

Using the adaptive potential of the global chickpea gene pool (*Cicer arietinum* L.) to improve the yield of new cultivars

Vyacheslav I. Sichkar✉, Halyna D. Lavrova, Tetyana O. Dzhus
Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Odesa, Ukraine, e-mail: bobovi.sgi@ukr.net
ORCID ID0000–0003–0581–5068; ORCID ID0000-0002-3086-6572;
ORCID ID0009-0002-0113-3107

✉ bobovi.sgi@ukr.net

Abstract.

Aims. Based on our research and the results of the testing of a large extent of chickpea collection samples by various scientific research institutions of the world, to identify the sources and donors of such economically valuable traits as improved elements of seed productivity, large-seeded, multipodding, increased protein content in seeds. Special attention was paid to source material selecting resistant pathogens, especially fusarium and ascochita blight. **Methods.** Field, laboratory, biometric, phenological observations, inter-cultivar hybridization, statistical analysis. **Results.** The characteristics of the world's largest genetic banks are given, and the effectiveness of the use of exotic chickpea genetic material for the breeding of highly adaptive cultivars for the conditions of the steppe zone of Ukraine was shown. Some genotypes with improved several valuable economic traits were identified. It was found that chickpea samples of the *desi* type have a higher level of drought resistance and disease tolerance compared to the *kabuli* type. Sources of chickpea drought resistance that can be involved in breeding programs to create competitive cultivars of this crop are identified. **Conclusions.** As a result of the long-term study of chickpea collection specimens, sources of increased seed productivity, large-seeded, high protein content, pathogen resistance, and improved technological qualities of seeds were identified. A core collection has been formed, the genotypes of which are recommended to be involved in the breeding process in research institutions of our country. As a result of intensive study and use in hybridization of local and exotic collection material, we have created 13 cultivars of chickpea, which are included in the State Register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine. Among them are ‘Triumph’, ‘Bujak’, ‘Odisei’, ‘Skarb’, ‘Dostatok’ that are distinguished by large seeds, and ‘Steppe giant’ and ‘Yarina’ are distinguished by tolerance to diseases.

Keywords: chickpea, components of productivity, resistance to biotic and abiotic factors, genetic banks, sources and donors of valuable traits.

Використання адаптивного потенціалу світового генофонду нуту (*Cicer arietinum* L.) для покращення врожайності нових сортів

В'ячеслав І. Січкара✉, Галина Д. Лаврова, Тетяна О. Джус

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннізнавства та сортовивчення, м. Одеса, Україна, e-mail: bobovi.sgi@ukr.net

ORCID ID0000–0003–0581–5068; ORCID ID0000-0002-3086-6572;

ORCID ID0009-0002-0113-3107

✉ bobovi.sgi@ukr.net

Реферат.

Мета. На основі власних досліджень і результатів випробування великого об'єму колекційних зразків нуту різними науково-дослідними установами світу виявити джерела та донори таких господарсько цінних показників як покращені елементи насінневої продуктивності, крупнонасінність, багатоплідність, підвищений вміст білка в насінні. Особлива увага приділялася добору стійкого проти збудників хвороб, особливо фузаріозу та аскохітозу, вихідного матеріалу для селекції. **Матеріали і методи.** Польовий, лабораторний, біометричний, фенологічні спостереження, міжсортна гібридизація, статистичний аналіз. **Результати та обговорення.** Наведена характеристика найбільших генетичних банків світу, показана ефективність використання екзотичного генетичного матеріалу нуту для селекції високоадаптивних сортів для умов степової зони України. Ідентифіковані окремі генотипи, у яких поліпшено декілька цінних господарських показників. Виявлено, що зразки нуту типу *desi* мають вищий рівень посухостійкості та толерантності до хвороб у порівнянні зі зразками типу *kabuli*. Виділені джерела посухостійкості нуту, які можуть бути залучені до селекційних програм для створення конкурентоспроможних сортів цієї культури. **Висновки.** В результаті багаторічного вивчення колекційних зразків нуту виділили джерела підвищеної насінневої продуктивності, крупнонасінності, високого вмісту білка, толерантності щодо збудників хвороб, покращених технологічних якостей насіння. Сформована робоча колекція, форми якої рекомендовано залучати до селекційного процесу в науково-дослідних установах нашої країни. За результатами інтенсивних досліджень та використання у гібридизації місцевого та екзотичного колекційного матеріалу нами створено 13 сортів нуту, які внесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. З-поміж них Тріумф, Буджак, Одисей, Скарб, Достаток виділяються крупним насінням, а Степовий велет і Ярина — толерантністю проти збудників хвороб.

Ключові слова: нут, елементи продуктивності, стійкість до біотичних та абіотичних факторів, генетичний банк, джерела та донори цінних ознак.

Вступ/Introduction. Нут є однією з найбільш поширених зернобобових культур нашої планети. За площею посівів він займає третє місце, поступаючись лише сої та квасолі. Особливо інтенсивне зростання посівних площ під нутом спостерігається у XXI сторіччі. Якщо у 2000 році його вирощували на площі 10,2 млн га, то у 2016 р. — 12,6, а в 2018 р. — 17,8 млн га. Таким чином, щорічний середній приріст посівів цієї культури у наші дні складає 422 тис. га. Одночасно спостерігали в цей період і підвищення врожайності нуту. У 2000 році вона становила 0,79 т/га, у 2016 р. — 0,89, а у 2018 р. — 0,96 т/га. Таке нарощування виробництва товарного насіння зумовлене рядом позитивних факторів цієї культури (Merga & Najji, 2019). По-перше, це надзвичайно цінний продукт харчування людей. Його насіння містить 24–32 % білка та 5–6 % олії. Біологічна цінність білка складає 52–78 %, коефіцієнт перетравлення — 80–83 % (Musiienko, 2024). Важливо підкреслити, що за амінокислотним складом білок нуту близький до ідеального стандарту ФАО. Крім того, у насінні цієї культури міститься багатий комплекс вітамінів, мінеральних елементів та інших біологічно активних речовин. Тому нут визнається високоякісним продуктом дитячого харчування. Його насіння не містить антипоживних речовин, тому відсутня необхідність термічної обробки при використанні на харчові чи кормові потреби (Ruiz-Zambrano et al., 2024). Насіння нуту містить велику кількість калію і кальцію, а також селену. Саме ці елементи, як відомо, позитивно впливають на кровотворення, запобігають розвитку багатьох хвороб, зокрема й онкологічних (Gupta & Bhagyawant, 2021).

