

## СКРИНІНГ СУЧАСНИХ СОРТІВ НУТУ ЗА РЕАКЦІЄЮ НА БАКТЕРИЗАЦІЮ

О. В. Логоша<sup>1</sup>, Ю. О. Воробей<sup>1</sup>, Т. О. Усманова<sup>1</sup>, О. В. Бушулян<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН  
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14035, Україна; e-mail: olga.logosha94@gmail.com

<sup>2</sup>Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН  
пр-т Юності, 16, Вінниця, 21100, Україна; e-mail: bushulyan@ukr.net

**Мета.** Провести скринінг сучасних сортів нуту української селекції за реакцією на бактеризацію, виявити сорти, що характеризуються високими приростами показників симбіотичної активності та урожайності. **Методи.** Біотестування, газохроматографічний, польового досліду, статистичні. **Результати.** Реакцію на бактеризацію насіння нуту різних сортів вивчали в умовах польового досліду в південному регіоні України (Одеська обл.). Унаслідок інокуляції насіння нуту бактеріальною суспензією ефективного штаму *Mesorhizobium ciceri* ND-64 спостерігали істотне зростання показників нодуляційної активності. Найбільший приріст кількості бульбочок (51,6 % і 53 %) відзначено для сортів Одисей та Тріумф. За інокуляції насіння досліджуваним штамом також показано значне підвищення маси бульбочок сорту Тріумф (у 2,3 раза). У контрольних варіантах нітрогеназна активність у бульбочках рослин сорту Скарб була найвищою (425 нмоль  $C_2H_4$ /росл. за год), сорту Буджак — найнижчою (159 нмоль  $C_2H_4$ /росл. за год). Інокуляція насіння бактеріальною суспензією *M. ciceri* ND-64 сприяла значному зростанню досліджуваного показника у сортів Буджак, Пам'ять, Одисей та Тріумф. Останній характеризувався найбільш істотною реакцією на інокуляцію ефективним штамом за показниками нодуляційної та нітрогеназної активності. Для сорту Скарб за симбіотичними показниками відзначено найслабшу здатність відкликатися на інокуляцію. Максимальним значенням кількості насінин з рослини (18,5 од./рослину) характеризувався сорт Пам'ять. Проте унаслідок інокуляції насіння нуту *M. ciceri* ND-64 кількість насінин найбільшою мірою підвищилась у сорту Скарб і складала 28,7 од./рослину. За показниками маси насінин переважав сорт Тріумф (9,5 г/рослину). Урожайність всіх досліджуваних сортів нуту за бактеризації насіння *M. ciceri* ND-64 істотно переважала контрольні варіанти (без інокуляції) на 21–56 %. Найбільший приріст до контролю відзначено для сортів Тріумф (0,49 т/га) та Скарб (0,56 т/га). Здатність бульбочкових бактерій *M. ciceri* ND-64 до інтенсивного синтезу фітогормонів і формування вискоєфективного симбіозу з рослинами нуту різних сортів забезпечувала комплементарну взаємодію ризобій з рослинами та істотне підвищення урожайності культури. **Висновки:** За рахунок взаємодії з аборигенними бульбочковими бактеріями найбільшими показниками нодуляційної та нітрогеназної активності характеризувалися сорти Тріумф і Скарб, урожайності — Тріумф і Буджак. Скринінг сортів за реакцією на інокуляцію ефективним штамом *M. ciceri* ND-64 свідчить про зростання показників симбіотичної активності у сортів Тріумф, Буджак (крупнонасінні), Пам'ять (середньонасінний). Максимальну прибавку урожайності внаслідок інокуляції виявлено у сортів нуту Скарб і Тріумф. Бактерії *M. ciceri* ND-64 здатні до активного синтезу речовин фітогормональної природи, що сприяє ефективній взаємодії ризобій з рослинами нуту.

Ключові слова: бобово-ризобіальний симбіоз, сорти нуту, бульбочкові бактерії, *Mesorhizobium ciceri*.

**Вступ.** Значне збільшення площ вирощування нуту в світовому сільськогосподарському виробництві пояснюється високою посухостійкістю рослин та біологічною цінністю продукції [1; 2]. Насіння нуту за доступністю та кількістю амінокислот, особливо метіоніну та триптофану, переважає інші бобові. Висока поживна цінність та засвоюваність білка сприяють широкому використанню цієї культури в харчовій промисловості [3; 4].

Рослини нуту в симбіозі з бульбочковими бактеріями виду *Mesorhizobium ciceri* утворюють азотфіксувальні бульбочки та здатні засвоїти за вегетацію від 80 до 150 кг/га молекулярного азоту [5]. Формування та функціонування ефективного бобово-ризобіального симбіозу та отримання високих урожаїв цієї культури передбачає включення до технології вирощування передпосівної бактеризації насіння штамми *M. ciceri*.

Проте проблема підвищення продуктивності бобових культур повинна вирішуватися не лише шляхом селекції високоактивних штамів бульбочкових бактерій і вдосконаленням способів бактеризації, а й визначенням ролі рослини у формуванні ефективного симбіозу й проведенням селекції різних сортів за їхньою реакцією на інокуляцію ризобіями. Аналітична селекція штамів бульбочкових бактерій нуту та проведення скринінгу сортів за здатністю до формування високоєфективного симбіотичного апарату сприятиме поліпшенню азотного живлення рослин та підвищенню продуктивності культури. Тому особливої актуальності набуває вивчення міжсорткової мінливості рослин нуту за здатністю до симбіотичної азотфіксації та виявлення сортів з найвищою позитивною реакцією на бактеризацію.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідниками різних країн описано явище комплементарності — здатності до формування ефективно симбіотичної системи між активними штамми бульбочкових бактерій і бобовими рослинами певних сортів [6–8]. Селекціоновані штамми бульбочкових бактерій здатні утворювати симбіози різної ефективності залежно від сортів бобових культур [7]. Ступінь комплементарності бульбочкових бактерій до рослин-господарів певного сорту визначається відповідністю їхніх генотипів та сумісністю мікробних екзополісахаридів до рослинних ексудатів (лек-

тинів) [9–13]. У літературних джерелах описано спосіб підвищення ефективності симбіозу «*M. ciceri* – *C. arietinum*» шляхом комплементарного добору макро- і мікросимбіонтів [6–9]. Зважаючи на активну селекцію нових сортів нуту, яка проводиться в Україні та за кордоном [14–16], актуальним є вивчення їхньої здатності відкликатися на інокуляцію ефективними штамми ризобій.

**Мета досліджень.** Провести скринінг сучасних сортів нуту української селекції за реакцією на бактеризацію, виявити сорти, що характеризуються високими прибавками показників симбіотичної активності та урожайності.

