaves of the variety Budzhak under seed inoculation with microbial preparations

The article presents the results of a field experiment to study the effect of liquid forms of bacterial suspension of the selected strain of *Mesorhizobium ciceri* ND-64 (BS) and Rhizogumin (seed treatment before sowing according to the manufacturer's standards) on the content of chlorophylls a, b, their sum, carotenoids and pigments ratio in the leaves of *Cicer arietinum* L. variety Budzak. The determination of photosynthetic pigments has been carried out in selected samples of leaves from the middle layer of chickpea plants by the method of their extagination with dimethyl sulfoxide, according to Welbourne, using the UIT SFU-0172 spectrophotometer. The number of photosynthetic pigments in the leaves has been found to depend on the phase of individual development of *Cicer arietinum* and the pre-sowing treatment of seeds with microbial preparations. The peak accumulation of chlorophylls a and b and their sum has been detected in the green bean phase, and carotenoids` peek has been detected during flowering. Both bacterial preparations contributed to the accumulation of chlorophylls in the leaves of chickpea. The complex microbial preparation Rhizogumin has increased the content of chlorophylls a, b, their sum, and carotenoids by 8.1–31.3%, 10.8–26.9%, 11.2–27.9%, and 2.3–9.7% on average in the phases of growth and development.

A statistically significant difference in the ratio of chloroplast pigments chlorophyll a/chlorophyll b in the leaves has been determined in the phases of flowering, end of flowering – beginning of bean formation, and beginning of bean ripening under the influence of BS and Rhizogumin. Seed treatment with Rhizogumin has significantly increased the ratio of the sum of chlorophylls (a+b) / carotenoids at the beginning of bean ripening, BS – in the flowering and end of flowering – beginning of bean formation phases.

Key words: *Cicer arietinum* L., chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids, ratio of pigments, inoculation, bacterial preparations.

Постановка проблеми та її актуальність. Сьогодні аграрний сектор України слугує основною сферою зайнятості населення та забезпечує

її продовольчу безпеку. Основне його завдання полягає у підвищенні продуктивності сільськогосподарського виробництва та збереженні ста-

лого розвитку. Вагоме значення в сучасному сільському господарстві належить органічному землеробству, яке характеризується використанням екологічно безпечних препаратів, позитивно впливає на вміст органіки в ґрунті й оздоровлює його [16], дає змогу отримати безпечну для життя і здоров'я людини продукцію.

На цей час особлива увага приділяється бобовим культурам, оскільки вони слугують дешевим джерелом білків [9, с. 21; 14, с. 538] і можуть забезпечити потреби людини в повноцінному харчуванні. Перспективною культурою для Західного Лісостепу, невибагливою до кліматичних умов і легко адаптованою є нут звичайний (*Cicer arietinum* L.).

C. arietinum є однією з бобових культур, зерно якої найбільше споживається у всьому світі. Серед переваг рослини варто зазначити показник високої концентрації білків у насінні – 17–29% [17], 24–32% [8; 11, с. 210], 34% [7, с. 20], що позначається не тільки на рівні харчування, але й на запасі активних пептидів. Не лише насіння, але й пагони, боби, шкаралупи та коренева система нуту виявилися природними вмістилищами антиоксидантних, протизапальних та антибактеріальних речовин [12, с. 142]. Зерно *C. arietinum* також багате макроелементами, зокрема калієм, кальцієм, натрієм, магнієм, і містить мікроелементи – купрум, ферум і цинк, які можуть оптимально забезпечити харчові потреби людини в мінералах [13, с. 1143; 18].

Основним фізіологічним процесом, що забезпечує формування продуктивності посівів, завдяки утворенню в рослині органічних речовин є фотосинтез. Проте проходження фотосинтетичних реакцій залежить від вмісту та співвідношення в листках пластидних пігментів, зокрема хлорофілів і каротиноїдів [3, с. 62]. Фотокаталізаторна дія хлорофілу *a* є визначальною в інтенсивності фотосинтезу, тому пігментний склад мезофілу листків суттєво впливає на реалізацію біологічного потенціалу всіх сільськогосподарських культур. Формування пігментного комплексу залежить від абіотичних, біотичних та антропогенних факторів, у тому числі й від застосування екологічно безпечних препаратів [4, с. 50; 15, с. 157]. Використання біологічних препаратів у землеробстві посилює у рослинах обмінні процеси, що сприяє наростанню надземної та підземної біомаси, формує оптимальний фотосинтетичний апарат з високим вмістом хлорофілів у листках [19, с. 263].

