

<https://doi.org/10.15407/frg2024.06.515>

УДК: 581.1

ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЯКІСТЬ НУТУ ЗА УМОВ ДЕФІЦИТУ ВОЛОГИ

Н.О. КОЛОЯНІДІ

Миколаївський національний аграрний університет
54008 Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9
e-mail: koloanidinadezda@gmail.com

В умовах сучасних кліматичних змін забезпеченість вологою та температура впродовж вегетаційного періоду значно впливають на врожайність основних культур, зокрема зернобобових, які є важливим джерелом рослинного білка. У цьому контексті нут набуває все більшого значення як перспективна бобова культура, здатна забезпечувати високі та стабільні врожаї в умовах недостатнього зволоження. За результатами багаторічних польових досліджень і виробничих випробувань встановлено, що розробка агротехнічних прийомів вирощування нуту в богарних умовах Півдня України потребує врахування особливостей культури й ґрунтово-кліматичних умов регіону. Так, збільшення ширини міжрядь до 45 см за норми висіву насіння 0,4 млн шт/га знижує сумарне водоспоживання посівів нуту та підвищує коефіцієнт водоспоживання на 4 % порівняно з посівами із шириною міжрядь 15 см і нормою висіву 0,6 млн шт/га. При цьому в широкорядних посівах продуктивність сортів нуту була на 0,07—0,19 т/га вищою. Виявлено тісні кореляційні зв'язки між кліматичними умовами вегетаційного періоду й продуктивністю сортів даної культури. Сильну позитивну кореляцію знайдено між кількістю опадів, величиною гідротермічного коефіцієнта й урожайністю ($r = 0,73$ і $r = 0,75$, відповідно), вмістом білка в зерні та температурою ($r = 0,79—0,84$) та середньодобовою температурою повітря і тривалістю вегетації ($r = 0,89$). Найвища врожайність зерна нуту виявлена в сорту Буджак, який здатний формувати стабільні врожаї високої якості в умовах нерегулярного зволоження. Комплексне врахування особливостей культури й ґрунтово-кліматичних умов регіону є ключем до розробки ефективних агротехнічних прийомів вирощування нуту в умовах змін клімату, що дає змогу зменшити ризики, пов'язані з втратою урожайності через посуху, з метою забезпечення сталого розвитку рослинництва Півдня України.

Ключові слова: *Cicer arietinum* L., нут, посухостійкість, жаростійкість, продуктивність.

Нут (*Cicer arietinum* L.), як багата на білок культура з високим рівнем посухостійкості, відіграє важливу роль у сільському господарстві України. Завдяки своїй здатності покращувати структуру ґрунту й збагачувати його азотом, нут сприяє ефективній сівоzmіні, що є критично важливим за дефіциту добрив і в умовах кліматичних змін. Зростаю-

Цитування: Колоянiдi Н.О. Продуктивнiсть i якiсть нуту за умов дефiциту вологи. *Фiзiологiя рослин i генетика*. 2024. 56, № 6. С. 515—528. <https://doi.org/10.15407/frg2024.06.515>

ча потреба в посухостійких культурах робить нут особливо актуальним, оскільки він адаптований до посушливих умов, що допомагає забезпечити продовольчу безпеку та сталий розвиток рослинництва в Україні.

Впровадження нуту в сівозміну є перспективним кроком для підвищення родючості ґрунтів і стабільності урожаїв. Нут, як бобова культура, здатний зв'язувати атмосферний азот, що знижує потребу в хімічних добривах і покращує структуру ґрунту. Крім того, його впровадження сприяє розширенню видового складу рослин за збільшення частки бобових, зменшуючи ризики появи специфічних для кукурудзи та інших зернових культур захворювань і шкідників [1–3].

В умовах змін клімату — тенденції до підвищення температури та скорочення рівнів забезпечення посівів доступною вологою протягом вегетації — впровадження нуту в аграрну практику стає критично важливим для забезпечення сталого розвитку зернового ринку країни. Враховуючи зростаючі вимоги до продовольчої безпеки та адаптації сільського господарства до нових екологічних умов, інтеграція нуту у виробничу структуру агропромислового комплексу є стратегічним кроком у забезпеченні стабільності зерновиробництва [4, 5].

Південь України характеризується сухим кліматом, де середня річна кількість опадів не перевищує 400–500 мм. Однак, незважаючи на такі умови, нут може бути перспективною культурою для регіону, оскільки має високий рівень резистентності до посухи. Серед відомих механізмів резистентності нуту до посухи варто згадати морфологічні зміни, фізіологічну адаптацію, підвищену порівняно з іншими культурами фотосинтетичну ефективність, а також активізацію сигнальних шляхів й експресії специфічних генів [6].

Рослини нуту розвивають глибоку та розгалужену кореневу систему, яка має доступ до води з глибших шарів ґрунту й дозволяє ефективніше поглинати вологу. Зменшений розмір листків мінімізує втрати води через транспірацію. У низці високопосухостійких сортів нуту за стресових умов листки також скручуються в трубочки, щоб зменшити площу листової поверхні, яка піддається впливу сонячного світла, тим самим підвищуючи терморезистентність і зменшуючи втрати води [7]. Рослини нуту характеризуються активним регулюванням відкриття й закриття продихів для оптимізації транспірації, що підвищує ефективність використання води в умовах посухи.

Рослини нуту накопичують численні осмоліти та індуктори посухостійкості, такі як пролін, гліцин-бетаїн і розчинні цукри, які допомагають підтримувати тургор клітин й осмотичний баланс за впливу посухи [8]. Завдяки розвинутому механізму нефотохімічного гасіння (NPQ), яке допомагає розсіювати надлишок світлової енергії у вигляді тепла, фотосинтетичний апарат захищається від фотопошкодження. У культури підвищена ефективність використання води (WUE), що дає змогу продукувати більше біомаси на одиницю спожитої води. Підвищена активність антиоксидантних ферментів, таких як супероксиддисмутаза, каталаза і пероксидаза, допомагає пом'якшити негативний вплив активних форм кисню в умовах посухи. Також у клітинах рослин нуту відбувається накопичення фенолів і фла-

воноїдів — ці сполуки мають антиоксидантні властивості й можуть захищати клітини від окиснювального стресу [9].