**Матеріали та методи досліджень.** Польові дослідження проводили в зоні Степу на базі Селекційно-генетичного інституту — Національного центру насіннезнавства та сортовивчення (СГІ-НЦНС) у 2018 році.

Ґрунтовий покрив дослідних ділянок СГІ-НЦНС представлений південним середньогумусним важкосуглинистим чорноземом на лесових відкладеннях, який характеризується такими агрохімічними показниками: товщина гумусного шару — 40–50 см, вміст гумусу — 3,5–4,5 %; сума поглинутих основ — 40–45 мг-екв. на 100 г ґрунту; вміст доступних форм елементів живлення (в мг-екв. на 100 г ґрунту): 3–4 азоту, 10–15 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> та 20–30 K<sub>2</sub>O; реакція ґрунтового розчину — нейтральна або слаболужна (рН сольової витяжки — 6,0–7,2).

Облікова площа ділянок польових дослідів складала 10 м<sup>2</sup>. Повторність дослідів 4-разова, розміщення варіантів рендомізоване. Протруйники та гербіциди не застосовували, бур'яни знищували вручну.

Для інокуляції насіння нуту використовували суспензію бактерій, які вирощували на качалці за 220 об./хв. протягом трьох діб. Для культивування ризобій використовували живильне середовище такого складу (г/л): (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — 1,0; K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> — 0,5; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> — 0,5; MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O — 0,2; CaCO<sub>3</sub> — 1,0; сахароза — 10,0; відвар гороху — 100 мл, H<sub>2</sub>O — 900 мл, рН 6,8–7,0. Бактеріальне навантаження становило 10<sup>6</sup> клітин/насініну. Концентрацію визначали в камері Горяєва. Насіння контрольного варіанту зволожували водою (1–1,5 % від маси) [17].

Здатність ризобій нуту продукувати біологічно активні речовини вивчали за допо-

могою біотестів на колеоптилях пшениці, сім'ядолях огірка та мезокотиліях кукурудзи згідно з методичними рекомендаціями [18] та методами визначення фітогормонів, інгібіторів росту, дефоліантів і гербіцидів [19].

Нітрогеназну активність бульбочок визначали ацетиленовим методом [20]. Для цього відбирали по 5–10 рослин з кожної повторності досліджуваних варіантів. Корені рослин відрізали, поміщали у флакони ємністю 100 см<sup>3</sup> та герметично закривали гумовими пробками. Вводили ацетилен та інкубували протягом двох годин. Після закінчення строку інкубації зразки аналізували на газовому хроматографі «Chrom-4» з полум'яно-іонізаційним детектором. Колонка довжиною 370 см заповнена хромосорбом з  $\beta'$ - $\beta'$ -оксидипропіонітрилом. Температура термостату — 50 °С, газ-носії — азот, витрата газів (в мл/хвилину): водню — 30, азоту — 100, повітря — 500.

У дослідженнях використовували виробничий штам *Mesorhizobium ciceri* Н-12 [21] і новий ефективний штам бульбочкових бактерій *Mesorhizobium ciceri* ND-64 [22] та насіння нуту (*Cicer arietinum*) сортів Адмірал, Одисей, Буджак, Тріумф, Пам'ять, Скарб, отримане з СГІ-НЦНС. Вказані сорти нуту є офіційно зареєстрованими та пристосованими до ґрунтово-кліматичних умов України, придатні до інтенсивної технології вирощування й мають достатній рівень толерантності до основних хвороб [23].

Обробку експериментальних даних здійснювали за допомогою методів математичної статистики та з використанням комп'ютерної програми Statistica 6.0 та ANOVA1.

**Обговорення результатів.** На дослідних полях СГІ-НЦНС нут вирощується понад 20 років, тому у ґрунті вже сформувалась популяція бульбочкових бактерій цієї культури. У фазу цвітіння рослин на коренях у контрольному варіанті формувалися бульбочки — від 8,6 до 15,7 од./рослину, масою 108,9 — 180,8 мг/рослину (табл. 1). Найбільша кількість бульбочок утворювалася на коренях нуту сортів Скарб і Тріумф, останній характеризувався й найвищим показником маси бульбочок.

Унаслідок інокуляції насіння нуту бактеріальною суспензією ефективного штаму *M. ciceri* ND-64 спостерігали істотне зростання показників нодуляційної активності. Найбільші прирости кількості бульбочок (51,6 % і 53 %) відзначено для сортів Одисей та Тріумф. За інокуляції насіння досліджуваним штамом показано також значне підвищення маси бульбочок сорту Тріумф (у 2,3 раза).

У контрольних варіантах нітрогеназна активність бульбочок сорту Скарб була найвищою (425 нмоль С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub>/роsl. за год.), сорту Буджак — найнижчою (159 нмоль С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub>/роsl. за год.) (табл. 2).

Проте інокуляція насіння бактеріальною суспензією *M. ciceri* ND-64 сприяла істотному

Таблиця 1. Нодуляційна активність нуту різних сортів

Сорти нуту	Варіанти дослідів	Кількість бульбочок, од./рослину	% до контролю	Маса бульбочок, г/рослину	% до контролю
Скарб	Контроль (Без інокуляції)	14,0 ± 0,3	–	108,9 ± 2,2	–
	Інокуляція <i>M. ciceri</i> ND-64	15,3 ± 0,2	9,3	133,3 ± 2,8	22,4
Адмірал	Контроль (Без інокуляції)	11,6 ± 0,5	–	127,2 ± 1,5	–
	Інокуляція <i>M. ciceri</i> ND-64	14,8 ± 0,4	27,6	170,0 ± 5,8	33,6
Одисей	Контроль (Без інокуляції)	10,0 ± 0,7	–	115,6 ± 2,1	–
	Інокуляція <i>M. ciceri</i> ND-64	15,3 ± 0,2	53,0	144,7 ± 3,6	25,2
Буджак	Контроль (Без інокуляції)	8,6 ± 0,5	–	118,3 ± 3,0	–
	Інокуляція <i>M. ciceri</i> ND-64	12,1 ± 0,7	40,7	154,2 ± 5,1	30,3
Тріумф	Контроль (Без інокуляції)	15,7 ± 0,6	–	180,8 ± 4,6	–
	Інокуляція <i>M. ciceri</i> ND-64	23,8 ± 0,7	51,6	417,5 ± 12,2	130,9
Пам'ять	Контроль (Без інокуляції)	10,3 ± 0,5	–	126,7 ± 2,8	–
	Інокуляція <i>M. ciceri</i> ND-64	14,9 ± 1,0	44,7	235,0 ± 6,0	85,5