З огляду на зазначене вище дослідження фотосинтетичного апарату рослин є актуальним, оскільки може слугувати вагомим параметром для розробки перспективної технології культивування рослин.

Мета статті. Метою роботи було дослідити вплив передпосівної інокуляції насіння нуту зви-

чайного (*C. arietinum*) сорту Буджак *Mesorhizobium ciceri* ND-64 (БС) та Ризогуміном на вміст фотосинтетичних пігментів у листках рослин упродовж вегетаційного періоду.

Матеріали та методи. У дослідженні використовували нут звичайний сорту Буджак, який занесено до Реєстру сортів рослин України з 2008 року, рекомендовано для вирощування в зоні Степу. Зазначений сорт належить до середземноморського підвиду (subsp. *Mediterraneum* G. Pop), типу *kabuli*, різновиду *hispanico-flavescens* subvar. *Pisocarpum* G. Pop., є високоврожайним із значним вмістом білків у насінні (27–28%), середньостиглим (тривалість періоду вегетації – 90–94 днів), посухостійким, відносно стійким до фузаріозу й аскохітозу, характеризується напіврозкидистою формою куща, бежевим забарвленням зерна [7, с. 30]. Насіння нуту звичайного сорту Буджак отримали із Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства та сортовивчення (м. Одеса).

Дослідження проводили впродовж 2021–2023 років на чорноземі типовому важко-суглинистому агробіологічної лабораторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (ТНПУ) у трьох варіантах і чотирьох повтореннях. Насіння нуту звичайного контрольного варіанта (К) перед сівбою зволожували водою з водогону з розрахунку 2% від його маси, а дослідних – рідкими формами бактеріальної суспензії селекціонованого штаму *Mesorhizobium ciceri* ND-64 (БС) та Ризогуміну згідно з нормами виробника. Мікробні препарати отримали з Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України (м. Чернігів). Технологія вирощування культури нуту звичайного типова для Лісостепу України (норма висіву – 400 тис. насінин на 1 га, ширина міжрядь – 45 см, глибина сівби – 3–4 см, строк сівби – друга половина квітня).

Упродовж вегетації визначали вміст хлорофілів *a*, *b* і каротиноїдів у свіжозібраних листках середнього ярусу *C. arietinum* методом їх екстагування диметилсульфооксидом за Вельбурном [20, с. 307]. Коефіцієнти екстинкції отриманих розчинів вимірювали на спектрофотометрі UIT SFU-0172 за довжини хвиль: $\lambda = 649, 665, 480$. Обробка статистичних даних здійснювалася за допомогою комп'ютерної програми *Microsoft Excel*.

Результати дослідження. Науковці активно досліджують вплив біологічних препаратів на культурні рослини [6, с. 27]. В. М. Гавій, О. Б. Кучменко встановили ефективність передпосівної обробки насіння кукурудзи мікробним препаратом Поліміксобактерин, за якої вміст хлорофілів *a* і *b* у листках рослин перевищував показники контролю на 26,8% і 41,0% відповідно [2, с. 70].

В. П. Карпенко, І. І. Мостов'як та ін. виявили, що використання регулятора росту рослин Радостим і мікробного препарату Діазобактерин забезпечує зростання вмісту хлорофілів *a*, *b*, їхньої суми та каротиноїдів у фотосинтетичному апараті листків гречки. У варіанті сумісного застосування формується найбільша кількість хлорофілу *a*, що за двома фазами перевищує контроль на 30–40%; сума хлорофілів (*a+b*) – 30–33%; хлорофілу *b* – 15–31%; каротиноїдів – 24–29% [1, с. 85].

Встановлено, що використання мікробних препаратів на основі бульбочкових бактерій нуту впливало на формування фотосинтетичного апарату у рослин. Дослідження умісту хлорофілів *a*, *b*, їх суми (*a+b*) та каротиноїдів у листках рослин *C. arietinum* визначали у фазах цвітіння, кінець цвітіння – початок утворення бобів, зеленого бобу та на початку досягання бобів (табл. 1).

