

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 581.112:631.8]:635.657

doi: 10.25128/2078-2357.24.3–4.8

I. В. ЧЕРНІК

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: igor77cheri@gmail.com

ПАРАМЕТРИ ВОДООБМІНУ ЛИСТКІВ НУТУ ЗВИЧАЙНОГО (*CICER ARIETINUM* L.) ЗА ВПЛИВУ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ

У статті представлено результати дослідження впливу передпосівної обробки насіння бактеріальною суспензією селекціонованого штаму *Mesorhizobium ciceri* ND-64 (БС) та комплексним мікробним препаратом Ризогумін на показники водообміну листків нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) сорту Скарб за вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України (Тернопільська область). Встановлено, що мікробні препарати та кліматичні чинники впливають на параметри водного режиму рослин нуту звичайного. У фазі цвітіння, початок утворення бобів тканини листків рослин усіх варіантів характеризувалися найбільшим умістом води упродовж досліджуваного періоду. Статистично вірогідний показник загального вмісту води в листках визначено за впливу інокуляції БС у фазі вегетації та Ризогуміном під час цвітіння, початок утворення бобів.

Упродовж онтогенезу обробка насіння перед сівбою мікробними препаратами знижувала показники водного дефіциту та підвищувала водоутримувальну здатність тканин листків нуту звичайного. У фазах цвітіння, початок утворення бобів і зеленого бобу визначено статистично вірогідне зниження водного дефіциту листків за впливу мікробних препаратів на 19,0 % та 37,5 % (БС) і 25,0 % та 32,3 % (Ризогумін) і підвищення їх водоутримувальної здатності. Через 2 год після випаровування води листки *Cicer arietinum* втратили на 11,0 % (БС) та 37,4 % (Ризогумін), через 4 год – на 19,3 % (БС) та 39,7 % (Ризогумін), через 24 год – на 21,2 % (БС) та 41,5 % (Ризогумін) її менше. У фазі зеленого бобу за більш тривалого зневоднення (через 4 та 24 год) листки дослідних рослин статистично вірогідно з більшою силою утримували воду й на 21,5 % та 13,6 % (БС) і 27,2 % та 16,6 % (Ризогумін) менше її втрачали порівняно з контролем.

Зменшення показників водного дефіциту листків та підвищення їх водоутримувальної здатності вказує на вищу посухостійкість рослин нуту звичайного сорту Скарб за обробки насіння бактеріальною суспензією *Mesorhizobium ciceri* ND-64 та комплексним мікробним препаратом Ризогумін.

Ключові слова: *Cicer arietinum* L., інокуляція, водний дефіцит, водоутримувальна здатність, мікробні препарати.

Характерною ознакою сьогодення є інтенсивні зміни кліматичних умов, які суттєво впливають на природну та культивовану флору. У 2023 році було зафіксовано рекордні температури у світі. Влітку цього ж року в Європі екстремальні хвилі спеки вплинули на південну половину континенту, а в деяких регіонах температура повітря перевищила 45°C. Варто зазначити, що в Європі повітря нагрівається вдвічі швидше, як порівняти з середніми показниками температури у світі. У результаті столітнього спалювання викопного палива Європа стикається з

безпрецедентним потеплінням та ескалацією екстремальних кліматичних явищ, підкреслених рекордною спекою, посухами та повеннями у 2022 та 2023 роках [23].

Сільське господарство вразливе до зміни клімату та зазнає значних економічних втрат [15]. Фермери можуть адаптуватися до зміни клімату, вживаючи заходів у власному масштабі, завдяки впровадженню нових практик [21]. Зазначені процеси відомі в літературі як приватна адаптація, пов'язані з пристосуваннями, які фермерські господарства можуть вжити на своєму рівні від інтенсивного (зокрема, зміна попиту на фактори виробництва) та екстенсивного шляхів (наприклад, зміна у виборі культури) до прийняття нових практик (наприклад, агролісомеліорація), більш сприятливих до зміни кліматичних умов [22]. Аналізуючи розвиток європейського сільського господарства, прогнозують, що кліматичні зміни можуть мати негативні наслідки в середньостроковій та позитивні – у довгостроковій перспективі [20], а врожайність культурних рослин в умовах зміни клімату в результаті адаптації може зрости від 7 до 15 % [17].