Відомо, що АБК є ключовим гормоном, який опосередковує реакцію на посуху, регулюючи закриття продихів, експресію генів та осмотичну адаптацію. Взаємодія між АБК та іншими гормонами, такими як етилен, саліцилова кислота й жасмонова кислота, регулює реакцію рослин нуту на посуху [9, 10]. У рослин нуту за умов посухи також посилюється експресія генів, пов'язаних зі стійкістю до цього стресора, таких що кодують синтез осмопротекторів, антиоксидантів і стресостійких білків [6, 11].

Синхронна дія усіх цих механізмів робить рослини нуту особливо стійкими до умов дефіциту вологи протягом вегетації. Водночас подальше підвищення стійкості рослин нуту до посухи потребує комплексного підходу, що охоплює геномну селекцію, генно-інженерні технології та адаптивні агрономічні стратегії. Передові методи селекції, такі як геномна селекція, використовують геномні маркери для прогнозування та відбору ознак посухостійкості. Ідентифікація QTL, пов'язаних з ознаками посухостійкості, допомагає в селекції за допомогою маркерів виведенню посухостійких сортів нуту [12]. Генно-інженерні підходи — інтродукція генів посухостійкості від інших видів або надекспресія власних генів, які реагують на посуху, також можуть підвищити посухостійкість нуту [6, 11].

Отже, механізмам формування високих рівнів термо- та посухорезистентності нуту в умовах змін клімату присвячені численні дослідження. Водночас, впровадження культури в нашої країні все ще є обмеженим. З огляду на це метою роботи було з'ясувати можливість поліпшення технологій вирощування низки перспективних сортів нуту в умовах дефіциту вологи на Півдні України.

Методика

Об'єкт дослідження — 4 районовані сорти нуту: Розанна, Пам'ять, Триумф і Буджак селекції Селекційно-генетичного інституту—Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення НААН України. Схема досліду містила такі способи сівби — рядковий (15 см) і широкорядний (45 см). Посівна площа ділянки першого порядку 75 м², облікова — 50 м². Попередник — ячмінь ярий. Агротехніка вирощування була загальноприйнятою для зони з врахуванням досліджуваних чинників.

Фенологічні спостереження та визначення біологічних показників проводили відповідно до загальноприйнятих методик для сортовипробування зернобобових культур [13—15]. Початок фенологічних фаз росту й розвитку рослин фіксували, коли вони наступали в 10 % рослин, а повні фази — в 75 % рослин. Забур'яненість посівів нуту обчислювали за кількістю бур'янів, які підраховували на майданчиках 1 м² по діагоналі в десяти точках на початку вегетації і перед збиранням урожаю з визначенням видового складу й маси бур'янів [16].

Спостереження за ростом і розвитком нуту з врахуванням досліджуваних чинників проводили в 2008—2010 рр., виробничу перевірку

отриманих результатів дослідів — в 2017—2019 рр. у господарствах Миколаївської обл. (Вітовський р-н).

З метою аналізу метеорологічних умов за роки досліджень рослин нуту використовували гідротермічний індекс/коефіцієнт водного забезпечення рослин Селянінова (К). Індекс розраховували таким чином:

$$K = P / 0,1 \Sigma t,$$

де Р — сума середньомісячної кількості опадів у мм;

Σt — сума середньодобових температур повітря $> 0^{\circ}\text{C}$.

Сумарне водоспоживання ΣW (мм/га, $\text{м}^3/\text{га}$) визначали за формулою [17, 18]:

$$\Sigma W = W_0 - W_k + \Sigma O,$$

де W_0 — запаси продуктивної вологи в 0—100 см шарі ґрунту перед сівбою культури (мм/га, $\text{м}^3/\text{га}$);

W_k — запаси продуктивної вологи в 0—100 см шарі ґрунту наприкінці вегетації культури (мм/га, $\text{м}^3/\text{га}$);

ΣO — сума опадів за період вегетації культури, мм.

Коефіцієнт водоспоживання, що характеризує витрати води на формування 1 т насіння ($\text{м}^3/\text{т}$), розраховували на основі даних сумарного водоспоживання й урожайності сортів нуту по варіантам дослідів. Коефіцієнт водоспоживання K_v ($\text{м}^3/\text{т}$) визначали за формулою [19]:

$$K_v = \Sigma W : Y,$$

де ΣW — сумарне водоспоживання (мм/га, $\text{м}^3/\text{га}$);

Y — урожайність (т/га).

Збір урожаю зерна проводили прямим комбайнуванням Сампо-130.

Вміст білка в зерні визначали за Кьельдалем (ISO 1871:2009) [20].

Математичну обробку одержаних результатів проводили методом дисперсійного та кореляційно-регресійного аналізів з використанням пакетів програм Excel, Statistica 10, Agrostat (2013) [21, 22].

Результати та обговорення

Ґрунтово-кліматичні умови регіону мали певні особливості в період польових спостережень. Метеорологічні умови в першій половині вегетації 2008 р. були досить сприятливі для рослин нуту (опадів випало в межах норми), але в третій декаді червня спостерігалася ґрунтова посуха, що співпало з фазою наливання зерна (ВВСН 74—79), яка є критичною для культури (табл. 1).

Липень характеризувався надмірною кількістю опадів, які мали зливовий характер. Разом із підвищеною температурою повітря, що зберігалася, це прискорило розвиток рослин, що також не сприяло накопиченню ними необхідних поживних речовин. Загалом 2008 р. можна охарактеризувати як середньопосушливий, що відобразилося на врожайності досліджуваної культури.