Результати дослідження показали, що у фазі цвітіння вміст хлорофілу *a*, *b*, їх суми та каротиноїдів за використання Ризогуміну був відповідно вищим порівняно з показниками контролю на 10,2%, 16,1%, 11,2% та 3,3% (табл. 1). Обробка насіння перед сівбою БС також статистично вірогідно впливала на накопичення хлорофілів *a* і *b*, а отже, на їх суми в 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 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 за показник 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% порівняно з неінокульованими рослинами. За вмістом хлорофілу *b* листки контрольних та інокульованих БС рослин суттєво не від-

різнялися між собою. У ґрунті дослідних ділянок наявні місцеві популяції *Mesorhizobium ciceri*, які спонтанно інокульовали корені нуту звичайного контрольного варіанта.

Варто зазначити, що формування фотосинтетичної системи залежить також від індивідуального розвитку рослин нуту звичайного [10, с. 50]. Показано, що найбільший вміст хлорофілів у листках рослин усіх варіантів досліді визначено у фазі зеленого бобу, основних каротиноїдів – під час цвітіння рослин. Це може бути наслідком активного проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів завдяки покращенню азотного живлення рослин нуту звичайного внаслідок фіксації молекулярного нітрогену симбіотичними системами, утвореними інтродукованими штамми бульбочкових бактерій нуту мікробних препаратів [5, с. 63].

У фазі зеленого бобу рослини дослідних варіантів характеризувалися найінтенсивнішим накопиченням хлорофілів *a* та *b* у листках *C. arietinum*, обидва препарати стимулювали формування фотосинтетичного апарату рослин. Достовірну різницю щодо контролю виявлено за накопиченням хлорофілу *a* на 5,2% (БС) та хлорофілів *a* і *b* – 8,1% і 10,8% (Ризогумін). На початку досягання бобів спостерігалася аналогічна закономірність стосовно накопичення зелених пігментів у листках. Уміст хлорофілів *a* і *b*, а отже, їх сума за обробки насіння бактеріальними препаратами збільшилися 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 вміст 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 у фазі досягання бобів була нижчою порів-

Таблиця 1

Вплив інокуляції на накопичення пігментів (мг/г сирової маси) у мезофілі листків *Cicer arietinum* L. сорту Буджак, M±m

Варіант	Хлорофіл а	Хлорофіл b	Хлорофіли (<i>a+b</i>)	Каротиноїди
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				
Контроль	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 за $P \leq 0,05$, $n = 4$.

няно 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.

Упродовж досліджуваного періоду залежно від варіанта досліду та фази росту й розвитку рослин спостерігалася тенденція до часткового зниження (контроль – фази цвітіння та початок досягання бобів; Ризогумін – фаза кінець цвітіння – початок утворення бобів) або підвищення показників співвідношення хлорофілу a / хлорофілу b (БС – фази кінець цвітіння – початок утворення бобів і 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. 2). Статистично вірогідну різницю за зазначеним вище параметром порівняно з контролем виявлено у фазах цвітіння, кінець цвітіння – початок утворення бобів і на початку досягання бобів за впливу БС та Ризогуміну.

Показники співвідношення хлорофілів ($a+b$) до каротиноїдів за використання БС статистично вірогідно не відрізнялися лише у фазі зеленого бобу, за впливу Ризогуміну лише на початку досягання бобів виявлено суттєву різницю. Це пояснюється тим, що мікробні препарати очевидно істотніше стимулювали процеси біосинтезу хлорофілів порівняно з каротиноїдами впродовж генеративних фаз розвитку рослин.