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

Перспективною посухо- та жаростійкою культурою, що може переносити спеку та повітряну посуху, є нут звичайний (*Cicer arietinum* L.) [2, 9, 10, 11]. Це третя за значимістю бобова культура у світі після квасолі, яка широко культивується та споживається. Попит на насіння нуту, що складається на 80 % з вуглеводів, багате білками, харчовими волокнами, вітамінами та мінеральними речовинами, зумовлений харчовою цінністю компонентів його хімічного складу і відтак суттєво впливає на показники виробництва [19]. Нут як бобова культура в прохолодну пору року є основним джерелом білків спеціально для населення у країнах, що розвиваються [14].

Варто зазначити, що нут звичайний за впливу теплового стресу, особливо під час репродуктивної фази росту і розвитку, знижує насінневу продуктивність [12]. Температура понад 27°C негативно впливає на ріст листків, а понад 30°C зменшує плодючість репродуктивних органів нуту. Зниження урожайності вперше спостерігали за температури нижчої за 32°C у генотипі, чутливому до спеки, і за 34°C – у генотипі, стійкому до спеки, після 12 год стресу [18].

На продуктивність культури суттєво впливають елементи технології вирощування. Нині велику увагу приділяють екологічно безпечним препаратам, зокрема бактеріальним [13]. Оскільки територія України знаходиться в різних ґрунтово-кліматичних зонах, тому нут звичайний потребує детального розроблення та дослідження технологій вирощування [3], встановлення їх впливу на фізіологічні показники. Сьогодні вплив мікробних препаратів на параметри водообміну рослин нуту звичайного в умовах Західного Лісостепу України досліджений недостатньо, тому це питання заслуговує на увагу.

Метою роботи було дослідити вплив бактеріальної суспензії селекціонованого штаму *Mesorhizobium ciceri* ND-64 (БС) та комплексного мікробного препарату Ризогумін на показники водообміну листків нуту звичайного.

Матеріали та методи досліджень

У дослідженні використовували нут звичайний сорту Скарб, який характеризується високою стійкістю до посухи та до хвороб, є крупнонасінним, високоврожайним і середньостиглим (тривалість вегетаційного періоду 88-93 діб). Насіння світло-жовте, проміжної форми, поверхня морщиниста. У насінні накопичується до 30 % білка та до 7 % олії. Має добрі смакові якості та швидко розварюється. Сорт рекомендований для Степу та Лісостепу, відноситься до середземноморського підвиду (subsp. *mediterraneum*. G. Pop.), тип Kabuli, різновидність іспанко-флавесценс, субрізновидність пірокарпум (*hispanico-flavescens* subvar. *pirocarpum* G. Pop.) [4]. Насіння нуту звичайного сорту Скарб отримали із Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортотивчення (м. Одеса).

Дослідження проводили упродовж 2021–2024 років на чорноземі типовому важкосуглинистому агробіологічній лабораторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (ТНПУ) у трьох варіантах та чотирьох повтореннях. Насіння нуту звичайного контрольного варіанту (К) перед сівбою зволожували водою з водогону із розрахунку 2 % від його маси, а дослідних – рідкими формами бактеріальної суспензії селекціонованого штаму *Mesorhizobium ciceri* ND-64 (БС) та Ризогуміну згідно з нормами виробника. Мікробні препарати отримали з Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України (м. Чернігів). Технологія вирощування культури нуту звичайного типу для Лісостепу України (норма висіву – 400 тис. насінин на 1 га, ширина міжрядь 45 см, глибина сівби – 3–4 см, строк сівби – друга половина квітня) [8].