Таблиця 2. Нітрогеназна активність симбіотичного апарату нуту різних сортів

Сорт	Варіант	НА, нмоль С <sub>2</sub> Н <sub>4</sub> /росл. за год.	Кратність підвищення показника до контролю
Скарб	Контроль (Без інокуляції)	425 ± 3	–
	Інокуляція <i>M. ciceri</i> ND-64	638 ± 7	1,5
Адмірал	Контроль (Без інокуляції)	172 ± 2	–
	Інокуляція <i>M. ciceri</i> ND-64	870 ± 21	5,1
Одисей	Контроль (Без інокуляції)	240 ± 5	–
	Інокуляція <i>M. ciceri</i> ND-64	1125 ± 16	4,7
Буджак	Контроль (Без інокуляції)	159 ± 2	–
	Інокуляція <i>M. ciceri</i> ND-64	1303 ± 28	8,2
Тріумф	Контроль (Без інокуляції)	333 ± 38	–
	Інокуляція <i>M. ciceri</i> ND-64	1625 ± 43	4,9
Пам'ять	Контроль (Без інокуляції)	205 ± 10	–
	Інокуляція <i>M. ciceri</i> ND-64	1400 ± 22	6,8

зростанню досліджуваного показника. Так, найвищою нітрогеназною активністю характеризувалися бульбочки, утворені на коренях нуту сортів Тріумф та Пам'ять. Найбільші показники отримано за інокуляції насіння сортів Буджак, Пам'ять, Одисей та Тріумф. Варто зазначити, що сорт Скарб за показниками нодуляційної та нітрогеназної активності характеризувався слабкою реакцією на інокуляцію ефективним штамом. Найбільшою мірою відкликалися на інокуляцію ефективним штамом рослини нуту сорту Тріумф.

Отже, активний симбіоз формується за вирощування рослин нуту на фоні абориген-

ної популяції ризобій цієї культури в ґрунті. Проте симбіотичні показники за обробки насіння ефективним штамом *M. ciceri* ND-64 істотно перевищують ці значення у контрольних варіантах.

Використання високоефективних бульбочкових бактерій нуту у технологіях вирощування цієї культури забезпечує реалізацію симбіотичного потенціалу рослин, і як результат — зростання продуктивності культури [24]. Встановлено, що для сортів Скарб, Адмірал та Одисей середня кількість насінин з рослини складала 13,0–13,7 од./рослину (рис. 1). Дещо вищим цей показник був для сортів Буджак, Тріумф (15,2 і 16,3 од./рос-

Кількість насінин,  
одиниць/рослину

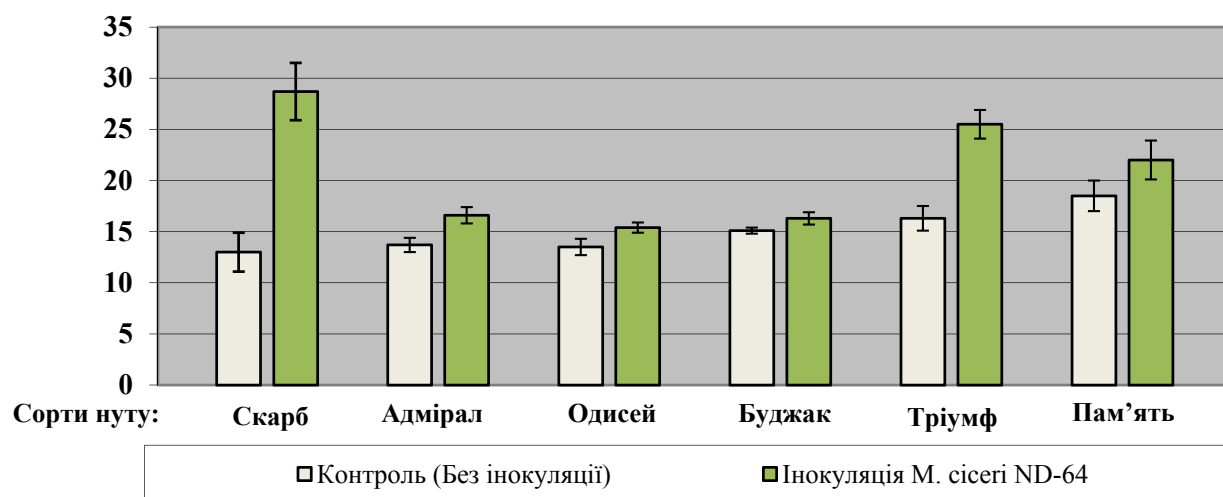


Рис. 1. Вплив інокуляції насіння нуту різних сортів бактеріальною суспензією *M. ciceri* ND-64 на кількість насінин з рослини.

лину) і максимальним значенням (18,5 од./роślinу) характеризувався сорт Пам'ять. Проте внаслідок інокуляції насіння нуту *M. ciceri* ND-64 кількість насінин найбільшою мірою підвищилась у варіанті з сортом Скарб і складала 28,7 од./роślinу. За показниками маси насінин переважав сорт Тріумф (9,5 г/роślinу) (рис. 2).

Урожайність усіх досліджуваних сортів нуту за бактеризації насіння *M. ciceri* ND-64 істотно перевищувала контрольні варіанти (без інокуляції) — на 21–56 % (рис. 3). Використання для бактеризації насіння ефективного штаму *M. ciceri* ND-64 забезпечило отримання найбільших показників урожайності у варіантах з використанням сортів Скарб, Одисей, Буджак, Тріумф. Найбільший приріст до контролю показано для сортів Тріумф

(0,49 т/га) та Скарб (0,56 т/га).

Порівняння результатів вивчення реакції сортів за симбіотичною активністю й за урожайністю показало істотну різницю між цими показниками. Прирости нодуляційної та нітрогеназної активності у сорту Скарб в результаті інокуляції були найнижчими, проте прибавка урожайності цього сорту виявилася найвищою. У зв'язку з цим виникла потреба у визначенні механізму позитивної дії інокуляції насіння нуту сорту Скарб ефективним штамом *M. ciceri* ND-64. З цією метою визначали здатність ризобій до синтезу біологічно активних речовин, оскільки відомо, що мікроорганізми, які перебувають у симбіозі з рослинами, здатні до синтезу фітогормонів і використовують їх як посередників у взаємодії з рослиною [25].