Світова організація здоров'я (WHO) рекомендує щодня використовувати в їжу 80 г продуктів бобових культур, а Індійський комітет медичних досліджень (ICMR), як мінімум, споживати не менше 47 г/день цих компонентів раціону. Але на сьогоднішній день частка цих продуктів в Індії знаходиться на рівні лише 30–35 г/день/особу, що обумовлено їх високими цінами. Головною зернобобовою культурою в цій країні є нут, валова продукція якого складає 40 % у загальному балансі зернобобових культур. Приблизно така ж ситуація склалася у Пакистані та Бангладеш. В Індії та сусідніх країнах нут, як правило, типу *desi* споживають у вигляді цілого насіння, лущеного, половинок, які тут називають *dhal*, або як борошно під назвою *besan*. Змішування продукту *besan* з пшеничним борошном дає такі субпродукти як *roti* або *chapatti*, із яких виготовляють кондитерські вироби та різного виду закуски. У наші дні вже 140 країн використовують нут для задоволення харчових потреб (Merga & Najji, 2019).

Нут належить до групи зернобобових культур, особливість яких полягає у здатності зв'язувати азот із повітря і за рахунок цього формувати врожай, а також залишати певну кількість цього елемента в ґрунті — його засвоюють наступні у сівозміні культури. Враховуючи позитивну дію рослин нуту на ґрунт, він є досить добрим попередником для низки сільськогосподарських культур. Дослідження в Австралії показали, що розміщення пшениці в сівозміні після зернобобових культур дозволяє одержати додатково 1,0–1,2 т/га зерна (Angus et al., 2015). Приблизно такі ж результати одержано в Україні.

Однією з причин низької врожайності є те, що, як правило, його культивують у регіонах з досить несприятливими погодними умовами, тобто там, де інші культури не здатні давати економічно обґрунтовані врожаї. Іншим чинником, який суттєво впливає на рівень урожайності, є недостатня кількість добре адаптованих до конкретних умов сортів. Незважаючи на досить інтенсивну діяльність таких всесвітньо відомих наукових центрів як Міжнародний науково-дослідний інститут напівсухих тропіків (ICRISAT, Індія, Патанчеру) і Міжнародний центр сільськогосподарських досліджень в сухих зонах (ICARDA, Сирія, Алеппо), багато проблем селекції нуту ще потребують свого вирішення. Перш за все, це стосується стійкості проти збудників хвороб і шкідників, а також створення посухостійких сортів (Gaur et al., 2012). Однією з причин такого стану є відносно вузька генетична мінливість цінних господарських ознак культури (Lin et al., 2008; Saeed et al., 2011). Ця особливість пов'язана з формуванням низки «вузьких місць» (bottlenecks) у процесі одомашнення нуту, а саме обмежений ареал розповсюдження дикого предка *Cicer reticulatum*, який на сьогоднішній день трапляється лише в південній зоні Туреччини. Іншим чинником є його монофілетичне походження, яке привело до великої втрати генетичної мінливості, що в іноземній науковій літературі позначають як «ефект потопаючого (founder effect)» (Abbo et al., 2003). У більшості сільськогосподарських культур, які еволюціонували паралельно з нутом, наприклад у пшениці, ця властивість проявлялася значно менше внаслідок рекурентної гібридизації зі спорідненими видами. У нуту суттєве зниження мінливості відбулося також у зв'язку з переходом на початку Бронзової доби з осінньої на весняну сівбу, що було обумовлено сильним ураженням збудником аскохітозу.

За умов інтенсивних змін клімату головним завданням селекції є створення стійких проти біотичних та абіотичних чинників сортів нуту. А серед абіотичних факторів найбільш важливим є стійкість проти підвищених температур та недостатньої кількості вологи в ґрунті. Ці показники є головним бар'єром для одержання високої врожайності в більшості країн світу (Magbool et al., 2017; Darai et al., 2016).

Ефективність селекційної роботи значною мірою залежить від правильно добраних батьківських компонентів схрещування, об'ємів гібридних популяцій ранніх поколінь, наявності досвіду в процесі добору елітних рослин. Узагальнення результатів селекції в різних країнах та з великим набором культур свідчить, що використання для гібридизації генотипів, які походять із різних зон забезпечує підвищену ймовірність одержання цінного вихідного матеріалу. При цьому найбільшого успіху можливо досягти, якщо до гібридизації залучати вихідний матеріал із центрів походження цих культур.

З метою збереження та підтримання великих наборів генотипів у світі створено колекційні центри, метою яких є постійне поповнення новими формами та вивчення і узагальнення цінних господарських ознак, ознайомлення з ними селекціонерів шляхом видання каталогів і друкованих праць, постачання насіння відповідно до одержаних заявок.

Мета досліджень полягала в аналізуванні результатів випробування генетичних колекцій нуту в різних країнах світу, вивченні біля 3000 генотипів у степовій зоні України та створенні вихідного матеріалу з підвищеним адаптивним потенціалом до підвищених температур повітря та недостатньої вологості ґрунту.

Матеріали і методи/Materials and Methodology. Дослідження виконували впродовж 1995–2023 рр. на дослідних полях Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства та сортовивчення (СП-НЦНС). Ґрунти зони являють собою середньогумусні чорноземи, товщина гумусного шару досягає 40–50 см, реакція нейтральна або слабко лужна (рН 6,0–7,2). Середня температура повітря складає +9,6 °С, кількість опадів за вегетаційний період нуту — 130–150 мм. Температурний режим є сприятливим для вирощування культури, але посушливі умови впродовж вегетаційного періоду, як правило, пригнічують ріст рослин і знижують їх продуктивність. Тому головним фактором, який лімітує врожайність нуту, є недостатня кількість опадів. В окремі фази вегетації гідротермічний коефіцієнт часто знижується до 0,4–0,5. Середня багаторічна кількість опадів складає 430 мм. Як правило, їх максимум припадає на червень-липень, вони часто носять зливовий характер, у результаті чого волога використовується малоефективно. За даними Одеської агрометеорологічної станції періодичність посухи в середньому складає один раз в чотири роки, зазвичай 17 днів у літній період є посушливими. Необхідно зазначити, що в останні десятиріччя у нашій зоні влітку часто настають тривалі бездощові періоди, які супроводжуються високим температурним режимом. Такі умови дають можливість об'єктивно оцінити комплекс адаптивних ознак вихідного матеріалу та виділити посухостійкі форми.

