

ОГЛЯДИ

УДК 575.826+631.5+635.615(477.8)

doi: 10.25128/2078-2357.23.3–4.10

Л. Р. ГРИЦАК, М. Я. КРАВЕЦЬ

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

e-mail: hrytsak1972@gmail.com; kravets@chem-bio.com.ua

АНАЛІЗ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КАВУНА ЗВИЧАЙНОГО (*CIRCELLUS LANATUS* (THUNB.) MATSUM. ET NAKAI) ДО РОСТУ В АГРОЕКОЛОГІЧНИХ УМОВАХ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Проаналізовано результати досліджень українських та закордонних учених щодо сучасних змін клімату, які відбулися в Україні й сприяють вирощуванню баштанних культур, зокрема кавуна звичайного (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai), у нехарактерних для них агрокліматичних зонах. З'ясовано, що особливості генотипу дикого виду кавуна дозволили значно розширити діапазон екологічної пластичності до впливу абіотичних чинників його сучасних культивованих сортів. Зміна температурного режиму, кількості та розподілу опадів по сезонах, що відбувалася за останні десятиліття у Західному регіоні України, а також фізико-хімічні характеристики (щільність верхнього горизонту, водопроникність, кислотність водного розчину, поживний режим) сірих опідзолених ґрунтів та чорноземів типових сприяють вирощуванню кавуна звичайного. Встановлено, що в нетипових для цієї культури агрокліматичних зонах адаптивний потенціал та врожайність її можна значно підвищити за використання низки агротехнологічних прийомів, а саме: щепленням розсади кавуна на пляшковий гарбуз (*Lagenaria siceraria* Stanld); використанням розсадного способу для створення промислових плантацій; додатковим доосвітленням розсади кавуна у період вирощування її в теплиці; оптимізацією режиму водозабезпечення рослин із врахуванням їх потреб у воді залежно від фенофази розвитку; колонізацією рослин арбускулярною мікоризою.

Ключові слова: кавун звичайний, адаптивний потенціал, агроекологічні умови, Західний регіон України.

Упродовж останніх десятиліть спостерігають збільшення частоти, інтенсивності та тривалості теплових хвиль [38], під якими розуміють явище різкого підвищення температури на певній території та її збереження протягом певного часу – як правило до декількох тижнів. Результати останніх оцінок глобальних тенденцій зміни теплових хвиль [30, 38] показують значну їхню інтенсифікацію. Зазначають, що середня інтенсивність теплової хвилі змінилася незначно. Однак, починаючи з 1950 років, кожні десять років зростає накопичення тепла під час цих хвиль. Відбувається не лише збільшення кількості днів теплової хвилі, але й періодів, коли температури перевищують порогове значення, інколи й на 8°C [38].

За даними Всесвітньої метеорологічної організації, останні три роки стали трьома найтеплішими в історії спостереження. Зміни клімату відбулися і на території України. За даними українських вчених, за останні 30 років середня річна температура на материковій частині України підвищилася на 1,2 °C. Найбільше зростання спостерігалось взимку та влітку – майже на 1,5 °C. Зима стала теплішою на 1,4 °C, а літо – на 1,5 °C. Найменші зміни характерні для осені. В окремі періоди температура була настільки високою у північних і західних

областях, що відповідала тій, яка зазвичай характерна для південного узбережжя Криму, зокрема, перевищення температурних норм на 6 °С градусів спостерігали у Львівській та Чернігівській областях. Окрім того, некоректне ведення землеробства призводить до вітрової ерозії через наростання такого явища, як пилові бурі. В Україні вже 20 млн га охоплені пиловими бурями, що свідчить про тенденцію до опустелювання великих територій на півдні країни [13].

Не менш важливе значення має зміна розподілу опадів, що в комплексі з температурою визначає перемену гідротермічного режиму. В окремі роки кількість опадів у літній період була дуже низькою. Водночас у Західному регіоні України очікується збільшення кількості опадів навесні та взимку і зниження влітку та восени. Хоча літній максимум, характерний для цього регіону, збережеться, але, з одного боку, така зміна означає вирівнювання їх сезонного розподілу, а з іншого – може спричинити їх літній дефіцит, тобто холодний період скорочується, зима стає м'якшою, вологішою, а теплий період подовжується, стає спекотливим і сухішим [11]. Достовірно встановлено, що середня температура повітря біля поверхні землі підвищується у всіх регіонах України, зокрема й Західному [10].