**Маса насінин,  
г/роślinу**

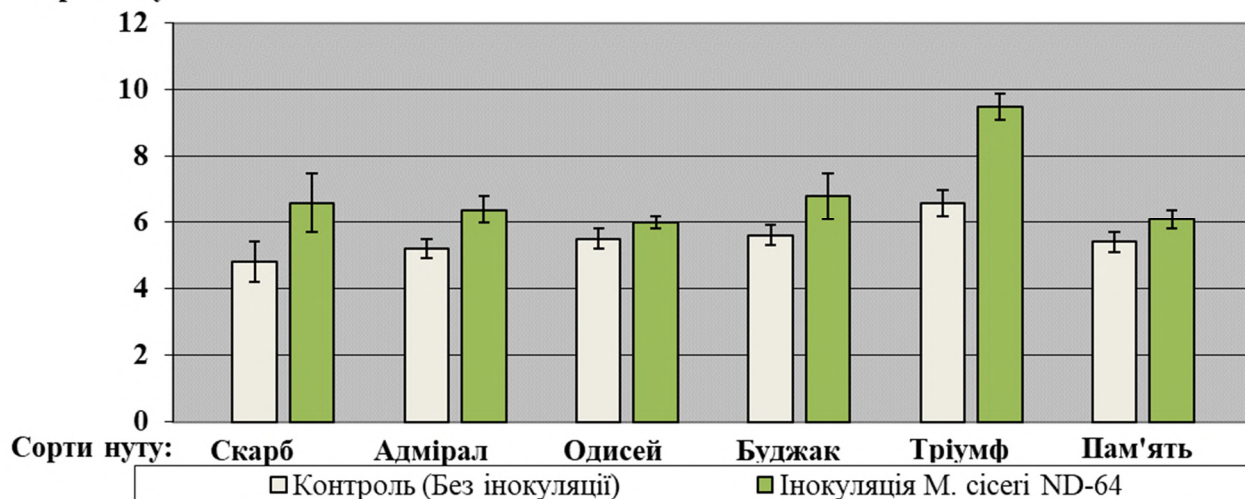


Рис. 2. Вплив інокуляції насіння нуту різних сортів бактеріальною суспензією *M. ciceri* ND-64 на масу насінин.

**Урожайність,  
т/га**

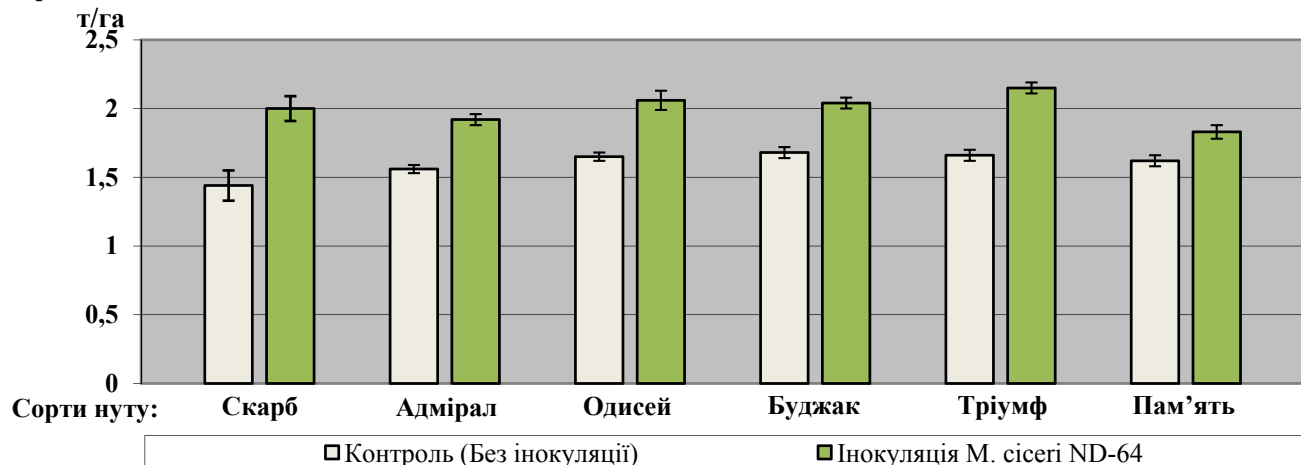


Рис. 3. Вплив інокуляції насіння нуту різних сортів бактеріальною суспензією *M. ciceri* ND-64 на врожайність.

Відомо, що індоліл-3-оцтова кислота (ІОК) у рослинному організмі впливає на поділ та диференціювання клітин, регулює формування провідних пучків, сприяє утворенню й потовщенню бічних коренів [26]. Тож її наявність серед бактеріальних метаболітів є надзвичайно бажаною.

Використання в досліді суспензії бактерій *M. ciceri* Н-12 у розбавленні 1 : 10 не забезпечувало значного приросту довжини колеоптилів (до 0,7 %) (рис. 4). За розбавлення 1 : 50 – 1 : 1000 цей показник становив від 3,3 % до 12,6 % щодо контролю. Приріст довжини колеоптилів за дії *M. ciceri* ND-64 був найбільшим і становив від 13 % (1 : 10) до 20 % (1 : 1000).

Відомо, що цитокініни сприяють регуляції поділу та диференціації клітин [27]. Нами показано, що за високих концентрацій бактеріальної суспензії (1 : 10 – 1 : 50) досліджувані штами пригнічували приріст маси етиольованих сім'ядольних листків, що свідчить про наявність значної кількості метаболітів у культуральній рідині ризобій (рис. 5). За використання суспензії бактерій у розбавленні 1 : 500 і 1 : 1000 виявлено значну відмінність між досліджуваними штамми. Так, найбільший приріст маси сім'ядолей огірка спостерігали за концентрації *M. ciceri* ND-64 1 : 1000 — він становив 50 %, тоді як приріст у варіанті з референтним штамом *M. ciceri* Н-12 за такої концентрації складав 32 %.