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

Висновки. На основі проведених досліджень встановлено, що в мезофілі листків рослин нуту звичайного сорту Буджак за передпосівної обробки насіння рідкою формою бактеріальної суспензії селекціонованого штаму *Mesorhizobium*

ciceri ND-64 та Ризогуміном статистично вірогідно підвищується вміст хлорофілів a , b та їх суми впродовж генеративних фаз розвитку рослин. За інокуляції поліпшується азотне живлення рослин унаслідок фіксації молекулярного нітрогену утвореними симбіотичними системами інтродукованих бульбочкових бактерій, що вплинуло на біосинтез хлорофілів. Комплексний мікробіологічний препарат Ризогумін порівняно з БС суттєвіше підвищував вміст зелених пігментів у листках нуту звичайного, що пояснюється наявністю у його складі, крім бульбочкових бактерій нуту, біологічно активних речовин, мікроелементів у хелатованій формі та стартових концентрацій макроелементів. За впливу мікробних препаратів здебільшого виявлено тенденцію до підвищення накопичення каротиноїдів у листках рослин.

Уміст фотосинтетичних пігментів у листках *C. arietinum* сорту Буджак залежить також від фази його індивідуального розвитку. Найвищим умістом хлорофілів характеризувалися листки 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 і на початку досягання бобів. В аналогічних фазах росту й розвитку рослин визначено суттєву різницю за показником співвідношення хлорофілів ($a + b$) до каротиноїдів за використання БС, за впливу Ризогуміну – лише на початку досягання бобів.

Оскільки застосування бактеріальної суспензії селекціонованого штаму *Mesorhizobium ciceri* ND-64 та Ризогуміну суттєво впливає на формування фотосинтетичної системи *C. arietinum* сорту Буджак, то зазначені препарати є перспективними елементами в технології вирощування нуту звичайного в умовах Західного Лісостепу України.

Таблиця 2

Вплив інокуляції на співвідношення пігментів хлоропластів у листках *C. arietinum* сорту Буджак, $M \pm m$

Варіант	Хл. a / Хл. b	Хл. ($a+b$) / каротиноїди
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 досягання 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 за $P \leq 0,05$, $n = 4$.

Література:

1. Вміст фотосинтетичних пігментів у листках гречки за дії біологічних препаратів / Карпенко В. П. та ін. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2021, Т. 81. № 1–2. С. 83–89.
2. Гавій В. М., Кучменко О. Б., Терещенко О. О. Вплив біопрепарату Поліміксобактерин та імунопротектора BAI-SI на вміст фотосинтетичних пігментів і урожайність кукурудзи. *Збірник наукових праць УНУС.* 2019. 95 (1). С. 65–75.
3. Гуляев Б. І. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліття : зб. наук. праць.* Київ, 2001. Т. 1. С. 60–74.
4. Карпенко В. П., Коробко О. О. Вплив гербіциду і біологічних препаратів на фотосинтетичну продуктивність і врожайність нуту. *Вісник аграрної науки Причорномор'я.* 2018. Вип. 4. С. 48–54.
5. 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.
6. Козак В. О., Пида С. В. Продуктивність сочевичі харчової (*Lens culinaris* Medik.) за впливу мікробних препаратів та фунгіцидів. *Фізіологія рослин і генетика.* 2024. Т. 56. № 1. С. 27–42. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2024.01.027>.
7. Колесніков М. О., Кадиров Т. Р. Рекомендації по вирощуванню нуту в умовах півдня України. Мелітополь : ТДАТУ. 2022. 44 с.
8. Лихочвор В. В., Пушак В. І. Вплив норм висіву та інтенсифікації технології на формування урожайності сортів нуту. *Вісник аграрної науки Причорномор'я.* 2021. Вип. 4. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4428/1/n97v1r2018lykhochvor.pdf>.
9. Метеликові боби (*Vigna aconitifolia*): якісні характеристики та технологія білкового ізоляту / Головка Т. М. та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів».* Вип. 2 (52). 2023. С. 21–27. DOI: <https://doi.org/10.32782/msnau.2023.2.4>.
10. 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: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.5>.
11. Тітова А. Є., Пузік В. К. Перспективи вирощування та використання нуту під час глобальних змін клімату. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодощовочівництво.* 2013. № 9. С. 210–214.
12. Biological activities of chickpea in human health (*Cicer arietinum* L.). A review / Faridy J.-C. M. et al. *Plant Foods Hum Nutr.* 2020. Vol. 75 (2). P. 142–153. DOI: [10.1007/s11130-020-00814-2](https://doi.org/10.1007/s11130-020-00814-2).
13. Characterization and compositional studies of oil from seeds of desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in pakistan / Zia-Ul-Haq M. et al. *Journal of the American Oil Chemists' Society.* 2007. Vol. 84. P. 1143–1148. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-007-1136-3>.
14. Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques / Boye J. I. et al. *Food Research International.* 2010. № 43. 537–546. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.021>.
15. Elkoca E., Kantar F., Fikretin S. Influence of Nitrogen Fixing and Phosphorus Solubilizing Bacteria on the Nodulation, Plant Growth, Yield of Chickpea. *Journal of Plant nutrition.* 2008. 31. 157–171.
16. Impact of organic and inorganic farming on soil quality and crop productivity for agricultural fields: A comparative assessment / Sahu H. et al. *Environmental Challenges.* Volume 15, April 2024, 100903. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100903>.
17. Nutritional composition, health benefits and bio-active compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.) / Begum N. et al. *Front Nutr.* 2023. Vol. 10.1218468. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37854353/>.
18. Nutritional constituent and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review / Wang J. et al. *Food Research International.* 2021. Vol. 150. Part A, 110790. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110790>.
19. Tatar O., Ozalkan C., Atasoy G. Partitioning of dry matter, proline accumulation, chlorophyll content and antioxidant activity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) plants under chilling stress. *Bulgarian Journal of Agricultural Science.* 2013. № 19. С. 260–265.
20. 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.