Вихідним матеріалом були колекційні зразки, які ми систематично одержували із Національного центру генетичних ресурсів рослин України (м. Харків) та безпосередньо з Міжнародного науково-дослідного інституту напівсухих тропіків (ICRISAT, Патанчеру, Індія). За нашими заявками впродовж 1997–2000 рр. від цього наукового закладу було залучено 1500 колекційних зразків, які походили із різних країн світу. Наступними роками ми постійно доповнювали нашу колекцію новими партіями.

Попередником у дослідах була пшениця озима або ячмінь ярий. Технологія підготовки ґрунту — загальноприйнята. Колекційні зразки висівали за типом селекційного розсадника двохметровими рядками з шириною міжрядь 45 см. Стандартні сорти Розанна й Тріумф розміщували через кожні 9 номерів. Упродовж вегетаційного періоду проводили фіксацію основних фаз розвитку рослин, при дозріванні у форм, які виділились позитивними показниками, відбирали пробний сніп для аналізу господарсько-цінних ознак. У гібридному розсаднику батьківські форми та рослини першого-третього покоління вирощували за такою ж схемою. У польових умовах відмічали дати початку і повних сходів, початок і повне цвітіння, період наливу бобів, фізіологічну і повну стиглість. Також враховували тип росту, колір квіток, толерантність до хвороб і за бальною шкалою стійкість проти посушливих умов. У лабораторних

дослідженнях аналізували рослини за елементами продуктивності та господарсько-цінними ознаками. Визначали висоту стебла, висоту від поверхні ґрунту до першого бобу, кількість гілок, бобів і насінин на рослині, кількість насінин в бобі, масу 1000 насінин, а також масу насінин на рослині. Головним критерієм цінності генотипу слугує маса насіння з рослини. Уміст білка в насінні визначали по К'ельдалю, жиру — за С. В. Рушковським. Одержані в результаті вивчення колекційних зразків показники фенологічних ознак і структурні елементи продуктивності порівнювали з національними стандартами Розанна й Тріумф.

Оцінку вихідного матеріалу нуту на стійкість до збудників фузаріозу проводили як в польових, так і лабораторних умовах. Щорічно рослини колекційного та селекційного розсадників оцінювали за 9-бальною шкалою в полі, де балом 9 позначали повністю здорові рослини, а балом 1 — сильно уражені, які поступово в'янули та засихали.

У лабораторних умовах готували штучний інфекційний фон у відділі фітопатології та ентомології Селекційно-генетичного інституту шляхом розмноження поширених видів *Fusarium* на живильному середовищі. Основу інфекційного фону складали *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* та *F. sporotrichiella* v. *sporotrichioides* 2016, які є головними збудниками кореневих гнилей нуту. Інокулюм нагромаджували на рідкому глюкозо-солодовому середовищі. Оцінку схожості та інтенсивності ростових процесів проростків проводили шляхом пророщування 20 насінин кожного колекційного зразка в чотирьох повтореннях. Інокуляцію виконували в рулонах за методикою Н. Е. Новикової (Патент РФ № 2031573, 1999 р.). Контролем слугувало насіння без інокуляції, яке проростало на змоченому водою фільтрувальному папері. Підрахунок насіння, яке проросло, в експериментальних варіантах виконували на 3-ю, 7-му, 14-у та 21-у добу. У ці строки вимірювали довжину зародкових корінців та епикотилів.

У польових умовах на інфекційному фоні використовували вищеназваний інокулюм, в якому замочували насіння перед сівбою, яку проводили в ранні строки, як правило, в кінці березня. Колекційні зразки висівали в чотирьох повтореннях однорядковими ділянками. У процесі вегетації тут проводили фенологічні спостереження, а при дозріванні відбирали сніп для аналізу господарсько-цінних ознак.

Результати та обговорення/Results and Discussion. На початковому етапі вивчення генофонду нуту значну увагу приділили тривалості вегетаційного періоду та окремих фенофаз. Наші спостереження не виявили чіткого зв'язку продуктивності з тривалістю окремих фаз, хоча найбільш продуктивні зразки виділяються подовженим періодом «цвітіння–дозрівання». Серед вивченого набору зразків найменшу групу склали дуже скоростиглі форми, тривалість вегетації яких була менше 75 діб. Найбільш чисельними виявились генотипи з тривалістю вегетаційного періоду 81–100 діб. Але у кожній групі стиглості спостерігали суттєву мінливість тривалості фаз «сходи–цвітіння» і «цвітіння–дозрівання». Незважаючи на це, найбільше ранньоквітучих зразків (фаза

«сходи–цвітіння» 30–39 діб) було в дуже ранній та ранній групах. Серед генотипів із середньою тривалістю вегетації ранньоквітучі зразки траплялися дуже рідко, а в пізній вони були відсутніми. За тривалістю періоду «цвітіння–дозрівання» весь набір сортів ми штучно розділили на швидко дозріваючі (30–40 діб) та повільно дозріваючі (понад 40 діб).

Коротким вегетаційним періодом характеризуються зразки з Мексики, NEC-2149 (Іран), NEC-2630 і NEC-2587 (Афганістан), середня тривалість вегетаційного періоду яких становить 80–96 діб за 94–98 діб у стандарту. На початковому етапі селекційної роботи з нутом (1995–2001 рр.) виділилась низка генотипів, які походили із Афганістану, Індії, Ірану, Мексики та України (Sichkar et al, 2023). У цих генотипів оптимізовані головні елементи продуктивності, вони добре адаптовані до посушливих умов південної зони України. На кожній рослині, як правило, формувалось більше 10 г насіння, що забезпечує одержання врожаю на рівні 3 т/га. Крім того, виділили джерела окремих господарських ознак, які є цінними для синтетичної селекції. Підвищену кількість бобів на рослині відмічено у генотипів *Donia* (45,6), Дніпровський 1 (39,2), Розанна (38,4), Краснокутський 195 (45,6), б/н Мексика (40,1), Привозний (40,6), NEC-2616 (37,1), NEC-2630 (39,7), NEC-2622 (39,1), NEC-2152 (40,1). За кількістю насінин у бобі кращими були Александрит (1,5), Flір 85-13с (1,5) і LR (1,5). У цей період із одержаного з Індії колекційного матеріалу виявили чотири зразки, в яких формувалось по два боби у вузлі. Штучне видалення одного із них приводило до зниження продуктивності рослини на 15–20 %, що свідчить про позитивний вплив цієї ознаки на врожайність. Всі ці зразки — RSWS, YG-60, SEL-544 і F 404 — належать до групи *desi*, тобто мають дрібне коричневого кольору насіння. На основі виявлених генотипів шляхом гібридизації з адаптованими до умов Степу сортами нами вже одержано рекомбінантні лінії, у яких формується значна кількість вузлів з подвоєними бобами. Як джерела крупнонасінності на початкових етапах селекції ми рекомендували зразки із Мексики, місцевий зразок Привозний, NEC-2638 із Афганістану, маса 1000 насінин яких досягає 420–450 г. У 2003 році дослідили крупність насіння 99 спеціально добраних у ICRISAT за нашим проханням колекційних зразків. За наших умов була одержана значна диференціація за крупністю насіння, що дало змогу виділити зразки з надзвичайно великим насінням (Sichkar et al, 2023). Маса 1000 насінин деяких із них сягала 600 г і більше, ще майже у два рази перевищувало стандартний сорт Розанна. У зв'язку з цим наші подальші пошуки було спрямовано на виявлення серед світового колекційного матеріалу крупнонасінних форм з комплексом інших позитивних ознак.