% до контролю

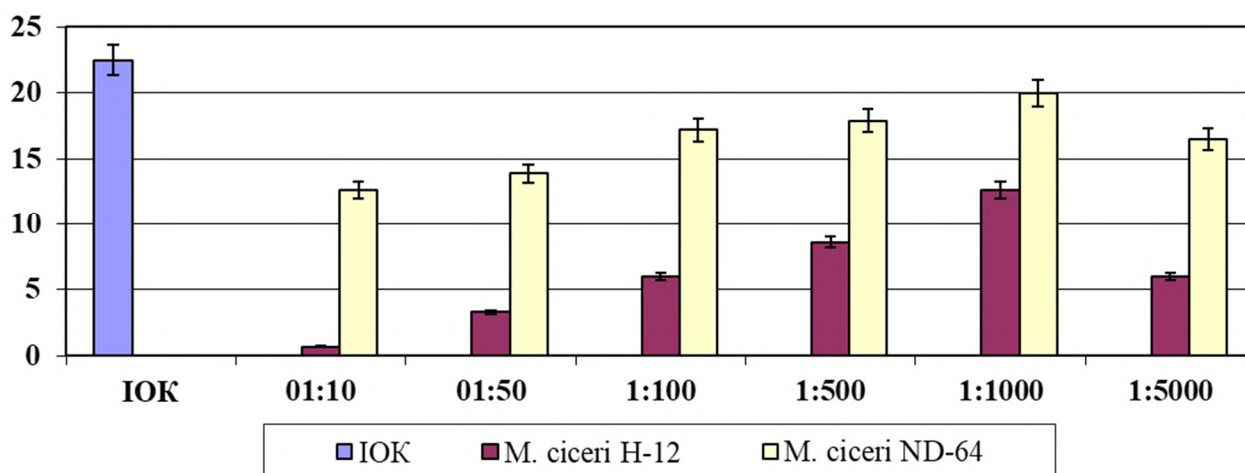


Рис. 4. Ауксинова активність бактерій *M. ciceri* (біотест — колеоптілі пшениці озимої сорту Подолянка).

% до контролю

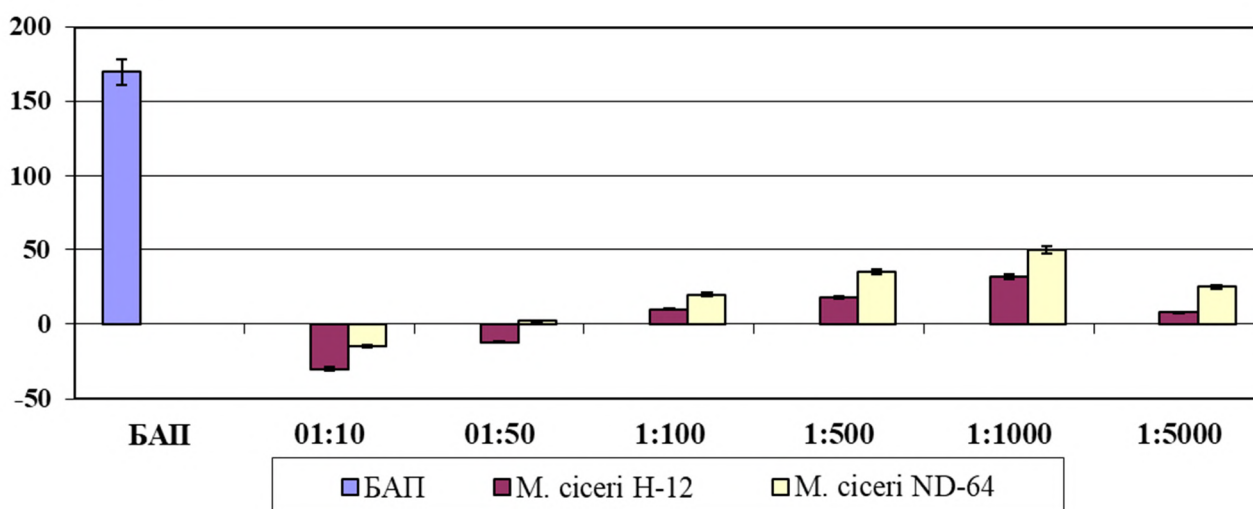


Рис. 5. Цитокінінова активність бактерій *M. ciceri* (біотест — сім'ядолі огірка сорту Джерело).

Дослідження здатності штамів ризобій до синтезу гіберелінів проводили на мезокотиліях кукурудзи гібриду Сюрприз. Показано, що референтний штам *M. ciceri* Н-12 найвищу гіберелінову активність виявляв за розбавлення 1 : 50, приріст довжини мезокотилів становив 19 % (рис. 6). Обробка мезокотилей кукурудзи суспензією штаму *M. ciceri* ND-64 за концентрації 1 : 500 сприяла збільшенню їх довжини на 23 %.

Отже, аналіз результатів біотестів показав, що штам *M. ciceri* ND-64 характеризується активним синтезом речовин ауксинової, цитокінінової та гіберелінової природи. Вірогідно, саме здатність до інтенсивного синтезу фітогормонів досліджуваним штамом забезпечила таку ефективну комплементарну взаємодію в симбіотичній системі «*M. ciceri* ND-64 – рослини нуту», і як результат — істотне підвищення урожайності цієї культури.

**Висновки.** Здатність різних сортів нуту відкликатися на інокуляцію вивчали на дослідних полях СГІ-НЦНС, де у ґрунті сформовано активну популяцію бульбочкових бактерій цієї культури. Серед шести досліджуваних сортів нуту української селекції найбільшими показниками нодуляційної та нітрогеназної активності характеризувалися сорти Триумф і Скарб, найвищою урожайністю — Триумф і Буджак.

Показники нодуляційної та нітрогеназної активності за інокуляції насіння суспензією ефективного штаму *M. ciceri* ND-64 істотно перевищують відповідні значення у

контрольних варіантах.

Скринінг сортів за реакцією на інокуляцію ефективним штамом *M. ciceri* ND-64 свідчить про зростання показників симбіотичної активності у сортів Триумф, Буджак (крупнонасінні), Пам'ять (середньонасінний). Максимальну прибавку урожайності внаслідок інокуляції насіння отримано у варіантах із сортами нуту Скарб і Триумф.

Мінімальні прирости симбіотичних показників і максимальний показник урожайності сорту Скарб унаслідок бактеризації можна пояснити здатністю бульбочкових бактерій нуту *M. ciceri* ND-64 до активного синтезу речовин фітогормональної природи.

#### ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Gangola M. P., Båga M., Gaur P. M., Chibbar R. N. Chickpea — nutritional quality and role in alleviation of global malnourishment. *Legume Perspectives*. 2014. № 3. P. 33–35.
2. Merga B., Haji J. Economic importance of chickpea: Production, value, and world trade. *Cogent Food & Agriculture*. 2019. Vol. 5. № 1. P. 1–12.
3. Rachwa-Rosiak D., Nebesny E., Budryn G. Chickpeas — composition, nutritional value, health benefits, application to bread and snacks: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2015. Vol. 55. № 8. P. 1137–1145.
4. Холодова О. Ю. Характеристика поживних властивостей нуту та сучасний стан його використання у харчовій промисловості. *Товарознавство та інновації*. 2011. Вип. 3. С. 165–170.
5. Andrews M., Andrews M. E. Specificity in Legume-Rhizobia Symbioses. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017. Vol. 18. №4. P. 705.