References:

1. Karpenko, V. P., Mostov' iak, I. I., Datsenko, A. A., Prytuliak, R. M., & Zabolotnyi, O. I. (2021). Vmist fotosyntetychnykh pihmentiv u lystkakh hrechky za dii biolohichnykh preparativ [The content of photosynthetic pigments in buckwheat leaves under the action of biological preparations]. *Nauk. zap. Ternop. nats. pед. un-tu. Ser. Biol. – Sciences. Zap. Ternopil. National. ped. Un-tu. Ser. Biol.*, 81, 1–2, 83–89 [in Ukrainian].
2. Havii, V. M., Kuchmenko, O. B., & Tereshchenko O. O. (2019). Vplyv biopreparatu Polimiksobakteryn ta imunoprotektora BAI-SI na vmist fotosyntetychnykh pihmentiv i urozhainist kukurudzy [Influence of the biological product Polymyxobacterin and immunoprotector BAI-SI on the content of photosynthetic pigments and corn yield]. *Zbirnyk naukovykh prats UNUS – Collection of scientific papers of UNUS*, 95 (1), 65–75 [in Ukrainian].
3. Huliaiev, B. I. (2021) Ekofiziolohiia fotosyntezy: dosiahnennia, stan ta perspektyvy doslidzhen [Ecophysiology of photosynthesis: achievements, status and research prospects]. *Fiziolohiia roslin v Ukraini na mezhi tysyacholittia: zb. nauk. Prats – Plant Physiology in Ukraine at the Turn of the Millennium: Collection scientific papers*, 1, 60–74 [in Ukrainian].