У період 2013–2015 рр. за ознакою крупності насіння вивчили 349 нових зразків, одержаних із Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва та ICRISAT. У цьому дослідженні найбільш крупне насіння було в зразка з Індії P 2 774HR, середня маса 1000 насінин якого склала 442,2 г. Важливо відмітити, що у цього генотипу аналізована ознака виявилась відносно стабільною за роками, хоча за період дослідження рівень зволоження ґрунту суттєво різнився. Найкращі

умови склалися у 2015 році, незважаючи на те, що температура повітря часто перевищувала 30 °С . Недостатньою зволоженістю ґрунту характеризувались 2013 і 2014 рр. Крім того, ця форма виділилась також непоганою насінневою продуктивністю (167,6 г/м²), яка дорівнювала стандартному крупнонасінному сорту Буджак. В індійського сорту Efal Bold YN 34009, іранського NEC 1051 й американського Р 9624 сприятливо поєднувались висока продуктивність і маса 1000 насінин. Вважаємо, що ці зразки є важливим джерелом для селекції найбільш цінних сортів нуту.

У наших дослідженнях аналізу вмісту білка впродовж ряду років було показано, що цей показник більшою мірою визначається генетичними особливостями, ніж умовами довкілля. Найбільшою білковістю насіння виділились зразки Flip 88-13с та NEC 2573 (23,5 %), LR 33-1 (23,4 %), NEC 2569 та NEC 2616 (23,1 %), RBH 93 (22,9 %), RBH 286 (22,8 %) та інші (табл. 1).

Таблиця 1. Вміст білка та маса 1000 насінин колекційних зразків нуту СГІ-НЦНС (1996-1999 рр.)

Table 1. Protein content and 1000 seed weight in chickpea PBGI-NCSCI collections (1996–1999)

Сорт, колекційний зразок/Cultivar, specimen	Походження/ Origin	Вміст білка Protein content, %	Маса 1000 насінин, г 1000 seed weight, g
Красноградський 213, ст./ 'Krasnogradskiy 213', st.	Україна/Ukraine	19,4	310
Flip 88-35с	Сирія/ Syria	21,9	270
Flip 88-13с	-//-	23,5	280
LR 33-1	-//-	23,4	320
Р-9815	Туреччина/Turkey	22,4	270
С-4	Індія/India	21,8	200
L-345	-//-	22,1	180
NEC 2157	Іран/Iran	22,0	300
NEC 2195	-//-	21,8	230
NEC 2569	Афганістан/ Afghanistan	23,1	300
NEC 2573	-//-	23,5	270
NEC 2577	-//-	22,5	275
NEC 2597	-//-	22,3	250
NEC 2616	-//-	23,1	210
NEC 2624	-//-	22,8	320
NEC 2636	-//-	21,9	230
NEC 2637	-//-	21,9	255
RBH 93	Бангладеш/ Bangladesh	22,9	215
RBH 198	-//-	21,9	240
RBH 256	-//-	22,2	250
RBH 286	-//-	22,8	220
Р-3887	Греція/Greece	22,1	300
HIP ₀₅ /LSD ₀₅		1,5	18

У наступний період продовжили вивчення вмісту білка в нових партіях зразків нуту, які поступили із ICRISAT. Серед понад 300 генотипів виявили низку зразків з підвищеною білковістю (табл. 2).

Таблиця 2. Вміст білка в насінні колекційних зразків нуту врожаю 2013–2015 рр., %

Table 2. Chickpea seed protein content, 2013–2015 harvests, %

Зразок/ Specimen	Походження/ Origin	Вміст білка/Protein content, %			
		2013	2014	2015	середній/ average
Буджак, ст./ 'Bujak', st.	Україна/Ukraine	17,3	21,3	17,2	18,6
Flip 85-18c	Сирія/Syria	20,3	23,1	17,8	20,4
NEC 2561	Афганістан/Afghanistan	17,2	22,1	17,8	19,0
NEC 2633	-/-	17,8	23,4	17,7	19,6
NEC 2554	-/-	19,5	25,7	18,1	21,1
LR 75	Індія/India	19,0	21,8	16,6	19,1
'Broa CH'	-/-	19,9	23,4	15,9	19,7
P 386	-/-	21,3	24,1	16,6	20,7
CP 60	-/-	23,4	22,3	17,7	21,1
NEC 2434	Туреччина/Turkey	18,5	22,0	16,5	19,0
P 2080	Іран/Iran	18,2	26,1	16,9	20,6
'Super major'	Мексика/Mexico	19,8	21,8	17,4	19,7
NEC 50	Іспанія/Spain	17,7	24,5	14,7	19,0
YM 466	Ефіопія/Ethiopia	18,5	24,1	16,8	19,8

НІР₀₅/LSD₀₅

1,48

1,66

1,24

1,78

Оскільки товарне насіння нуту використовують, в основному, на харчові цілі, тому важливу роль відіграють його технологічні показники. У процесі виготовлення консервованої продукції суттєвими чинниками є рівень набухання та розм'якшення у процесі волого-теплого оброблення. Наші дослідження чітко показали, що за намочування насіння за різних температур процес набухання прискорюється, хоча і в неоднаковому темпі.