ПРОДУКТИВНІСТЬ І ЯКІСТЬ НУТУ

ТАБЛИЦЯ 1. Метеорологічні умови в період вегетації нуту в роки досліджень

Роки досліджень	Середньодобова температура повітря, °С	Сума опадів, мм	Вологість повітря, %
2008	17,5	192	73
2009	18,4	117	59
2010	18,8	353	65
Середньобаторічні показники	17,4	188	65

Весняні та літні місяці 2009 р. характеризувалися значними погодними аномаліями, які істотно вплинули на розвиток досліджуваної культури. Березень і квітень відзначалися підвищеною температурою повітря та недостатньою кількістю опадів, що ускладнило появу сходів. Проте травень характеризувався достатньою кількістю опадів, що сприяло подальшому росту та розвитку рослин. Натомість у червні і липні була спекотна та суха погода, що негативно позначилося на формуванні, наливанні й дозріванні зерна.

У 2010 р. агрометеорологічні умови для формування врожаю нуту були неоднорідними протягом вегетаційного періоду. Загалом за цей час випало на 50 % більше опадів, ніж у середньому за багато років, що сприяло доброму розвитку рослин. Однак розподіл опадів був нерівномірним. У фазу формування зерна (ВВСН 74—79) посушливі умови та висока температура до 31—34 °С обмежували розвиток посівів. В період наливання зерна випали сильні зливові дощі, що дещо покращило стан посівів нуту та сприяло отриманню задовільного врожаю культури.

Сумарне водоспоживання є важливим показником для оцінки ефективності технологічних заходів, спрямованих на накопичення та раціональне використання продуктивної вологи під час вегетації сільськогосподарських культур, зокрема нуту. Цей показник дає змогу комплексно охарактеризувати умови вологозабезпеченості рослин протягом вегетаційного періоду, на відміну від оцінки лише вологості ґрунту в окремі періоди. Своєчасне визначення сумарного водоспоживання уможливорює вдосконалення і коригування технологічних підходів до управління водним режимом для отримання стабільних урожаїв за посушливих умов.

Умови Південного Степу України характеризуються нерівномірним розподілом атмосферних опадів, що має вирішальне значення для врожайності нуту, оскільки вони є основним джерелом вологи для рослин. Дослідження показали, що ефективність використання вологи значною мірою залежить від способів сівби цієї культури (рис. 1).

Наші розрахунки показали, що сумарне водоспоживання посівів нуту варіює від 3097 м³/га до 3199 м³/га залежно від способів сівби культури. Аналіз спостережень за споживанням вологи посівами нуту виявив, що надходження атмосферної вологи протягом вегетації забезпечує 63—66 % їх сумарного водоспоживання, що свідчить про вирішальну роль опадів у забезпеченні рослин водою.

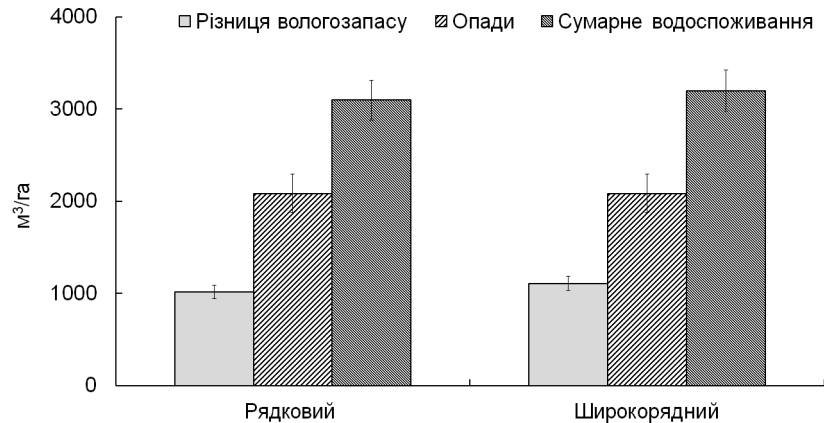


Рис. 1. Структура сумарного водоспоживання нуту залежно від способів сівби (середнє по сортах за 2008—2010 рр.)

У процесі вирощування сільськогосподарських культур важливим показником ефективності технологічних заходів є коефіцієнт водоспоживання, що демонструє загальну кількість води, яка витрачається на формування одиниці врожаю (рис. 2). Встановлено, що раціональне використання водних ресурсів на посівах нуту є важливим аспектом сталого зерновиробництва. Оптимальні параметри посіву, такі як норма висіву 0,4 млн шт/га та ширина міжрядь 45 см, дають змогу знизити коефіцієнт водоспоживання до 2185 м³/т у середньому по сортах. Натомість збільшення норми висіву до 0,6 млн шт/га призводить до підвищення коефіцієнта водоспоживання на 4 % — до 2276 м³/т.

Контроль бур'янів у посівах нуту залишається складним для вирішення питанням. Бур'яни в агрофітоценозі культури характеризувалися значним різноманіттям ботанічних таксонів. Найбільшу частку в структурі забур'яненості займали мишій сизий (54 %) та просо куряче (22 %) (рис. 3). Нут, як культура, характеризується повільним розвитком на початкових етапах вегетації, що зумовлює його високу

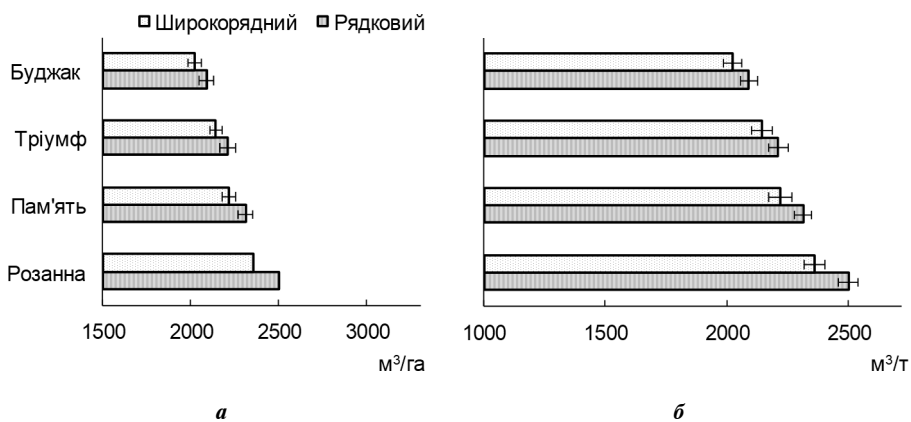


Рис. 2. Сумарне водоспоживання (а) і коефіцієнт водоспоживання (б) посівами сортів нуту залежно від способів сівби (у середньому за 2008—2010 рр.)