4. Karpenko, V. P., & Korobko, O. O. (2018). Vplyv biolohichno aktyvnykh rehovyn na rostovi protsesy roslyn nutu v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The influence of biologically active substances on the growth processes of chickpea plants in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Silskohospodarski nauky – Agricultural sciences*, 29, 17–24 [in Ukrainian].
5. Karpenko, V. P., & Prytuliak, R. M. (2014). Fiziolohichni zminy u roslynakh yachmeniu yarohe za dii biolohichno aktyvnykh rehovyn [Physiological changes in spring barley plants under the influence of biologically active substances]. *Visnyk Umanskooho NUSIO – Bulletin of Uman NUS*, 1, 60–65 [in Ukrainian].
6. Kozak, V. O., & Pyda, S. V. (2024). Produktivnist sochevychi kharchovoi (*Lens culinaris* Medik.) za vplyvu mikrobnnykh preparativ ta funhitsydiv [Productivity of lentils (*Lens culinaris* Medik.) under the influence of microbial preparations and fungicides]. *Fiziolohiia roslyn i henetyka – Physiology of plants and genetics*, 56, 1. 27–42. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2024.01.027> [in Ukrainian].
7. Kolesnikov, M. O., & Kadyrov, T. R. (2022). Rekomendatsii po vyroshchuvanniu nutu v umovakh pivdnia Ukrainy [Recommendations for growing chickpeas in southern Ukraine]. *Melitopol*, 44 [in Ukrainian].
8. Lykhochvor, V. V., & Pushchak, V. I. (2021). Vplyv norm vysivu ta intensyfikatsii tekhnolohii na formuvannia urozhainosti sortiv nutu [The influence of seeding rates and technology intensification on the formation of chickpea yields]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomorja – Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 4. Retrieved from: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4428/1/n97v1r2018lykho_chvor.pdf [in Ukrainian].
9. Holovko, T. M. (ed.) (2023). Metelykovi boby (*Vigna aconitifolia*): yakisni kharakterystyky ta tekhnolohiia bilkovoho izoliatu [Butterfly Beans (*Vigna aconitifolia*): Quality Characteristics and Protein Isolate Technology]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii Mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychyykh protsesiv – Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series Mechanization and Automation of Production Processes*, 2 (52), 21–27. DOI: <https://doi.org/10.32782/msnau.2023.2.4> [in Ukrainian].
10. Pyda, S. V., Chernik, I. V., & Tryhuba, O. V. (2024). Dynamika vmistu fotosyntetychnykh pihmentiv u lystkakh *Cicer arietinum* L. za vplyvu bakterialnykh preparativ [Dynamics of the content of photosynthetic pigments in the leaves of *Cicer arietinum* L. under the influence of bacterial preparations]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychyykh nauk – Ukrainian Journal of Natural Sciences*, 9, 46–55. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.5> [in Ukrainian].
11. Titova, A. Ye., & Puzik, V. K. (2013). Perspektyvy vyroshchuvannia ta vykorystannia nutu pid chas hlobalnykh zmin klimatu [Prospects for the cultivation and use of chickpeas during global climate change]. *Visnyk KhNAU. Seriiia : Roslynnystvo, selektsiia i nasinnystvo, plodoovochivnystvo – KHNAU Bulletin. Series: Crop production, selection and seed production, fruit and vegetable production*, 9, 210–214 [in Ukrainian].
12. Faridy, J.-C. M., Stephanie, C.-G. M., Gabriela, M.-M. O., & Cristian, J.-M. (2020). Biological Activities of Chickpea in Human Health (*Cicer arietinum* L.). A Review. *Plant Foods Hum Nutr.*, 75 (2), 142–153. DOI: 10.1007/s11130-020-00814-2.
13. Zia-Ul-Haq, M., Ahmad, M., Iqbal, S., Ahmad, S., & Ali, H. (2007). Characterization and Compositional Studies of Oil from Seeds of Desi Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars Grown in Pakistan. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2007. Vol. 84. P. 1143–1148. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-007-1136-3>.
14. Boye, J. I. (ed.) (2010). Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. *Food Research International*, 43, 537–546. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.021>.
15. Elkoca, E., Kantar, F., & Fikrettin, S. (2008). Influence of Nitrogen Fixing and Phosphorus Solubilizing Bacteria on the Nodulation, Plant Growth, Yield of Chickpea. *Journal of Plant nutrition*, 31, 157–171.
16. Sahu, H., Kumar, U., Mariappan, S., Mishra, A. P., & Kumar, S. (2024). Impact of organic and inorganic farming on soil quality and crop productivity for agricultural fields: A comparative assessment. *Environmental Challenges*, 15, 100903. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100903>.
17. Begum, N., Khan, Q. U., Liu L. G., Li, W., Liu, D., & Haq I. U. (2023). Nutritional composition, health benefits and bio-active compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Front Nutr.* 2023. Vol. 10.1218468. Retrieved from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37854353/>.
18. Wang, J., Li, Y., Li, A., Liu, R. H., Gao, X., Li D., Kou, X., & Xue, Z. (2021). Nutritional constituent and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. *Food Research International*, 150, A, 110790. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110790>.
19. Tatar, O., Ozalkan, C., & Atasoy, G. (2013). Partitioning of dry matter, proline accumulation, chlorophyll content and antioxidant activity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) plants under chilling stress. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19, 260–265.
20. Wellburn, A. P. (1994). The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as carotenoids using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *J. Plant. Physiol.*, 144 (3), 307–313.