У процесі зростання температурного режиму (40–50 °C) підвищеною масою насіння виділилися NEC 1838, NEC 2434, б/н Італія, значно нижчою – Mexican Sel і CRYC 34905. За максимальної температури (100 °C) найбільшу середню масу мали NEC 1838, NEC 2434, NEC 2425, Belaya pobul-23 і б/н Італія, найменшу – Mexican Sel і CRYC 34905.

Аналізуючи динаміку абсорбування води за різних температурних режимів, можна зробити висновок про те, що значна кількість легконабухаючих зразків виділяється уже за намочування їх за кімнатної температури. Зразки NEC 1838, P 9809, NEC 2425, Belaya pobul-23 і б/н Італія мали максимальну масу протягом усього процесу за різних температур води, а зразок Mexican Sel — мінімальну. Але таку тенденцію спостерігали не завжди. Колекційні зразки Місцевий 00090 та 1030-91 дуже швидко збільшили масу насіння за температури 20 °C, але за підвищених температур зайняли проміжне положення.

У результаті випробування різноманітних зразків нуту на штучному інфекційному фоні за польових умов виявили 27 форм, що мають високу стійкість проти фузаріозу та інші цінні господарські ознаки. Кращими за стійкістю були зразки типу *desi* з темним насінням: NEC 2179, NEC 2212, NEC 2135, NEC 2185, NEC 2201 (з Ірану), BEG-482, NO-55, F-370, F-404, NEGRO (з Індії), RBH 141, RBH 217, RBH 102 (з Бангладеш) та E 100 (з Греції). Серед типу *kabuli* (зі світлим насінням) підвищеною стійкістю або толерантністю вирізнялися ‘Donia’ з Угорщини, NEC 2183, NEC 2149 (з Ірану), NEC 2596 і NEC 2607 (з Афганістану) та сорт Розанна. Особливої уваги заслуговує зразок NEC 2212, який, окрім стійкості проти фузаріїв, вирізняється комплексом цінних господарських ознак.

У 2019 році відповідно до нашої заявки ми одержали із ICRISAT 30 колекційних зразків, які виділяються підвищеним рівнем посухостійкості. Цю ознаку в Індії було підтверджено маркерним аналізом. За наших умов вищеназвані генотипи виділились надзвичайно коротким вегетаційним періодом, хоча формували досить крупне насіння. Виходячи з особливостей їх росту, можливо відзначити, що посухостійкість обумовлена ухилянням від підвищених температур, а їх продуктивність визначається залишковою кількістю зимових і весняних опадів. Повне цвітіння цих генотипів за наших умов проходить 12–15 травня, дозрівання — у перших числах липня. Ми вважаємо, що цей матеріал є цінним джерелом стійкості проти несприятливих посушливих умов і його буде широко використано в схрещуваннях у подальших дослідженнях.

У процесі гібридизації колекційних форм у першому поколінні спостерігали значний рівень гетерозису за цінними агрономічними ознаками, причому він був значно більшим при використанні батьківських форм типів *desi* та *kabuli* в одній комбінації. Максимальний рівень гетерозису виявили в комбінаціях Розанна / Александрит, Розанна / зразок із Танзанії, Розанна / Краснокутський 28, Розанна / зразок із Мексики. Успадкування більшості

господарсько цінних ознак проходило за типом домінування та наддомінування, їхній коефіцієнт успадкування у широкому сенсі був високим або середнім. У цілому найбільше високопродуктивних ліній було виділено із гібридних комбінацій, в родовід яких входили сорти Розанна та Александрит (табл. 3).

Таблиця 3. Родовід сортів нуту, створених у Селекційно-генетичному інституті – Національному центрі насіннєзнавства та сортовивчення
Table 3. Pedigree of chickpea cultivars created at the Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation

Сорт/Cultivar	Рік занесення до Реєстру	Комбінація схрещування
Розанна/'Rosanna'	2000	Високорослий 30 / Гулькевичський 19 Vysokoroslyy 30 / Hul'kevychs'kyu 19
Александрит/ 'Alexandrite'	2001	Кубанський 163 / Кубанський 199 'Kubans'kyu 163' / 'Kubans'kyu 199'
Пам'ять/'Pam'iat''	2002	Високорослий 30 / Гулькевичський 19 (добір на штучному інфекційному фоні) Vysokoroslyy 30 / Hul'kevychs'kyu 19 (selection on the artificial infectious background)
Антей/'Antaeus'	2004	Добір у посіві сорту Розанна Selection in the sowing of the 'Rosanna'
Пегас/'Pegasus'	2005	Александрит / Розанна 'Alexandrite' / 'Rosanna'
Тріумф/'Triumph'	2005	№293 (Індія) / №3428 (місцева форма) №293 (India) / №3428 (local form)
Буджак/'Bujak'	2008	(Краснокутський 213 / Розанна) / (Розанна / Мексика) (Krasnokuts'kyu 213 / 'Rosanna') / ('Rosanna' / 'Mexico')
Одисей/'Odisei'	2014	Л 11-08 / Розанна L 11-08/'Rosanna'
Скарб/'Skarb'	2017	Розанна / RSW 5 'Rosanna' / RSW 5
Ярина/'Yarina'	2019	Антей / (Розанна / Александрит) 'Antaeus' / ('Rosanna' / 'Alexandrite')
Достаток/'Dostatok'	2020	(Розанна / Sel 544) / (Александрит / P 9754) ('Rosanna' / Sel 544) / ('Alexandrite' / P 9754)
Маестро/'Maestro'	2022	Тріумф / (Антей / 'Mayor') 'Triumph' / ('Antaeus' / 'Mayor')

Серед зазначених сортів половина виділяється крупним насінням, а Розанна, Александрит і Ярина — толерантністю проти збудників хвороб.

Аналіз елементів насінневої продуктивності чітко показав, що для кожного сорту характерним є певний взаємозв'язок між ними, тому одержати високопродуктивний генотип за рахунок лише однієї важливої ознаки практично неможливо. Незважаючи на це твердження, необхідно зазначити, що основними показниками високої продуктивності є кількість продуктивних

вузлів на рослині, кількість насінин у бобі, підвищене значення кількості бобів у вузлі.

Урожайність та інші господарські показники згаданих сортів наведено в таблиці 4.