% до контролю

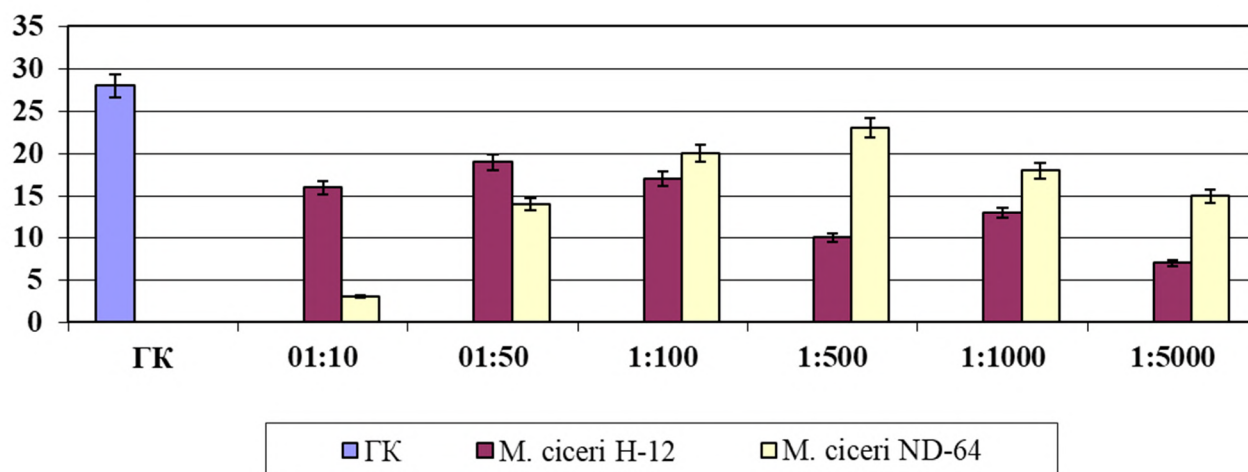


Рис. 6. Гіберелінова активність бактерій *M. ciceri* (біотест — мезокотилі кукурудзи гібриду Сюрприз).

6. Логоша О. В., Воробей Ю. О., Волкова І. В., Усманова Т. О. Штам *Mesorhizobium ciceri* ND-64 — ефективний мікросимбіонт нуту сучасних сортів. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2020. Вип. 32. С. 3–17.
7. Січкара В. І., Хухлаєв І. І., Бушулян О. В. та ін. Інтенсифікація азотфіксуючого потенціалу зернобобових культур шляхом комплементарного добору макро- і мікросимбіонтів. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер.: Біологія*. 2014. Вип. 3 (60). С. 165–169.
8. Duchene O., Vian J.-F., Celette F. Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. *A review. Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017. Vol. 240. P. 148–161.
9. Проворов І. А. Взаимосвязь между таксономией бобовых и специфичностью их взаимодействия с клубеньковыми бактериями. *Ботанический журнал*. 1992. Т. 77. № 8. С. 21–32.
10. Pandey R. P., Srivastava A. K., Gupta V. K., O'Donovan A., Ramteke P. W. Enhanced yield of diverse varieties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) by different isolates of *Mesorhizobium ciceri*. *Environmental Sustainability*. 2018. Vol. 1(4). P. 425–435.
11. Zaman S., Abdul Mazid M., Kabir G. Effect of *Rhizobium* inoculant on nodulation, yield and yield traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in four different soils of Greater Rajshahi. *Journal of Life and Earth Science*. 2011. Vol. 6. P. 45–50.
12. Hirsch A. M. Role of lectins (and rhizobial exopolysaccharides) in legume nodulation. *Current Opinion in Plant Biology*. 1999. Vol. 2. № 4. P. 320–326.
13. Кириченко Е. В. Комплементарное взаимодействие лектинов бобовых растений с суспензиями клубеньковых бактерий как один из показателей специфичности симбионтов. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2004. Т. 36. № 4. С. 301–306.
14. Yadav S., Shah V., Mod B. Genetic diversity analysis between different varieties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) using SSR markers. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*. 2019. Vol. 7. № 2. P. 236–242.
15. Olike E., Abera S., Fikre A. (2019). Physicochemical properties and effect of processing methods on mineral composition and antinutritional factors of improved chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties grown in Ethiopia. *International Journal of Food Science*. 2019. P. 1–7.
16. Бушулян О. В. Створення та впровадження у виробництво посухостійких сортів нуту. *Збірник наукових праць СГІ-НЦНС*. 2015. Вип. 26 (66). С. 33–40.
17. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К. : НІЧЛАВА, 2003. 320 с.
18. Кефели В. И., Турецкая Р. Х., Коф Э. М., Власов В. П. Определение биологической активности свободных ауксинов и ингибиторов роста в растительном материале. Методы определения фитогормонов, ингибиторов роста, дефолиантов и гербицидов. М. : Наука, 1973. С. 7–21.
19. Методические рекомендации по определению фитогормонов. АН УССР, Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного. Киев : Ин-т ботаники, 1988. 78 с. С. 41–45.
20. Hardy R. W. F., Holsten R. D., Jackson E. K., Burns R. C. The acetylene-ethylene assay for nitrogen fixation: laboratory and field evaluation. *Plant Physiology*. 1968. Vol. 43. № 8. P. 1185–1207.
21. Штам бульбочкових бактерій *Mesorhizobium ciceri* Н-12, активний симбіотичний азотфіксатор, який використовують для приготування бактеріального препарату, що підвищує врожайність нуту: пат. 17664 Україна, МПК С 12 N 1/00, С 12 P 1/04, М. З. Толкачов, С. В. Дідович, І. О. Каменєва; заявник і патентовласник: Південний філіал Інституту сільськогосподарської мікробіології УААН; заявл. 13.03.06; опубл. 16.10.06, Бюл. № 10.
22. Штам бульбочкових бактерій *Mesorhizobium ciceri* ND-64 (ІМВ-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.
23. Бушулян О. В., Січкара В. І. Сучасна технологія вирощування нуту. Методичні рекомендації. СГІ-НЦНС. 2011. 31 с.
24. 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. Т. XXVII. I. 1. P. 55–58.
25. Леонова Н. О., Данкевич Л. А., Драгвоз І. В., Патица В. П., Іутинська Г. О. Синтез позаклітинних фітогормонів-стимуляторів бульбочковими та фітопатогенними бактеріями сої. *Доповіді Національної академії наук України*. 2013. Вип. 3. С. 165–171.
26. Надкернична О. В. Азотфіксуючі мікробно-рослинні симбіози. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2005. Вип. 1–2. С. 105–127.