Упродовж вегетації нуту звичайного визначали загальний уміст води у листках, їх водоутримувальну здатність за А. Арландом та водний дефіцит у лабораторії фізіології рослин і мікробіології [1]. Статистичну обробку результатів дослідження здійснювали за допомогою комп'ютерної програми *Microsoft Excel*.

Результати досліджень та їх обговорення

Вода в організмі рослини є необхідним середовищем і безпосереднім учасником всіх фізіолого-біохімічних процесів. Її вміст у тканинах є величиною динамічною і непостійною, залежить від віку тканини й органу, його топографії, інтенсивності протікання фізіологічних процесів, доступності ґрунтової вологи, а також від співвідношення кількості поглинутої і втраченої води [1]. У результаті досліджень встановлено, що інокуляція насіння нуту звичайного перед сівбою БС та Ризогуміном сприяла підвищенню загального вмісту води у листках рослин упродовж їх онтогенезу (табл. 1). Під час фази вегетації статистично вірогідний показник вмісту води у листках рослин виявлено за впливу Ризогуміну, що на 3,2 % більше, порівнюючи з контролем.

Таблиця 1

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

Варіант	Фаза росту і розвитку рослин		
	вегетації* ¹	цвітіння, початок утворення бобів* ²	зелений біб* ³
Контроль	75,82±0,51	76,73±0,56	76,12±0,40
БС	76,46±0,49	79,36±0,56*	78,06±0,85
Ризогумін	78,23±0,37*	78,92±0,78	75,44±0,25

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

*¹ – температура повітря – 20°C, вологість = 60 %, сила вітру – 6,7 км/год;

*² – температура повітря – 25°C, вологість = 57 %, сила вітру – 5 км/год;

*³ – температура повітря – 21°C, вологість = 55 %, сила вітру – 12 км/год.

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

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

на 2,5 % –порівнюючи з контролем. Зменшення обводнення листків, очевидно, можна пояснити нижчою вологістю повітря, більшою силою вітру та початком старіння листків.

Водний дефіцит є важливим параметром, що характеризує водний режим рослин. Він суттєво залежить від природних чинників, що спричиняють посуху, спостерігається за різкого зниження вологості та підвищення температури повітря, відтак це призводить до підвищення температури рослин та втрати ними води [7]. Для подолання водного дефіциту культурні рослини формують складні механізми стійкості та адаптації, включаючи біохімічні та фізіологічні реакції [16]. Результатом пристосування рослин до дефіциту води є зменшення листової поверхні, продихової транспірації, збільшення співвідношення підземної та наземної частини [5]. Одним із важливих механізмів посухостійкості культур і зниження їх водного дефіциту є осмотичне регулювання, що реалізується через зниження осмотичного потенціалу за рахунок накопичення неорганічних і органічних осмолітів (аланіну, валіну, проліну, тощо) [7].

Встановлено, що передпосівна обробка насіння нуту звичайного мікробними препаратами суттєво впливала на показники водного дефіциту рослин упродовж їх онтогенезу (табл. 2). У фазі вегетації листки рослин дослідних варіантів характеризувалися на 14,4 % (БС) та 15,5 % (Ризогумін) меншими показниками дефіциту води. Варто зазначити, що в цій фазі росту і розвитку рослин вологість повітря була найвищою (60 %), порівнюючи з іншими фазами, що відповідно вплинуло на показники водного дефіциту листків усіх варіантів. У зазначений період досліджувани параметри були в 2,1 (цвітіння, початок утворення бобів) та 2,8 (зелений біб) (варіант Контроль), відповідно 2,0 та 2,1 (БС), 1,9 та 2,3 (Ризогумін) рази меншими, порівнюючи з наступними фазами росту та розвитку рослин. У фазі цвітіння, початок утворення бобів визначено статистично вірогідне зниження водного дефіциту за впливу мікробних препаратів на 19,0 % (БС) та 25,0 % (Ризогумін). Аналогічну закономірність визначено і у фазі зеленого бобу: 37,5 % (БС) та 32,3 % (Ризогумін).