Рис. 3. Видовий склад бур'янів в агроценозах нуту (середнє за 2008—2010 рр.)

чутливість до конкуренції з боку швидкорослих бур'янів. Результати дослідження показали, що чисельність бур'янів у посівах нуту на стадії 2—5 листків культури (ВВСН 13—14) становила 112—160 шт/м² і залежала від способів сівби (рис. 4).

Результати досліджень, проведених у 2008—2010 рр., демонструють значні річні відмінності в кількості та масі бур'янів у посівах культури. Середня кількість бур'янів у фазі 2—5 листків нуту (ВВСН 13—14) становила 139 шт/м², але спостерігалися істотні коливання: від 102 шт/м² у 2009 р. до 167 шт/м² у 2010 р. Аналогічна динаміка спостерігалася і за масою сирової надземної речовини бур'янів, яка була найменшою у 2009 р. (206—281 г/м² на початку вегетації), а у 2008 та 2010 роках значно перевищувала ці показники. Такі коливання чисельності та маси бур'янів були зумовлені метеорологічними умовами в період проведення досліджень. Для більшості посівів Півдня України контроль дводольних видів бур'янів можливий за внесення гербіцидів класу імідазолінонів, а контроль теплолюбивих злакових бур'янів у другій-третій хвилях доцільно проводити грамініцидами

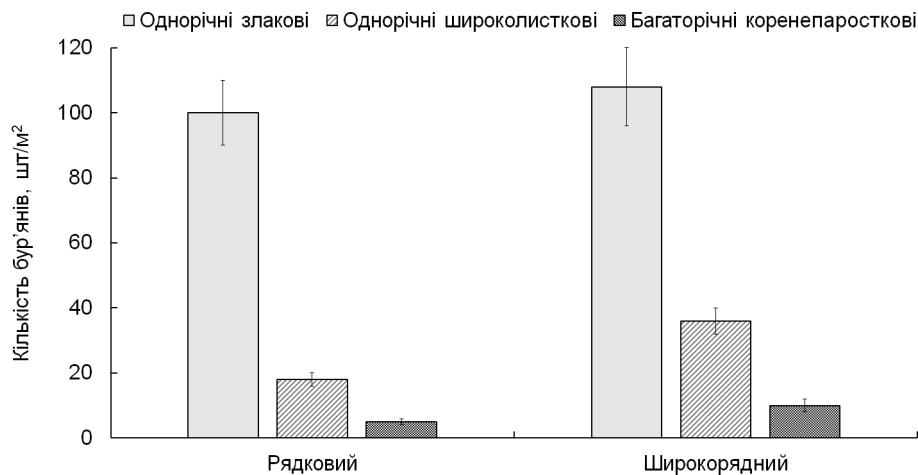


Рис. 4. Вплив способів сівби на забур'яненість посівів нуту, шт/м² (середнє за 2008—2010 рр.)

ТАБЛИЦЯ 2. Тривалість вегетаційного періоду, урожайність та вміст білка в зерні нуту (середнє за 2008—2010 рр.)

Сорт	Вегетаційний період, днів	Урожайність, т/га	Вміст білка в зерні, %
Розанна	111±1,1	1,29±0,10	24,2±0,50
Пам'ять	107±0,7	1,39±0,08	27,3±0,46
Тріумф	106±0,7	1,45±0,07	26,2±0,45
Буджак	106±0,5	1,55±0,09	26,0±0,40
Середнє	107±0,8	1,42±0,08	25,9±0,45

[23—25]. Багаторічні коренепаросткові види бур'янів доцільно контролювати на культурах попередників.

Тривалість вегетаційного періоду нуту є важливим чинником, який визначає можливість для культури уникнути періоду високих температур червня—липня. Цей показник також характеризує адаптованість сорту до кліматичних умов регіону. За результатами досліджень, проведених у 2008—2010 рр., було встановлено, що тривалість вегетаційного періоду різних сортів нуту коливалась від 106 до 111 діб (табл. 2). Отже, всі досліджувані сорти належать до групи середньостиглих, що свідчить про їхню здатність успішно адаптуватись до кліматичних умов вирощування.

Проведені дослідження показують, що вегетаційний період нуту характеризується різною тривалістю окремих міжфазних періодів. Найкоротшим є період від сівби до сходів (ВВСН 09), який займає лише 15 % загальної тривалості вегетаційного періоду. Наступні періоди, від сходів (ВВСН 09) до бутонізації (ВВСН 51—59) та від бутонізації (ВВСН 51—59) до цвітіння (ВВСН 61—69), становлять по 14 % і 16 % відповідно, а 16 % припадає на період від цвітіння (ВВСН 61—69) до формування бобів (ВВСН 71—79). Найтривалішим виявився період від формування бобів (ВВСН 71—79) до досягання зерна (ВВСН 81—85), який становив 39 % від усього вегетаційного періоду. Динаміка проходження фенологічних фаз від сходів до бутонізації була практично однаковою серед досліджуваних сортів.

Тривалість основних періодів розвитку нуту визначається густотою стояння рослин у посівах. За рядкового способу сівби й зменшення площі під рослиною спостерігалось скорочення тривалості основних фаз розвитку. Так, період від повних сходів до бутонізації скоротився в середньому на 4 доби, від бутонізації до цвітіння — на 1 добу, а від цвітіння до досягання — на 3 доби.