Отримано 21.04.2021

<https://doi.org/10.35868/1997-3004.33.44-54>

UDC 579.262:631.847.211:635.657

## SCREENING OF MODERN CHICKPEA VARIETIES BY RESPONSE TO BACTERIZATION

O. V. Lohosha<sup>1</sup>, Yu. O. Vorobei<sup>1</sup>, T. O. Usmanova<sup>1</sup>, O. V. Bushulian<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv  
e-mail: olga.logosha94@gmail.com

<sup>2</sup>Institute of Feed Research and Agriculture of Podillia, NAAS, Vinnytsia  
e-mail: bushulyan@ukr.net

**Objective.** To screen modern varieties of chickpeas of Ukrainian selection by the response to bacterization, to identify varieties characterized by high increases in symbiotic activity and yield. **Methods.** Biotesting, gas-chromatographic, field experiment, statistical. **Results.** The response to bacterization of chickpea seeds of different varieties was studied in a field experiment in the southern region of Ukraine (Region of Odesa). As a result of inoculation of chickpea seeds with a bacterial suspension of an effective strain of *Mesorhizobium ciceri* ND-64, a significant increase in nodulation activity was registered. The highest increase in the number of nodules (51.6 % and 53 %) was reported for the varieties *Odysei* and *Triumpf*. Upon seed inoculation with the studied strain, a significant increase in the weight of nodules of the *Triumpf* variety (2.3 times) was shown. In the control variants, the nitrogenase activity in the nodules of *Skarb* variety plants was the highest (425 nmol C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/plant per hour), and in the *Budzhak* variety it was the lowest (159 nmol C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/plant per hour). Inoculation of seeds with bacterial suspension of *M. ciceri* ND-64 contributed to a significant increase in the studied parameter in the varieties *Budzhak*, *Pamiat*, *Odysei* and *Triumpf*. The latter was characterized by the most significant response to inoculation with an effective strain in terms of nodulation and nitrogenase activity. Symbiotic parameters showed the weakest ability to respond to inoculation in terms of symbiotic parameters in *Skarb* variety. *Pamiat* variety was characterised by the maximum number of seeds per plant (18.5 units/plant). However, as a result of inoculation of chickpea seeds with *M. ciceri* ND-64, the number of seeds increased the most in the variety *Skarb* and amounted to 28.7 units/plant. In terms of seed weight, the *Triumph* variety was superior (9.5 g/plant). The yield of all studied varieties of chickpeas after bacterization of seeds with *M. ciceri* ND-64 significantly exceeded the control variants (without inoculation) by 21–56 %. The highest increase in control was observed for the varieties *Triumph* (0.49 t/ha) and *Skarb* (0.56 t/ha). The ability of nodule bacteria *M. ciceri* ND-64 to intensive synthesis of phytohormones and the formation of highly effective symbiosis with chickpea plants of different varieties provided a complementary interaction of rhizobia with plants and a significant increase in crop yield. **Conclusion:** Due to the interaction with aboriginal nodule bacteria, the highest parameters of nodulation and nitrogenase activity were typical for the varieties *Triumpf* and *Skarb*, yields for *Triumpf* and *Budzhak*. Screening of varieties by the response to inoculation with an effective strain of *M. ciceri* ND-64 indicates an increase in symbiotic activity in varieties *Triumpf*, *Budzhak* (large-seeded), *Pamiat* (medium-seeded). The maximum increase in yield as a result of inoculation was found in chickpea varieties *Skarb* and *Triumpf*. *M. ciceri* ND-64 are capable of active synthesis of substances of phytohormonal nature, which contributes to the effective interaction between rhizobia and chickpea plants.

Key words: bean-rhizobial symbiosis, chickpea varieties, nodular bacteria, *Mesorhizobium ciceri*.

## REFERENCES

- Gangola, M., Båga, M., Gaur, P., & Chibbar, R. (2014). Chickpea — nutritional quality and role in alleviation of global malnourishment. *Legume Perspectives*, 3, P. 33–35.
- Merga, B., & Haji, J. (2019). Economic importance of chickpea: Production, value, and world trade. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1615718>
- Rachwa-Rosiak, D., Nebesny, E., & Budryn, G. (2015). Chickpeas — Composition, Nutritional Value, Health Benefits, Application to Bread and Snacks: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(8), 1137–1145. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.687418>
- Holodova, O. (2011). Charakterystyka pozhyvnyh vlastyvostej nutu ta suchasnyj stan jogo vykorystannja u harchovij promyslovosti [Characteristics of nutritional properties of chickpeas and the current state of its use in the food industry]. *Tovarovnavstvo ta innovacii* — *Commodity science and innovation*, 3, 165–170 [in Ukrainian].
- Andrews, M., & Andrews, M. E. Specificity in Legume-Rhizobia Symbioses. (2017). *International Journal of Molecular Sciences*, 18(4), 705. <https://doi.org/10.3390/ijms18040705>
- Logosha, O. V., Vorobej, Ju. O., Volkova, I. V., & Usmanova, T. O. (2020). Shtam Mesorhizobium ciceri ND-64 — efektyvnyj mikrosymbiont nutu suchasnyh sortiv [Mesorhizobium ciceri ND-64 strain — effective microsymbiont of modern chickpea varieties]. *Sil's'kogospodars'ka mikrobiologija* — *Agricultural Microbiology*, 32, 3–17 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.32.3-17>
- Sichkar, V. I., Huhlajej, I. I., Bushuljan, O. V., Didovich, S. V., Kobljaj, S. V., Lavrova, G. D., Ganzhelo, O. I. (2014). Intensifikacija azotfiksuval'nogo potencialu zernobobovih kul'tur shljahom komplementarnogo doboru makro- i mikrosymbiontiv [Intensification of nitrogen-fixing potential of legumes by complementary selection of macro- and microsymbionts]. *Naukovi zapiski Ternopil's'kogo nacional'nogo pedagogichnogo universitetu. Serija: Biologija* — *Scientific Notes of Ternopil National Pedagogical University. Series: Biology*, 3(60), 165–169 [in Ukrainian].
- Duchene, O., Vian, J.-F., & Celette, F. (2017). Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 240, 148–161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.019>
- Provorov, I. A. (1992). Vzaimosvjaz' mezdu taksonomiej bobovyh i specifichnost'ju ih vzaimodejstvija s kluben'kovymi bakterijami [The relationship between the taxonomy of legumes and the specificity of their interaction with nodule bacteria]. *Botanicheskij zhurnal — Botanical journal*, 77(8), 21–32 [in Russian].
- Pandey, R. P., Srivastava, A. K., Gupta, V. K., O'Donovan, A., & Ramteke, P. W. (2018). Enhanced yield of diverse varieties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) by different isolates of *Mesorhizobium ciceri*. *Environmental Sustainability*, 1(4), 425–435. <https://doi.org/10.1007/s42398-018-00039-9>
- Zaman, S., Mazid, M. A., & Kabir, G. (1970). Effect of rhizobium inoculant on nodulation, yield and yield traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in four different soils of greater rajshahi. *Journal of Life and Earth Science*, 6, 45–50. <https://doi.org/10.3329/jles.v6i0.9720>
- Hirsch, A. M. (1999). Role of lectins (and rhizobial exopolysaccharides) in legume nodulation. *Current Opinion in Plant Biology*, 2(4), 320–326. [https://doi.org/10.1016/s1369-5266\(99\)80056-9](https://doi.org/10.1016/s1369-5266(99)80056-9)
- Kirichenko, E. V. (2004). Komplementarnoє vzaimodeystvie lektinov bobovykh rastenij s suspenzijami kluben'kovykh bakterij kak odin iz pokazatelej spetsifichnosti simbiotov [Complementary interaction of legume lectins with suspensions of nodule bacteria as one of the indicators of symbiont specificity]. *Fiziologija i biokhimiya kulturnykh rastenij* — *Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 36(4), 301–306 [in Russian].
- Yadav, S., Shah, V., & Mod, B. (2019). Genetic Diversity Analysis between Different Varieties of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Using SSR Markers. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 7(2), 236–242. <https://doi.org/10.3126/ijasbt.v7i2.24634>
- Olika, E., Abera, S., & Fikre, A. (2019). Physicochemical Properties and Effect of Processing Methods on Mineral Composition and Antinutritional Factors of Improved Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Varieties Grown in Ethiopia. *International Journal of Food Science*, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2019/9614570>
- Bushuljan, O. V. (2015). Stvorennja ta vprovadzhennja u vyrobnyctvo posuhostijkyh sortiv nutu [Creation and introduction of drought-resistant chickpea cultivars]. *Zbirnyk naukovykh prac' SGINCNS — Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigations*, 26(66), 33–40 [in Ukrainian].
- Gricayenko, Z. M., Gricayenko, A. O., & Karpenko, V. P. (2003). *Metodi biologichnih ta agrohimičnih doslidzen' roslin i gruntiv* [Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils]. Kyiv: NICH LAVA [in Ukrainian].
- Kefeli, V. I., Tureckaja, R. X., Kof, Je. M., & Vlasov, V. P. (1973). *Opređenje biologicheskoy aktivnosti svobodnyh auksinov i inhibitorov rosta v rastitel'nom materiale. Metody opredelenija fito-*