Таблиця 2

Вплив мікробних препаратів на водний дефіцит (%) листків нуту звичайного сорту Скарб,
 $M \pm m, n=6$

Варіант	Фаза росту і розвитку рослин		
	вегетації* ¹	цвітіння, початок утворення бобів* ²	зелений біб* ³
Контроль	8,24±0,18	17,22±0,80	23,31±1,21
БС	7,05±0,50	13,95±0,42*	14,58±1,05*
Ризогумін	6,96±0,31*	12,92±0,67*	15,79±0,84*

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

*¹ – температура повітря – 20°C, вологість = 60 %, сила вітру – 6,7 км/год;

*² – температура повітря – 25°C, вологість = 57 %, сила вітру – 5 км/год;

*³ – температура повітря – 21°C, вологість = 55 %, сила вітру – 12 км/год.

Одним із інформативних показників водного обміну культурних рослин є водоутримувальна здатність. Зазначений показник характеризує ступінь витривалості та реакцію рослин на зміни клімату [1]. Встановлено, що мікробні препарати впливали на водоутримувальну здатність листків нуту звичайного упродовж вегетаційного періоду (табл. 3). У фазі вегетації листки рослин контрольного та дослідних варіантів через 2 год практично втратили однакову кількість води. Спостерігалася тенденція до зменшення на 12,2 % водовтрати листками за впливу БС, порівнюючи з контролем. Аналогічну закономірність виявлено через 4 год. Кількість втраченої води листками рослин зазначеного вище варіанту була на 5,2 % меншою, порівнюючи з контролем. Через 24 год після випаровування листки нуту звичайного варіанту БС статистично вірогідно втратили на 9,7 % менше води, що вказує на вищу водоутримувальну здатність колоїдів цитоплазми мезофілу листків. За передпосівної обробки насіння Ризогуміном у фазі вегетації листки рослин характеризувалися вищим обводненням і це, очевидно, вплинуло на втрати ними води під час підсушування.

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

Варіант	Фаза росту і розвитку рослин		
	вегетації* ¹	цвітіння, початок утворення бобів* ²	зелений біб* ³
Втрата води листками через 2 год			
Контроль	18,92±1,15	26,92±0,86	10,96±0,47
БС	16,61±1,44	23,95±1,77	10,02±0,53
Ризогумін	18,36±0,85	16,85±1,27*	10,37±0,82
Втрата води листками через 4 год			
Контроль	31,48±0,90	35,26±1,21	17,18±0,77
БС	29,84±1,92	28,45±1,39*	13,53±0,64*
Ризогумін	32,88±1,09	21,28±1,63*	12,51±0,52*
Втрата води листками через 24 год			
Контроль	46,71±1,21	73,36±1,64	55,79±1,22
БС	42,64±0,64*	57,83±1,51*	48,19±0,78*
Ризогумін	47,47±1,15	43,95±1,16*	46,51±1,45*

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

*¹ – температура повітря – 20°C, вологість = 60 %, сила вітру – 6,7 км/год;

*² – температура повітря – 25°C, вологість = 57 %, сила вітру – 5 км/год;

*³ – температура повітря – 21°C, вологість = 55 %, сила вітру – 12 км/год.

У фазі цвітіння, початок утворення бобів загальний уміст води у листках нуту звичайного був найвищий упродовж онтогенезу і відтак вони більше її втрачали. За впливу інокуляції листки рослин характеризувалися статистично вірогідно більшою водоутримувальною здатністю, відповідно через 2 год після підсушування вони втратили на 11,0 % (БС) та 37,4 % (Ризогумін), через 4 год – на 19,3 % (БС) та 39,7 % (Ризогумін), через 24 год – на 21,2 % (БС) та 41,5 % (Ризогумін) води менше.