Збільшення ширини міжрядь від традиційних 15 до 45 см позитивно вплинуло на умови розвитку рослин. Дане рішення сприяло подовженню тривалості основних фенологічних періодів. Так, період від повних сходів до бутонізації збільшився в середньому на 3 доби, період бутонізації—цвітіння — на 2 доби, період цвітіння—досягання — на 2 доби. Отже, проведені дослідження підтверджують, що спосіб посіву має вагомий вплив на тривалість вегетаційного періоду нуту. Зокрема встановлено, що за широкорядного способу сівби цієї культури період від повних сходів до повної стиглості зерна в сортів збільшується на 5—9 днів порівняно з суцільним посівом.

Тривалість періоду сівба—сходи становила в середньому 16 днів, що є звичайним показником для даної культури. Критична для рослин фаза цвітіння характеризувалася значними атмосферними опадами та інтенсивним наростанням зеленої маси. Максимальні значення накопичення біомаси відзначали у міжфазний період цвітіння—формування бобів. У подальший період вегетації, у зв'язку з підсиханням верхніх і відмиранням нижніх листків, а також накопиченням у рослині сухих речовин, темпи наростання зеленої маси скорочувалися.

Дослідження тривалості вегетаційного періоду нуту (2008—2010 рр.) продемонстрували, що за суцільного способу сівби вона становила від 101 до 108 діб, тоді як при широкорядному — від 108 до 113 діб. Проведений аналіз виявив пряму залежність тривалості вегетаційного періоду нуту від метеорологічних показників. Встановлено високу позитивну кореляцію (0,89) між тривалістю вегетації та середньодобовою температурою повітря.

Розрахунки середньої врожайності сорту в контрастних умовах характеризують його генетичну пластичність та компенсаторну здатність (див. табл. 2). Встановлено, що найвищу врожайність насіння нуту в роки з підвищеною вологістю мав сорт Буджак — 1,55 т/га, що на 7—20 % більше, ніж у сортів Розанна, Пам'ять і Тріумф (1,29—1,45 т/га). Ці дані свідчать про високу генетичну пластичність і компенсаторну здатність сорту Буджак, що дає йому змогу формувати стабільно високий врожай в умовах мінливості зовнішнього середовища.

Вміст білка в зерні значно варіював залежно від гідрометеорологічних умов вегетаційного періоду. Так, у посушливих умовах 2009 р. вміст сирого протеїну був на 5—11 % вищим, ніж у надмірно вологому 2010 р. У 2008 р., коли умови зволоження наближались до середньобагаторічних, показник білковості зерна нуту становив 24,2—27,3 % залежно від сорту, перевищуючи рівень 2010 р. на 0,3—1,4 %. Збільшення вмісту білка зумовлено недостатньою кількістю опадів у період наливання зерна (як у 2009 р.), тоді як у 2010 р. в цей час випадали рясні дощі.

Виявлено, що генетичні характеристики досліджуваних сортів нуту істотно впливають на вміст білка в зерні. У посушливих умовах Південного Степу України сорт Пам'ять продемонстрував найвищий середньорічний показник — 27,3 %, що на 3,1 %, 1,1 та 1,3 % перевищувало результати сортів Розанна, Тріумф і Буджак, відповідно. Вміст білка в зерні одного сорту коливався в межах 4,6—5,9 % (відн.), що свідчить про високу стабільність цієї ознаки за посушливих умов.

Вміст білка в зерні нуту значно збільшувався за умов посухи. Так, у 2009 р., за несприятливих погодних умов, сорт Пам'ять продемонстрував найвищий вміст білка — 30,3 %. Подальші дослідження виявили сильну позитивну кореляцію між вмістом білка та температурою повітря ($r = 0,79—0,84$), що вказує на вагомий вплив кліматичних факторів на якісні характеристики нуту. Натомість між урожайністю та вмістом білка в зерні нуту статистично значущого зв'язку не спостерігалось.

Проведений аналіз кореляційних зв'язків свідчить, що на формування врожаю зерна нуту найбільший вплив мали кількість опадів

і гідротермічний коефіцієнт (ГТК) протягом вегетації. Виявлено сильний позитивний кореляційний зв'язок між цими показниками та урожайністю ($r = 0,73$ і $r = 0,75$, відповідно).

Вирощування нуту є важливою складовою сільськогосподарського виробництва в Миколаївській області, регіоні зі сприятливими кліматичними умовами для цієї культури. Упродовж 2017—2019 років у господарствах Вітовського та Снігурівського районів проводилося тестування технологічних елементів, спрямованих на підвищення продуктивності нуту. У ході випробувань використовували крупнозерні сорти нуту Тріумф та Буджак, які вже показали себе як найврожайніші за результатами попередніх досліджень. Господарства, що брали участь у тестуванні, — ФГ «Аграрник-В», ТОВ «НВО «Нові технології» та ТОВ «НВО «ТЕРНА» — змогли оцінити ефективність запропонованих технологічних рішень.

Результати досліджень продемонстрували, що на врожайність сортів нуту істотний вплив мають не лише способи посіву, а й метеорологічні умови (табл. 3). Так, у 2017 р. спостерігалася літня посуха із суховіями, що зумовило середню врожайність нуту на рівні 1,35 т/га. Зокрема, врожайність сортів Розанна, Пам'ять, Тріумф і Буджак становила 1,32, 1,26, 1,33 та 1,47 т/га, відповідно. У наступному, 2018 р., умови вирощування також були посушливими, що позначилося на середній врожайності нуту — 1,19 т/га. Врожайність сортів Розанна, Пам'ять, Тріумф і Буджак становила 1,16, 1,16, 1,19 та 1,29 т/га, відповідно. Натомість у 2019 р., завдяки підвищеній вологозабезпеченості рослин, середня врожайність нуту значно зросла й становила 1,42 т/га. Врожайність сортів Розанна, Пам'ять, Тріумф і Буджак досягла 1,38, 1,37, 1,40 та 1,52 т/га, відповідно.