*gormonov, inhibitorov rosta, defoliantov i gerbicidev* [Determination of biological activity of free auxins and growth inhibitors in plant material. Methods for determination of phytohormones, growth inhibitors, defoliant and herbicides]. M.: Nauka [in Russian].

19. *Metodicheskie rekomendacii po opredeleniju fitogormonov* [Methodical recommendations for the determination of phytohormones]. (1988). AN USSR, In-t botaniki im. N. G. Holodnogo. Kiev: In-t botaniki [in Russian].

20. Hardy, R. W. F., Holsten, R. D., Jackson, E. K., & Burns, R. C. (1968). The Acetylene-Ethylene Assay for N<sub>2</sub> Fixation: Laboratory and Field Evaluation. *Plant Physiology*, 43(8), 1185–1207. <https://doi.org/10.1104/pp.43.8.1185>

21. Shtam bul'bochkovih bakterij Mesorhizobium ciceri N-12, aktivnij simbiotichnij azotfiksator, jakij vikoristovujut' dlja prigotuvannja bakterial'nogo preparatu, shho pidvishhue vrozhajnist' nutu [Strain of nodule bacteria Mesorhizobium ciceri H-12, active symbiotic nitrogen fixer, which is used to prepare a bacterial preparation that increases the yield of chickpeas]: pat. 17664 Ukraina, MPK S 12 N 1/00, S 12 P 1/04, M. Z. Tolkachov, S. V. Didovich, I. O. Kameneva; zajavnik i patentovlasnik: Pivdennij filial Institutu sil's'kogospodars'koi mikrobiologii UAAN; zajavl. 13.03.06; opubl. 16.10.06, Bjul. №10 [in Ukrainian].

22. Shtam bul'bochkovih bakterij Mesorhizobium ciceri ND-64 (IMB-7835) dlja oderzhannja bakterial'nogo preparatu pid nut [Strain of nodule bacteria Mesorhizobium ciceri ND-64 (IMB-7835) to obtain a bacterial preparation for chickpeas]: pat. 141783 Ukraina. MPK S12N 1/02, S05F 11/08, O. V. Logosha, Ju. O. Vorobej, T. O. Usmanova;

zajavnik i patentovlasnik: Institut sil's'kogospodars'koi mikrobiologii ta agropromislovogo virobництва NAAN Ukraini; zajavl. 21.10.2019; opubl. 27.04.2020, Bjul. № 8 [in Ukrainian].

23. Bushuljan, O. V., Sichkar, V. I. (2011) *Suchasna tehnologija viroshhuvannja nutu. Metodichni rekomendacii* [Modern technology of growing chickpeas. Guidelines]. SGI-NCNS [in Ukrainian].

24. Lohosha, O., Vorobej, Y. Usmanova, T. (2021). Mesorhizobium ciceri ND-64 — highly efficient symbiont of chickpea plants, cultivated in Polissia and Steppe zone of Ukraine. *Analele Universității din Oradea, Fascicula Biologie*, XXVII(1), 55–58.

25. Leonova, N. O., Dankevych, L. A., Dragovoz, I. V., Patyka, V. P., Iutyn's'ka, G. O. (2013). Syntez pozaklitynyh fitogormoniv-stymuljatoriv bul'bochkovymy ta fitopatogennymy bakterijamy soi' [Synthesis of extracellular phytohormones-stimulators by nodular and phytopathogenic bacteria of soybean]. *Dopovidi Nacional'noi' akademii' nauk Ukrainy — Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 3, 165–171 [in Ukrainian].

26. Nadkernychna, O. V. (2005). Azotfiksujuchi mikrobno-roslynni symbiozy [Nitrogen-fixing symbiosis between bacteria and plants]. *Sil's'kogospodars'ka mikrobiologija — Agricultural Microbiology*, 1-2, 105–127 [in Ukrainian].

27. Dragovoz, Y. V., Leonova, N. O., Yutynskaja, G. A. (2011). Syntez fytoormonov shtammamy Bradyrhizobium japonicum razlychnoj symbyotycheskoj efektyvnosti [Synthesis of phytohormones by Bradyrhizobium japonicum strains of various symbiotic efficacy]. *Mikrobiologichnyj zhurnal — Microbiological journal*, 73(4), 29–35 [in Russian].

Received 21.04.2021