У фазі зеленого бобу виявлено аналогічну закономірність стосовно показників водоутримувальної здатності листків нуту звичайного за впливу мікробних препаратів. Проте, через 2 год після випаровування води листками зазначені показники контрольного і дослідних варіантів суттєво не відрізнялися між собою. За більш тривалого зневоднення (через 4 та 24 год) листки дослідних рослин статистично вірогідно з більшою силою утримують воду й на 21,5 % та 13,6 % (БС) і 27,2 % та 16,6 % (Ризогумін) менше її втрачають, порівнюючи з контролем.

Отже, водний режим рослин тісно пов'язаний з їх стійкістю до посухи. Висока посухостійкість проявляється в здатності клітин та тканин витримувати й регулювати витрату води, при цьому запобігати виникненню водного дефіциту, і також здатністю з глибших горизонтів ґрунту споживати воду [6].

Висновки

Нут звичайний завдяки високій харчовій та кормовій цінності, посухо- та жаростійкості є перспективною бобовою культурою в умовах зміни клімату для Західного Лісостепу України. Важливим елементом технології вирощування культури, який впливає на процеси водообміну рослин, є обробка насіння перед сівбою мікробними препаратами. Виявлено, що за їх впливу знижується водний дефіцит листків та підвищується їх водоутримувальна здатність упродовж онтогенезу нуту звичайного, а відтак стійкість до посухи.

Мікробні препарати, зокрема бактеріальну суспензію селекціонованого штаму *Mesorhizobium ciceri* ND-64 (БС) та Ризогумін, доцільно використовувати для передпосівної обробки насіння нуту звичайного як елемент агротехнології, для підвищення посухостійкості культури в умовах аридизації клімату.