Таблиця 4. Характеристика сортів нуту, СГІ – НЦНС, 2010–2014 рр.
Table 4. Characteristics of chickpea cultivars, PBGI – NCSCI, 2010–2014

Сорт/Cultivar	Урожайність насіння, т/га Yield, metric ton metric tons per hectare		Тривалість вегетації, діб/ Vegetation period duration, days	Висота прикріплення нижніх бобів, см Lower bean attachment height, cm	Маса 1000 насінин, г/ 1000 seed weight, g	Вміст білка/ Protein content, %
	середній/ average	максимум/ maximum				
Розанна/ 'Rosanna'	1,56	2,83	92	22	320	27,0
Александрит/ 'Alexandrite'	1,78	2,91	88	18	275	26,5
Пам'ять/'Pam'iat'	1,54	2,71	91	21	315	27,1
Антей/'Antaeus'	1,48	2,56	88	20	390	28,3
Тріумф/ 'Triumph'	1,59	2,78	85	18	265	27,5
Пегас/'Pegasus'	1,55	2,79	93	21	405	28,7
Буджак/'Bujak'	1,60	2,61	91	22	412	27,9
Одисей/ 'Odisei'	1,61	2,46	91	22	415	28,5
Скарб/ 'Skarb'	1,65	2,58	94	22	420	26,9
HP ₀₅ /LSD ₀₅	0,16			1,06	24,88	1,52

У виробничих умовах нашої країни найбільш поширеними є сорти Розанна, Тріумф і Пам'ять. Державне випробування проходять сорти Дарія, одержаний в результаті схрещування сорту Тріумф з лінією, виділеною із комбінації NEC 2212 / Буджак, та сорт Тетяна, батьківськими формами якого є гібридні лінії Розанна / Антей і Пегас / Р 9757.

Виділення надійних джерел і донорів цінних господарських ознак сприяє розширенню генетичного різноманіття нуту та підвищенню ефективності його селекції. За схрещування географічно віддалених форм у гібридних популяціях одержують вдалі поєднання цінних господарських ознак, виділяють нові трансгресивні форми, розширюють екологічну пластичність і стійкість до біотичних й абіотичних чинників середовища.

Особливу увагу при доборах елітних рослин ми приділяємо формам з крупним насінням, стислою формою куща, високорослим з високою продуктивністю, а також двобобовим. Дослідження показали, що ця ознака є рецесивною і контролюється однією парою генів (Bushulyan & Sichkar, 2003).

Як показують наші попередні дослідження, введенням гену двобобовості у сорти нуту можна отримати підвищення урожайності на 10–15 %. Однак ген двобобовості, знайдений нами серед колекційних сортозразків, був пов'язаний з рядом негативних ознак (дрібне насіння темного кольору, низькорослість, низьке прикріплення нижнього бобу), тому для отримання високопродуктивних крупнонасінних двобобових форм з комплексом господарсько цінних ознак потрібна кропітка та довготривала робота.

Сучасний ринок товарного нуту потребує крупне насіння типу *kabuli*. Ціна за крупний нут (маса 1000 насінин більше 400 г) є вдвічі вищою порівняно з середньою масою (240–270 г). Серед охарактеризованих у таблиці 2 зразків з екстракрупним насінням таку ознаку було відмічено в ICC 13787 і ICC 14926 також індійськими та сирійськими вченими (Uradhyaya et al., 2006), а в ICC 11742 – за умов Індії (Gaur et al., 2006).

При детальному вивченні цінних господарських ознак базової колекції нуту Н. О. Вус виділено два найбільш цінні зразки за комплексом корисних показників (Vus et al., 2017). Це сорт одеської селекції Розанна та зразок UD0500196 із Азербайджану. Вони належать до типу *kabuli* та поєднують по сім важливих характеристик. Сорт Розанна виділяється стійкістю до посухи та слабкою ураженістю збудником аскохітозу, підвищеними продуктивністю рослин і крупністю насіння, вмістом білка, доброю розварюваністю насіння, позитивною реакцією на нітрагінізацію. Місцевий зразок з Азербайджану характеризується високою стійкістю до посухи та збудника аскохітозу, продуктивністю рослин та крупністю насіння, доброю розварюваністю насіння.

За своїм хімічним складом нут є універсальною культурою. В його насінні міститься 18,0–30,8 % білка, 5,5–7,0 % жиру, 33–44 % крохмалю, 2,8–3,0 % золи та 3,0–12,5 % клітковини. Суттєву мінливість за вмістом білка виявили при вивченні 187 колекційних зразків типу *desi* та *kabuli* в ICRISAT в Індії (Jadhav et al., 2015). У цьому дослідженні розмах варіювання білковості становив 13,25–26,77 %. Для визначення генетичного контролю цієї ознаки автори застосували 23 маркери, які дозволили тестувати всі вісім груп зчеплення. За допомогою цього аналізу всі вивчені зразки розділили на три субпопуляції. Виявили п'ять локусів QTL, два найбільш важливих із яких знаходились у групах зчеплення LG3 і LG5. Автори стверджують, що гени, які контролюють уміст білка в нуту, в основному, сконцентровані в хромосомах LG3 і LG5. Важливо зазначити, що видаленням насінневих шкірок (лущення) можна суттєво підвищити рівень білковості одержаної сировини (Jukanti et al., 2012).

У східній частині Лісостепу України за рівнем білковості насіння та його стабільністю виділились сорти Антей (20,1 %), Дніпровський високорослий (20,6 %), Розанна (20,7 %) та колекційна лінія із Індії ILC 3248 (20,3 %) (Vus et al., 2017). Високу стабільність цього показника за роками виявили Краснокутський 28, NEC 2556, LEG-CA-14 і Flip 84-158с. За крупністю насіння (понад 400 г) у цій групі зразків виділились лише три зразки — сорт місцевого

походження Привозний, зразок із Мексики та афганський NEC 2638, маса 1000 насінин яких складала 450, 420 і 420 г відповідно.

Однією зі «слабких сторін» існуючих сортів нуту є сприйнятливість до збудників хвороб, що призводить до суттєвого зниження врожайності та якості насіння. За сильної епіфітотії падіння врожайності може досягти 100 % (Halila et al., 2009; Soregaon & Ravikumar, 2012). Особливу шкоду рослинам нуту завдають фузаріоз у період проростання насіння та на початкових фазах росту, а також аскохітоз на більш пізніх етапах онтогенезу. Тому селекція культури без врахування стійкості проти збудників цих хвороб є практично неможливою. На основі генетичних досліджень і методом складних схрещувань був отриманий новий цінний вихідний матеріал нуту, який через певний час започаткує сорти, стійкі проти фузаріозу (Bushulyan & Sichkar, 2012).