Отже, проведені досліді переконливо довели, що на продуктивність сортів нуту мають визначальний вплив не лише технологічні чинники, а й метеорологічні умови, зокрема, забезпеченість рослин вологою протягом вегетації. В роки досліджень на продуктивність сортів нуту погодні умови впливали на 73 %, тоді як агротехнічні прийоми вирощування — лише на 11—10 %.

Проведені виробничі випробування впродовж 2017—2019 рр. підтвердили ефективність застосування широкорядної сівби нуту порівняно з традиційною рядковою технологією. У середньому, за результатами експериментальних досліджень у виробничих умовах,

ТАБЛИЦЯ 3. Продуктивність нуту у виробничих умовах (середня по сортах)

Спосіб сівби	Урожайність, т/га				Умовний збір сирого протеїну, кг/га
	2017	2018	2019	Середнє за 2017—2019 рр.	
Рядковий, 15 см	1,25±0,1	1,16±0,09	1,34±0,12	1,25	317
Широкорядний, 45 см	1,44±0,08	1,22±0,07	1,49±0,08	1,38	364
Середнє	1,35±0,09	1,19±0,08	1,42±0,15	—	—
НІР ₀₅	0,04	0,03	0,07	—	—

максимальну врожайність зерна та найвищий умовний збір сирого протеїну забезпечували посіви нуту з міжряддями 45 см і нормою висіву 0,4 млн схожих насінин на 1 га. Збільшення ширини міжрядь до 45 см дає змогу рослинам краще використовувати наявні ресурси, такі як вологу, поживні речовини та світло. Це сприяє кращому куцінню рослин, формуванню більшої кількості бобів і, відповідно, підвищенню врожайності культури. Крім того, зниження норми висіву до 0,4 млн схожих насінин на 1 га уможливорює зменшення витрат на посівний матеріал без зниження продуктивності посівів.

Результати досліджень доводять, що зменшення ширини міжрядь посіву нуту до 15 см при нормі висіву 0,6 млн схожих насінин на 1 га призводить до зниження врожайності зерна на 0,07—0,19 т/га порівняно із широкорядним посівом. При цьому знижується білковість зерна, що в свою чергу зменшує умовний збір сирого протеїну.

Таким чином, вирощування нуту в богарних умовах Півдня України потребує врахування особливостей культури і ґрунтово-кліматичних умов регіону. Встановлено тісні кореляційні зв'язки між кліматичними умовами протягом вегетаційного періоду й продуктивністю сортів даної культури. Збільшення ширини міжрядь сприяє підвищенню продуктивності та ефективності використання запасів вологи на формування одиниці врожаю культури.

Серед досліджуваних сортів найвища врожайність зерна нуту виявлена в сорту Буджак — на рівні 1,55 т/га, що перевищувало інші сорти на 7—20 %. Для цього сорту встановлено тісний (0,79—0,84) кореляційний зв'язок врожайності, вмісту білка в зерні з температурним режимом у період вегетації за широкорядного посіву, що дає змогу характеризувати його як стійкий до посухи та підвищених температур сорт, який здатний формувати стабільні врожаї високої якості в умовах нерегулярного зволоження.

Комплексне врахування особливостей культури і ґрунтово-кліматичних умов регіону є ключем до розробки ефективних агротехнічних прийомів вирощування нуту в умовах змін клімату, що сприяє зменшенню ризиків, пов'язаних із втратою врожайності через посуху, з метою забезпечення сталого розвитку рослинництва Півдня України.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Bender S.F., Wagg C., van der Heijden M.G. An underground revolution: Biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. *Trends Ecol. Evol.* 2016. N 31. P. 440—452. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.02.016>
2. Yonas M.W., Zawar, S. Optimizing chickpea growth: Unveiling the interplay of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobium for sustainable agriculture. *Soil Use Managem.* 2024. **40** (2). e13057. <https://doi.org/10.1111/sum.13057>
3. Maleki H.H., Pouralibaba H.R., Ghiasi R., Mahmodi F., Sabaghnia N., Samadi S., Zeinalzadeh-Tabrizi H., Rezaee Danesh Y., Farda B., Pellegrini M. Exploring resistant sources of chickpea against *Fusarium oxysporum* f. sp. ciceris in dryland areas. *Agriculture*. 2024. **14** (6). 824. <https://doi.org/10.3390/agriculture14060824>
4. Marteau-Bazouni M., Jeuffroy M.H., Guilpart N. Grain legume response to future climate and adaptation strategies in Europe: A review of simulation studies. *Eur. J. Agron.* 2024. **153**. 127056. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.127056>
5. Eitzinger J., Daneu V., Kubu G., Thaler S., Trnka M., Schaumberger A., Schneider S., Tran T.M.A. Grid based monitoring and forecasting system of cropping conditions and