1. Векірчик К. М. Фізіологія рослин. Практикум. Київ : Вища школа. Головне видавництво, 1984. 240 с.
2. Водотримуюча здатність листків нуту звичайного за впливу рекультиванту композиційного TREVITAN® / Шуль О. та ін. *Всеукраїнська науково-практична конференція Litteris et Artibus: Нові горизонти* : збірник матеріалів. Кременець : ВЦ КОГПА ім. Тараса Шевченка, 2024. Вип. IX. С. 297–300.
3. Воропай Ю. В., Чигрин О. В., Деревянко І. О. Вплив елементів технології вирощування на вміст хлорофілу в рослинах нуту. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 135. Ч. 1. С. 40–45. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.1.6>.
4. Каталог сортів та гібридів селекційно-генетичного інституту національного центру насіннєзнавства та сортовивчення. Одеса, 2023. 128 с.
5. Колодка А. В., Твердохліб О. В. Механізм посухостійкості у рослин. V Міжнародна конференція молодих учених: Харківський природничий форум. збірник тез, м. Харків, 19–20 травня 2022 р. Харків, 2022. С. 50–54.
6. Манько М. В., Олексійченко Н. О., Соваков О. В. Порівняльне оцінювання водотримуючої здатності листків рослин культиваторів *Acer platanoides* L. в умовах міста Києва. *Науковий вісник НЛТУ України. Лісове та садово-паркове господарство*. 2016. Вип. 26.3. С. 131–137. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2016/26_3/23.pdf.
7. Паливода Ю. М., Гавій В. М. Фізіолого-біохімічні особливості формування адаптивної відповіді рослин в умовах водного дефіциту. *Наукові записки НДУ М. Гоголя. Біологічні науки*. 2023. № 1. С. 52–58. <https://doi.org/10.31654/2786-8478-2023-BN-1-52-58>.
8. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. 5-е вид., виправ., доповн. Львів : НВФ Українські технології, 2020. 806 с.
9. Ріст та розвиток нуту в умовах Північно-Східного Лісостепу України / Мельник А. В. та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2020. Вип. 2 (40). С. 38–46.
10. Січкач В. І. Технологія для нуту. *The Ukrainian Farmer*. 2019. № 1 (109). С. 26.
11. Січкач В. І., Бушулян О. В. Перспективи селекції нуту в умовах північного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 1. С. 38–40.
12. Angela L. Pattison, Mohammad Nazim Uddin, Richard M. Trethowan Use of in-situ field chambers to quantify the influence of heat stress in chickpea (*Cicer arietinum*). *Field Crops Research*. 2021. Vol. 270. 108215. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108215>.
13. Chapter 1 – Plant growth-promoting microbiomes: History and their role in agricultural crop improvement / Pandey V. V. et al. *Plant-microbe interaction - recent advances in molecular and biochemical approaches*. 2023. Vol. 1. P. 1–44. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91875-6.00012-8>.
14. Chapter 15 – Chickpea wild relatives: potential hidden source for the development of climate resilient chickpea varieties / Melike Bakir et al. *Wild Germplasm for Genetic Improvement in Crop Plants*. 2021. P. 269–297. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822137-2.00015-1>.
15. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Hans-Otto Pörtner et al. 2022. 3056 p. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>.
16. Drought stress tolerance in plants: interplay of molecular, biochemical and physiological responses in important development stages / Oguz M. et al. *Physiologia*. 2022, 2 (4), 180–197.
17. Econometric analysis of the impacts of climate change on agriculture and implications for adaptation / Challinor A. J. et al. *Nature Climate*. 2014. Change. 4 (4) P. 287–291. <https://www.nature.com/articles/nclimate2153>.
18. Effect of high temperature on the reproductive development of chickpea genotypes under controlled environments / Viola Devasirvatham et al. *Funct Plant Biol*. 2012. Vol. 39(12). P. 1009–1018. <https://doi.org/10.1071/FP12033>.
19. Genome-wide identification and expression pattern analysis of lipoxygenase genes of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to accelerated aging / Rinku Malviya et al. *Gene*. 2023. Vol. 874. 147482. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2023.147482>.
20. Jaune Vaitkeviciute Econometric analysis of the impacts of climate change on agriculture and implications for adaptation. *Sciences du Vivant [q-bio]*. Université de Bourgogne Franche-Comté (COMUE). 2018. Français. <https://hal.inrae.fr/tel-02791559>.
21. Maxime Ollier, Pierre-Alain Jayet, Pierre Humblot An assessment of the distributional impacts of autonomous adaptation to climate change from European agriculture. *Ecological Economics*. 2024. Vol. 222. 108221. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108221>.

22. Mendelsohn R. Efficient adaptation to climate change(Article). *Climatic Change*. 2000.Vol. 45. Issue 3–4. P. 583–600. <https://doi.org/10.1023/a:1005507810350>.
23. The 2024 Europe report of the Lancet Countdown on health and climate change: unprecedented warming demands unprecedented action / Kim R. van Daalen PhD, Prof Cathryn Tonne ScD, Prof Jan C. Semenza PhD et al. *The Lancet Public Health*. 2024. Vol. 9. Issue 7. P. e495–e522. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(24\)00055-0](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(24)00055-0).