Останніми роками значного поширення та підвищення шкідливості набуває аскохітоз *Ascochyta rabici* Pas. Lab. Збудник хвороби розвивається більш інтенсивно за прохолодної та дощової погоди. У період 2010–2011 рр., коли такі умови створились на півдні України, нами виділено низку селекційних ліній, які не уражувалися цією хворобою. Дослідження свідчать, що підвищену стійкість або толерантність проти збудників хвороб здебільшого проявляють генотипи типу *desi* (Kobyzeva & Vus 2016) Наші дослідження довели, що схрещування між генотипами *desi* та *kabuli* дають дуже цінний вихідний матеріал, оскільки ці типи несуть різні генні пули (Sichkar, 2002). У таких гібридних комбінаціях рекомбінаційні процеси проходять інтенсивніше й існує велика ймовірність появи трансгресивних форм.

Одним із «вузьких місць» при вирощуванні нуту є слабка конкурентна здатність з бур'янами. Тому досить часто його посіви дуже забур'янені, що призводить до різкого зниження врожайності та якості насіння. У деяких випадках через це виробники повністю втрачають продукцію. Дослідження в Канаді виявили специфічну мутацію у низки сільськогосподарських культур, в тому числі й нуту, яка забезпечує стійкість до імідазолінової групи гербіцидів, які зараз інтенсивно залучаються для боротьби з бур'янами (Taran et al., 2010; Taran et al., 2013). Подальший аналіз виявив, що ця точкова мутація виникає в результаті заміни однієї амінокислоти в ферменті ацетогідроксіацидсинтаза (AHAS), який каталізує синтез розгалужених амінокислот. Дослідження австралійських учених показали можливість індукування мутацій такого роду за допомогою хімічних мутагенів (Croser et al., 2021).

Виявлення генів стійкості дає можливість генетикам і селекціонерам шляхом гібридизації вводити їх у високопродуктивний вихідний матеріал і на основі цього створювати нові сорти, які здатні давати високу врожайність і не пошкоджуватись гербіцидами цього класу.

За дії імідазолінонових гербіцидів у природних форм рослин синтез амінокислот пригнічується, що викликає їх швидку загибель. Мутація цього гену призводить до заміни амінокислоти Ala 205 на Val 205. За такого стану не

відбувається приєднання гербіциду до молекули ферменту, що надає таким генотипам стійкості до імідазолінонів. У Канаді вже занесені до реєстру сорти нуту такого типу. Подібні мутації виявляються за допомогою специфічного молекулярного маркера, який розроблено в Канаді (Thompson & Taran, 2014).

На даний час розпочаті такі наукові роботи і в нас. Освоєно методики виділення ДНК, її ампліфікації шляхом полімеразної ланцюгової реакції, опрацьовується техніка конкурентної аллель-специфічної полімеразної реакції (KASP).

Висновки/Conclusions. Проведені нами дослідження дали змогу виділити зі світового генофонду нуту джерела підвищеної насінневої продуктивності, крупнонасінності, посухостійкості, високого вмісту білка, толерантності щодо збудників хвороб, покращених технологічних якостей насіння. У процесі багаторічної праці сформована робоча колекція, форми якої залучаються до селекційного процесу в науково-дослідних установах нашої країни. У результаті інтенсивного вивчення та використання у гібридизації місцевого та екзотичного колекційного матеріалу нами створено 13 сортів нуту, адаптованих до посушливих умов степової зони, які занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Серед них Тріумф, Буджак, Одисей, Скарб, Достаток виділяються крупним насінням, а Степовий велет і Ярина — толерантністю проти збудників хвороб. Створено новий вихідний матеріал культури з високим адаптивним потенціалом щодо посухи та спеки, який буде використано для виведення нових перспективних сортів.

Подяки/Acknowledgement. Фінансування описаних досліджень здійснювалось у межах науково-дослідної тематики НААН України, завдання на 2011–2015 рр. «Удосконалити методи селекції нуту шляхом залучення до гібридизації цінної генетичної плазми і на цій основі створити високоврожайний крупнонасінний сорт з оптимальною тривалістю вегетації», номер державної реєстрації 0111U003474, завдання «Створити високопродуктивні з крупним насінням, толерантні до основних хвороб сорти нуту, адаптовані до умов вирощування», номери державної реєстрації 0116U000685 на 2016–2018 рр. і 0119U001426 на 2019–2020 рр. та завдання «Створення високопродуктивних, адаптивних до несприятливих біотичних і абіотичних чинників довкілля, крупнонасінних сортів нуту», номер державної реєстрації 0121U107895 на 2021–2023 рр. Автори висловлюють щирі подяки дослідникам, кураторам генетичної колекції нуту Міжнародного науково-дослідного інституту напівсухих тропіків (ICRISAT) N. Kameswara Rao, Hari D. Upadhyaya, Pooran M. Gaur та Samineni Srinivasan за сприяння в отриманні насіння колекційних зразків.

Список посилань/References

Abbo, S., Berger, J., Turner, N. C. (2003). Evolution of cultivated chickpea: four bottlenecks limit diversity and constrain adaptation. *Functional Plant Biology*. Vol. 30. No 10. P. 1081–1087. <https://doi.org/10.1071/FP03084>.

Angus, J. F., Kirkegaard, J. A., Hunt, J. R., Ryan, M. H., Ohlander, L., & Peoples, M. B. (2015). Break crops and rotations for wheat. *Crop and pasture science* Vol. 66. P. 523–552. <https://doi.org/10.1071/CP14252>.

Bushulyan, O. V., & Sichkar, V. I. (2003). Genetic analysis of two-podded chickpea. *Zbirnyk naukovykh prats' SHI – NTsNS (Scientific Bulletin of PBGI – NCSCI)*. Vol. 4. No 44. P. 20–23. (in Ukrainian).

Bushulyan, O. V., & Sichkar, V. I. (2012). Directions and results of breeding chickpea. *Zbirnyk naukovykh prats' SHI – NTsNS (Scientific Bulletin of PBGI – NCSCI)*, A special issue dedicated to the 100th anniversary of the PBGI – NCSCI. P. 73–76. (in Ukrainian).

Croser, J., Mao, D., Drow, N., Michelmore, S., McMurray, L., Preston, C.,.... & Hobson, K. (2021). Evidence for the application of emerging technologies to accelerate crop improvement — a collaborative pipeline to introgress herbicide tolerance into chickpea. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 12. Art. 779122. <https://doi.org/10.3389/fpls.12.779122>.