- risks by agrometeorological indicators in Austria — agricultural risk information system ARIS. *Climate Services*. 2024. **34**. 100478. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2024.100478>
6. Kalve S., Gali K.K., Tar'an B. Genome-wide association analysis of stress tolerance indices in an interspecific population of chickpea. *Front. Plant Sci.* 2022. **13**. 933277. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.933277>
7. Negussu M., Karalija E., Vergata C., Buti M., Subašić M., Pollastri S., Loreto F., Martinelli F. Drought tolerance mechanisms in chickpea (*Cicer arietinum* L.) investigated by physiological and transcriptomic analysis. *Env. Exp. Bot.* 2023. **215**. 105488. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105488>
8. Jeffrey C., Trethowan R., Kaiser B. Chickpea tolerance to temperature stress: Status and opportunity for improvement. *J. Plant Physiol.* 2021. **267**. 153555. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2021.153555>
9. Azeem F., Ahmad B., Atif R.M., Ali M.A., Nadeem H., Hussain S., Manzoor H., Azeem M., Afzal M. Genome-wide analysis of potassium transport-related genes in chickpea (*Cicer arietinum* L.) and their role in abiotic stress responses. *Plant Mol. Biol. Rep.* 2018. N 36. P. 451—468. <https://doi.org/10.1007/s11105-018-1090-2>
10. Pappula-Reddy S., Pang J., Chellapilla B., Kumar S., Dissanayake B.M., Pal M., Millar A.H., Siddique K.H. Insights into chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotype adaptations to terminal drought stress: Evaluating water-use patterns, root growth, and stress-responsive proteins. *Env. Exp. Bot.* 2024. **218**. 105579. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105579>
11. Pappula-Reddy S.P., Kumar S., Pang J., Chellapilla B., Pal M., Harvey Millar, Kadambot H.M. Siddique. High-throughput phenotyping for terminal drought stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plant Stress*. 2024. **11**. 100386. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100386>
12. Volkova N.E., Slisichuk G.I., Zakharova O.O., Marchenko T.Y., Sichkar V.I., Vozhehova R.A. Analysis of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes by microsatellite loci of the QTL-hotspot—region associated with drought tolerance. *Plant Varieties Studying Protect.* 2023. **19** (4). P. 226—231. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291223>
13. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури). Волкодав В.В. (Ред.). Київ, 2001. 110 с.
14. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернобобових та круп'яних на відмінність, однорідність і стабільність. Ткачик С.О. (Ред.). Вінниця, 2016. 217 с.
15. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. Ткачик С.О. (Ред.). Вінниця, 2016. 82 с.
16. Лебідь Є.М., Циков В.С., Матюха Л.П. Методика проведення польових дослідів по визначенню забур'яненості та ефективності засобів її контролювання в агрофітоценозах. Дніпропетровськ: Ін-т зерн. госп-ва УААН, 2008. 12 с.
17. Вожегова Р.А., Лиховид П.В., Біляєва І.М., Лавренко С.О., Бойченко Х.І. Модифікований метод Хольдріджа для визначення евапотранспірації. *Аграрні інновації*, **3**. 2020. С. 17—20.
18. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: Нічлава, 2003. 320 с.
19. Lowry R.L., Johnson A.F. Consumptive use of water for agriculture. *Amer. Soc. Civil Eng. Transact.* 1942. **107**. P. 1243—1266.
20. INTERNATIONAL STANDARD ISO 1871:2009 Food and feed products — General guidelines for the determination of nitrogen by the Kjeldahl method <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/41320/e632a064184c4ed992c920bd7b22819d/ISO-1871-2009.pdf>
21. Основи наукових досліджень в агрономії. Єщенко В.О. (Ред.). Київ: Дія, 2005. 288 с.
22. Ушкаренко В.О., Нікіщенко В.Л., Голобородько С.П., Коковихін С.П. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів: монографія. Херсон: Айлант, 2009. 345 с.
23. Бушулян О.В., Січкач В.І. Нут: генетика, селекція, насінництво, технологія вирощування: монографія. Одеса, 2009. 248 с.
24. Bhan V.M., Kukula S. Weeds and their control in chickpea. In: *The Chickpea* Saxena M.C., Singh K.B. (Eds.). CABInternational, Wallingford. 1987. P. 319—328.
25. Calcagno F., Verona G., Gallo G. Chemical weed control for chickpea in Sicily, Italy. *Int. Chickpea Newslet.* 1987. N 7. P. 34—35.

Отримано 19.08.2024

REFERENCES

1. Bender, S.F., Wagg, C. & van der Heijden, M.G. (2016). An underground revolution: Biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. *Trends Ecol. Evol.*, No. 31, pp. 440-452. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.02.016>
2. Yonas, M.W. & Zavar, S. (2024). Optimizing chickpea growth: Unveiling the interplay of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobium for sustainable agriculture. *Soil Use Managem.*, 40 (2), e13057. <https://doi.org/10.1111/sum.13057>
3. Maleki, H.H., Pouralibaba, H.R., Ghiasi, R., Mahmodi, F., Sabaghnia, N., Samadi, S., Zeinalzadeh-Tabrizi, H., Rezaee Danesh, Y., Farda, B. & Pellegrini, M. (2024). Exploring resistant sources of chickpea against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* in dry-land areas. *Agriculture*, 14 (6), 824. <https://doi.org/10.3390/agriculture14060824>
4. Marteau-Bazouni, M., Jeuffroy, M.H. & Guilpart, N. (2024). Grain legume response to future climate and adaptation strategies in Europe: A review of simulation studies, *Europ. J. Agron.*, 153, 127056. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.127056>
5. Eitzinger, J., Daneu, V., Kubu, G., Thaler, S., Trnka, M., Schaumberger, A., Schneider, S. & Tran, T.M.A. (2024). Grid based monitoring and forecasting system of cropping conditions and risks by agrometeorological indicators in Austria — agricultural risk information system ARIS. *Climate Services*, 34, 100478. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2024.100478>
6. Kalve, S., Gali, K.K. & Tar'an, B. (2022). Genome-wide association analysis of stress tolerance indices in an interspecific population of chickpea. *Front. Plant Sci.*, 13, 933277. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.933277>
7. Negussu, M., Karalija, E., Vergata, C., Buti, M., Subašić, M., Pollastri, S., Loreto, F. & Martinelli, F. (2023). Drought tolerance mechanisms in chickpea (*Cicer arietinum* L.) investigated by physiological and transcriptomic analysis. *Env. Exp. Bot.*, 215, 105488. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105488>
8. Jeffrey, C., Trethowan, R. & Kaiser, B. (2021). Chickpea tolerance to temperature stress: Status and opportunity for improvement. *J. Plant Physiol.*, 267, 153555. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2021.153555>
9. Azeem, F., Ahmad, B., Atif, R.M., Ali, M.A., Nadeem, H., Hussain, S., Manzoor, H., Azeem, M. & Afzal, M. (2018). Genome-wide analysis of potassium transport-related genes in chickpea (*Cicer arietinum* L.) and their role in abiotic stress responses. *Plant Mol. Biol. Rep.*, No. 36, pp. 451-468. <https://doi.org/10.1007/s11105-018-1090-2>
10. Pappula-Reddy, S., Pang, J., Chellapilla, B., Kumar, S., Dissanayake, B.M., Pal, M., Millar, A.H. & Siddique, K.H. (2024). Insights into chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotype adaptations to terminal drought stress: Evaluating water-use patterns, root growth, and stress-responsive proteins. *Env. Exp. Bot.*, 218, 105579. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105579>
11. Pappula-Reddy, S.P., Kumar, S., Pang, J., Chellapilla, B., Pal, M., Harvey Millar, Kadambot, H.M. & Siddique (2024). High-throughput phenotyping for terminal drought stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.), *Plant Stress*, 11, 100386. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100386>
12. Volkova, N.E., Slisichuk, G.I., Zakharova, O.O., Marchenko, T.Y., Sichkar, V.I. & Vozhehova, R.A. (2023). Analysis of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes by microsatellite loci of the QTL-hotspot—region associated with drought tolerance. *Plant Varieties Studying Protect.*, 19 (4), pp. 226-231. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.4.2023.291223>
13. Volkodav, V.V. (2001). Methodology of the State variety testing of agricultural crops (cereal, cereal and leguminous crops). Kyiv [in Ukrainian].
14. Tkachyk, S.O. (2016). Methodology of examination of plant varieties of the leguminous and cereal groups for distinction, uniformity and stability. Vinnytsia [in Ukrainian].
15. Tkachyk, S.O. (2016). Methodology for examination of plant varieties of the cereal, grain and leguminous group for suitability for distribution in Ukraine. Vinnytsia [in Ukrainian].
16. Lebid, E.M., Tsykov, V.S. & Matyuha, L.P. (2008). Methodology for conducting field experiments to determine weediness and effectiveness of means of its control in agro-phytocenoses. Dnipropetrovsk: In-te of grain state un-ty of Ukraine. [in Ukrainian].
17. Vozhehova, R.A., Lykhovyd, P.V., Bilyaeva, I.M., Lavrenko, S.O. & Boytsenyuk, Kh.A. (2020). Modified Holdridge method for determining evapotranspiration. *Agrarian Innovations*, 3, pp. 17-20 [in Ukrainian].