References

1. Vekirchuk K. M. Fiziologhiia roslyn. Praktykum. K. : Vyshcha shkola. Holovne vydavnytstvo, 1984. 240 s. [in Ukrainian]
2. Vodoutrymuiucha zdatnist lystkiv nutu zvychnyoho za vplyvu rekultyvantu kompozytsiynoho TREVITAN® / Shul O. ta in. *Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia Litteris et Artibus: Novi horyzonty* : zbirnyk materialiv. Kremenets : VTs KOHPA im. Tarasa Shevchenka, 2024. Vyp. IKh. S. 297–300. [in Ukrainian]
3. Voropai Yu. V., Chyhryn O. V., Derevianko I. O. Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya na vmist khlorofilu v roslynakh nutu. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*. 2024. No 135. Ch. 1. S. 40–45. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.1.6>. [in Ukrainian]
4. Kataloh sortiv ta hibrydiv selektsiyno-henetychnoho instytutu natsionalnoho tsentru nasinnieznavstva ta sortovyvchennia. Odesa, 2023. 128 s. [in Ukrainian]
5. Kolodka A. V., Tverdokhlib O. V. Mekhanizm posukhostykyosti u roslyn. V Mizhnarodna konferentsiia molodykh uchenykh: Kharkivskyi pryrodnychi forum. zbirnyk tez, m. Kharkiv, 19–20 travnia 2022 r. Kharkiv, 2022. S. 50–54. [in Ukrainian]
6. Manko M. V., Oleksiichenko N. O., Sovakov O. V. Porivnialne otsiniuvannya vodoutrymuiuchoi zdatnosti lystkiv roslyn kultyvatoriv *Acer platanoides* L. v umovakh mista Kyieva. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy. Lisove ta sadovo-parkove hospodarstvo*. 2016. Vyp. 26.3. S. 131–137. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2016/26_3/23.pdf. [in Ukrainian]
7. Palyvoda Yu. M., Havii V. M. Fiziolohe-biokhimichni osoblyvosti formuvannya adaptyvnoi vidpovidi roslyn v umovakh vodnoho defitsytu. *Naukovi zapysky NDU M. Hoholia. Biologichni nauky*. 2023. No 1. S. 52–58. <https://doi.org/10.31654/2786-8478-2023-BN-1-52-58>. [in Ukrainian]
8. Petrychenko V. F., Lykhochvor V. V. Roslynnystvo. Novi tekhnolohii vyroshchuvannya polovykh kultur. 5-e vyd., vyprav., dopovn. Lviv : NVF Ukrainski tekhnolohii, 2020. 806 s. [in Ukrainian]
9. Rist ta rozvytok nutu v umovakh Pivnichno-Skhidnoho Lisostepu Ukrainy / Melnyk A. V. ta in. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2020. Vyp. 2 (40). S. 38–46. [in Ukrainian]
10. Sichkar V. I. Tekhnolohiia dlia nutu. *The Ukrainer Farmer*. 2019. No 1 (109). S. 26. [in Ukrainian]
11. Sichkar V. I., Bushulian O. V. Perspektyvy selektsii nutu v umovakh pivnichnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2000. No 1. S. 38–40. [in Ukrainian]
12. Angela L. Pattison, Mohammad Nazim Uddin, Richard M. Trethowan Use of in-situ field chambers to quantify the influence of heat stress in chickpea (*Cicer arietinum*). *Field Crops Research*. 2021. Vol. 270. 108215. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108215>.
13. Chapter 1 – Plant growth-promoting microbiomes: History and their role in agricultural crop improvement / Pandey V. V. et al. *Plant-microbe interaction - recent advances in molecular and biochemical approaches*. 2023. Vol. 1. P. 1–44. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91875-6.00012-8>.
14. Chapter 15 – Chickpea wild relatives: potential hidden source for the development of climate resilient chickpea varieties / Melike Bakir et al. *Wild Germplasm for Genetic Improvement in Crop Plants*. 2021. P. 269–297. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822137-2.00015-1>.
15. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Hans-Otto Pörtner et al. 2022. 3056 p. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>.
16. Drought stress tolerance in plants: interplay of molecular, biochemical and physiological responses in important development stages / Oguz M. et al. *Physiologia*. 2022, 2 (4), 180–197.
17. Econometric analysis of the impacts of climate change on agriculture and implications for adaptation / Challinor A. J. et al. *Nature Climate Change*. 2014. Change. 4 (4) P. 287–291. <https://www.nature.com/articles/nclimate2153>.
18. Effect of high temperature on the reproductive development of chickpea genotypes under controlled environments / Viola Devasirvatham et al. *Funct Plant Biol*. 2012. Vol. 39(12). P. 1009–1018. <https://doi.org/10.1071/FP12033>.