Darai, R., Ojha, B. R., Sarker, A., & Sah, R. (2016). Genetics and breeding for drought tolerance in food legumes. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. Vol. 1. P. 958–967. <https://doi.org/10.22161/ijeab/1.4.47>.

Gaur, P. M., Jukanti, A. K., & Varshney, R. K. (2012). Impact of genomic technologies on chickpea breeding strategies. *Agronomy*. Vol. 2. No 3. P. 199–221. <https://doi.org/10.3390/agronomy2030199>.

Gaur, P. M., Pande, S., Upadhyaya, H. D., & Rao, B. V. (2006). Extra-large Kabuli chickpea with high resistance to Fusarium wilt. *Journal of SAT Agricultural Research*. Vol. 2. No 1. P. 1–2. <http://oar.icrisat.org/id/eprint/2482>.

Gupta, N., & Bhagyawant, S. S. (2021). Bioactive peptide of *Cicer arietinum* L. induces apoptosis in human endometrial cancer via DNA fragmentation and cell cycle arrest. *3 Biotech*. Vol. 11. No 2. Art. 63. P. 1–13. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02614-6>.

Halila, I., Rubio, J., Millan, T., Gil, J., Kharrat, M., & Marrakchi, M. (2009). Resistance in chickpea (*Cicer arietinum*) to Fusarium wilt race '0'. *Plant Breeding*. Vol. 129. No 5. P. 563–566. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2009.01703.x>.

Jadhav, A. A., Rayate, S. J., Mhase, L. B., Thudi, M., Chitikineni, A., Harer, P. N., & Kulmal, P. L. (2015). Marker-trait association study for protein content in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Genetics*. Vol. 94. No 2. P. 279–286. <https://doi.org/10.1007/s12041-015-0529-6>.

Jukanti A., Gaur P., Gowda C., & Chiblar R. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea. *British Journal of Nutrition*. Vol. 108. No S1. P. 11–26. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000797>.

Kobyzeva L. N., & Vus N. O. (2016). Topical trends and achievements of the world breeding of chickpea cultivars for resistance to unfavorable bio- and abiotic factors. *Plant Breeding and Seed Production*. No 110. P. 67–82. (in Ukrainian).

Lin, R., Yang, H., Khan, T. N., Siddigie, K. H. M., & Yan, G. (2008). Characterization of genetic diversity and DNA fingerprinting of Australian chickpea

(*Cicer arietinum* L.) cultivars using MFLP markers. *Australian Journal of Agricultural Research*. Vol. 59. No 8. P. 707–713. <https://doi.org/10.1071/AR07401>.

Maqbool, M. A., Aslam, M., & Ali, H. (2017). Breeding for improved drought tolerance in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plant Breeding*. Vol. 136. P. 300–318. <https://doi.org/10.1111/pbr.12477>.

Merga, B., & Haji, J. (2019). Economic importance of chickpea: Production, value, and world trade. *Cogent Food & Agriculture*. Vol. 5. No 1. Art. 1615718. P. 1–12. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1615718>.

Musiienko, L. (2024). Main prospects for chickpea cultivation in the forest-steppe zone. *Scientific Research in the Conditions of Rapid Development of Information Technologies: Collection of abstracts of the XXXI International scientific and practical conference* (Helsinki, July 17–19, 2024). Helsinki: International Scientific Unity. Section: Agricultural sciences. P. 10–11.

Ruiz-Zambrano, N. L., Pérez-Carrillo, E., Serna-Saldívar, S. O., & Tejada-Ortigoza, V. (2024). Effect of thermal, nonthermal, and combined treatments on functional and nutritional properties of chickpeas. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 64. No 31. P. 11356–11374. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2237577>.

Saeed, A., Hovsepyan, H., Darvishzadeh, R., Imtiaz, M., Panguluri, S. K., & Nazaryan, R. (2011). Genetic diversity of Iranian accessions, improved lines of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and their wild relatives by using simple sequence repeats. *Plant Molecular Biology Reporter*. Vol. 29. P. 848–858. <https://doi.org/10.1007/s11105-011-0294-5>.

Sichkar, V. I. (2002). State and prospects of breeding leguminous crops in the Plant Breeding and Genetics Institute of UAAS. *Zbirnyk naukovykh prats' SHI – NTsNS (Scientific Bulletin of PBGI – NCSCI)*. Vol. 3. No 43. P. 92–103. (in Ukrainian).

Sichkar, V. I., Lavrova, H. D., Koloianidi, N. D., & Dzhus, T. O. (2023). Chickpea is a promising source of dietary protein. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. Vol. 19. P. 172–193. <https://doi.org/10.37555/2707-3114.19.2023.295154>. (in Ukrainian).

Soregaon, C. D., & Ravikumar, R. L. (2012). Segregation of Fusarium wilt resistance in recombinant inbred lines of two diverse crosses of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*. Vol. 25. No 1. P. 127–128.

Taran, B., Holm, F., & Banniza, S. (2013). Response of chickpea cultivars to pre- and post-emergence herbicide applications. *Canadian Journal of Plant Science*. Vol. 93. No. 2. P. 279–286. <https://doi.org/10.1139/CJPS2012-139>.

Taran, B., Warkentin, T. D., Vandenberg, A., & Holm, F. A. (2010). Variation in chickpea germplasm for tolerance to imazethapyr and imazamox herbicides. *Canadian Journal of Plant Science*. Vol. 90. No. 1. P. 139–142. <https://doi.org/10.4141/cjps09061>.

Thompson, C., & Taran, B. (2014). Genetic characterization of the *acetohydroxyacid synthase* (AHAS) gene responsible for resistance to imidazolinone in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. Vol. 127. No 7. P. 1583–1591. <https://doi.org/10.1007/s00122-014-2320-0>.

Upadhyaya, H. D., Furman, B. J., Dwivedi, S. L., Udupa, S. M., Gowda, C. L. L., Baum, M., ... & Singh, S. (2006). Development of a composite collection for mining germplasm possessing allelic variation for beneficial traits in chickpea. *Plant Genetic Resources*. Vol. 4. P. 13–19. <https://doi.org/10.1079/PGR2005101>.

Vus, N. O., Kobyzeva, L. N., & Besuhla, O. M. (2017). Breeding value of chickpea accessions in terms of drought resistance in the conditions of the eastern forest-steppe of Ukraine. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy (Scientific Reports of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine)*. Vol. 4. No 68. P. 17. <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2017.04.008> (in Ukrainian).