18. Hrytsaenko, Z.M., Hrytsaenko, A.O. & Karpenko, V.P. (2003) Methods of biological and agrochemical research of plants and soils. Kyiv: Nichlava, 320 p.
19. Lowry, R.L. & Johnson, A.F. (1942). Consumptive use of water for agriculture. Amer Soc. Civil Eng. Transact., 107, pp. 1243-1266.
20. INTERNATIONAL STANDARD ISO 1871:2009 Food and feed products — General guidelines for the determination of nitrogen by the Kjeldahl method <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/41320/e632a064184c4ed992c920bd7b22819d/ISO-1871-2009.pdf>
21. Yeshchenko, V.O. (2005). Basics of scientific research in agronomy. Kyiv: Diya [in Ukrainian].
22. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P. & Kokovikhin, S.P. (2009). Dispersion and correlation analysis of the results of field experiments: monograph. Kherson: Ailant [in Ukrainian].
23. Bushulyan, O.V. & Sichkar, V.I. (2009). Chickpea: genetics, selection, seed production, growing technology: monograph. Odesa [in Ukrainian].
24. Bhan, V.M. & Kukula, S. (1987). Weeds and their control in chickpea. In: The Chickpea. Saxena, M.C. & Singh, K.B. (Eds.). CABInternational, Wallingford, pp. 319-328.
25. Calcagno, F., Verona, G. & Gallo, G. (1987). Chemical weed control for chickpea in Sicily, Italy. Int. Chickpea Newslet., No. 7, pp. 34-35.

Received 19.08.2024

PRODUCTIVITY AND QUALITY OF CHICKPEA UNDER CONDITIONS OF WATER DEFICIT

N.O. Koloianidi

Mykolayiv National Agrarian University
9 Georgiy Gongadze St., Mykolaiv, 54008, Ukraine
e-mail: koloianidinadezda@gmail.com

Under the conditions of current climate changes, the water availability and temperature during the growing season have a significant impact on the yield of the main crops, including legumes, which are an important source of plant protein. In this context, chickpea is becoming increasingly important as a promising legume crop capable of providing high and stable yields under conditions of insufficient rainfall. According to the results of many years field research and farm tests, it was established that the development of agrotechnical methods of chickpea cultivation under the arid conditions of Southern Ukraine requires taking into account the peculiarities of the culture and the soil and climatic conditions of the region. In particular, increasing the rows width to 45 cm at the seed sowing rate of 0.4 million per ha reduces the total water consumption of chickpea crops and increases the water consumption ratio by 4 % compared to crops with a row width of 15 cm and the sowing rate of 0.6 million per ha. At the same time, in wide-row crops, the productivity of chickpea varieties was 0.07–0.19 t/ha higher. Close correlations were established between the climatic conditions of the growing season and the crop productivity. A strong positive correlation was found between the amount of precipitation, the value of the hydrothermal coefficient and productivity ($r = 0.73$ and $r = 0.75$, respectively), the protein content in grain and average daily air temperature ($r = 0.79$ – 0.84), and the average daily air temperature and duration of vegetation ($r = 0.89$). The highest yield of chickpea grain was found for the Bujak variety, which is able to form stable yields of high quality under conditions of irregular rainfall. Comprehensive consideration of the culture peculiarities and the soil and climatic conditions of the region is the key to the development of effective agrotechnical methods for growing chickpea under conditions of climate change, which allows to reduce the risks of productivity loss under water deficit, in order to ensure the sustainable development of crop production in the South of Ukraine.

Key words: *Cicer arietinum* L., chickpea, drought resistance, heat resistance, productivity.

ORCID

Н.О. КОЛОЯНІДІ — N.O. Koloianidi <https://orcid.org/0009-0008-1494-9715>