19. Genome-wide identification and expression pattern analysis of lipoxygenase genes of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to accelerated aging / Rinku Malviya et al. *Gene*. 2023. Vol. 874. 147482. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2023.147482>.
20. Jaune Vaitkeviciute Econometric analysis of the impacts of climate change on agriculture and implications for adaptation. *Sciences du Vivant [q-bio]*. Université de Bourgogne Franche-Comté (COMUE). 2018. Français. <https://hal.inrae.fr/tel-02791559>.
21. Maxime Ollier, Pierre-Alain Jayet, Pierre Humblot An assessment of the distributional impacts of autonomous adaptation to climate change from European agriculture. *Ecological Economics*. 2024. Vol. 222. 108221. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108221>.
22. Mendelsohn R. Efficient adaptation to climate change(Article). *Climatic Change*. 2000.Vol. 45. Issue 3–4. P. 583–600. <https://doi.org/10.1023/a:1005507810350>.
23. The 2024 Europe report of the Lancet Countdown on health and climate change: unprecedented warming demands unprecedented action / Kim R. van Daalen PhD, Prof Cathryn Tonne ScD, Prof Jan C. Semenza PhD et al. *The Lancet Public Health*. 2024. Vol. 9. Issue 7. P. e495–e522. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(24\)00055-0](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(24)00055-0).

I. V. Chernik

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

PARAMETERS OF WATER EXCHANGE IN LEAVES OF CHICKPEA (*CICER ARIETINUM* L.) UNDER THE INFLUENCE OF MICROBIAL PREPARATIONS

The article presents the results of a study on the influence of pre-sowing seed treatment with a bacterial suspension of the selected strain *Mesorhizobium ciceri* ND-64 (BS) and the complex microbial preparation Rhizohumin on the water exchange parameters of common chickpea (*Cicer arietinum* L.) leaves of the Skarb variety, cultivated under the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine (Ternopil region).

The study revealed that microbial preparations and climatic factors influence the water regime parameters of chickpea plants. During the flowering phase and the onset of bean formation, leaf tissues in all experimental variants exhibited the highest water content throughout the study period. A statistically significant increase in total leaf water content was observed following inoculation with BS during the vegetative phase and with Rhizohumin during flowering and the onset of bean formation.

Throughout ontogenesis, pre-sowing seed treatment with microbial preparations reduced water deficit and enhanced the water-holding capacity of chickpea leaf tissues. During the flowering, early bean formation, and green bean phases, a statistically significant reduction in leaf water deficit was observed, with decreases of 19.0 % and 37.5 % (BS) and 25.0 % and 32.3 % (Rhizohumin), along with an increase in water-holding capacity.

Two hours after dehydration, *Cicer arietinum* leaves treated with BS and Rhizohumin lost 11.0 % and 37.4 % less water, respectively. After 4 hours, water loss was 19.3 % (BS) and 39.7 % (Rhizohumin) lower, while after 24 hours, it was 21.2 % (BS) and 41.5 % (Rhizohumin) lower compared to the control. During the green bean phase, under extended dehydration conditions (4 and 24 hours), leaves of treated plants retained water more effectively, losing 21.5 % and 13.6 % (BS) and 27.2 % and 16.6 % (Rhizohumin) less water than the control.

A reduction in leaf water deficit and an increase in water-holding capacity indicate enhanced drought resistance in *Cicer arietinum* (Skarb variety) following treatment with a bacterial suspension of *Mesorhizobium ciceri* ND-64 and the complex microbial preparation Rhizohumin.

Key words: *Cicer arietinum* L., inoculation, water deficit, water-holding capacity, microbial preparations.

Надійшла 2.12.2024.