Україна складається з трьох агрокліматичних зон: Степ, Лісостеп, Полісся. Така класифікація була проведена за співвідношенням кількості опадів до кількості накопиченого тепла. Зі зміною середньорічної температури і кількості накопиченого тепла ці агрокліматичні зони почали поступово зміщуватися на північ. Так, підвищення температури на 1°C зсуває межу агрокліматичних зон в середньому на 100 км на північ. Оскільки температура зросла майже на 2°C, то зазначають, що межа кліматичних зон змістилася на 200 км [3].

Зміна клімату і його наслідки впливають на усі галузі економіки, але найбільше – на сільське господарство. Фахівці стверджують, що оцінка впливу потепління на аграрне виробництво є складною. Це зумовлено тим, що ефект його впливу на різні компоненти агроєкосистеми відрізняється. У частини з них спостерігаються позитивні зміни, а у інших – негативні, а саме: підвищується ефективність внесення добрив, активізується розкладання гумусу в ґрунтах, але погіршується зволоження ґрунту у Західному регіоні країни; строки сівби стають більш ранніми, проте зберігається загроза загибелі рослин через весняні заморозки; поліпшуються умови і скорочуються строки визрівання врожаю, також покращилися умови перезимівлі сільськогосподарських культур і багаторічних трав, але вже не забезпечується повна яровизація рослин та більш сприятливими стають умови для перезимівлі шкідників, збудників хвороб рослин, бур'янів; ефективним є впровадження пізньостиглих сортів (гібридів), які використовують збільшені теплові ресурси, однак розширюються зони зрошення і площі земель, що потребуватимуть відновлення [33].

Відповідно, на фоні загроз зміни клімату виробництво сільськогосподарських культур для забезпечення зростаючих потреб населення ускладнюється. Тому, з одного боку, потрібно приділяти більше уваги дослідженням щодо адаптації до глобального потепління та пом'якшення ефекту його впливу; змінам політики щодо національно-регіонального співробітництва, підтримки адаптаційних фондів та інших ресурсів для мінімізації несприятливих впливів, а з іншого, використовувати культури, стійкі до кліматичних умов, або сорти, стійкі до теплового стресу, коригувати дати їх сівби [33]. Це стосується не лише гібридів та сортів кукурудзи, соняшнику, зернових культур, але й баштанних.

До баштанних культур належать рослини продовольчого (кавун столовий, диня, гарбуз столовий, кабачки, патисони), кормового (кавун, диня, гарбуз, кабачки) та технічного призначення (люфа). Кавун звичайний (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai) – основна баштанна культура, частка якої в загальній площі баштанних в Україні на сьогодні складає близько 75 %, або 51,3 тис. га. У світі існує понад 1200 сортів кавунів із плодами різного розміру, форми, кольору шкірки та м'якоти [36]. За морфологічними характеристиками плодів їх можна розділити на три групи сортів: *Citroides* («Червононасіненна» диня, цитрон з червоним насінням), *Lanatus* (Цамма, Калахарі, південноафриканські та дикі кавуни) і *Vulgaris* (звичайний культивованій кавун) [24]. В Україні вирощують столові та кормові сорти кавуна звичайного (культивованого). Плоди столового кавуна – це цінний харчовий дієтичний продукт, а плоди кавуна кормового (свіжого або силусованого) використовують для відгодівлі

худоби. Цінність столових сортів кавунів полягає у тому, що вони є джерелом 19 вітамінів, 11 мінералів [27], а також лікопену [47], амінокислот аргініну і цитруліну [25]. Лікопен належить до каротиноїдів та зумовлює колір м'якоті. У кавунах з червоною та рожевою м'якоттю на лікопен припадає 70–90 % від загальної кількості каротиноїдів. Кавуни з жовтою м'якоттю мають високий вміст ксантофілів (переважно неоксантину, віолаксантину та неохрому). Кавуни з помаранчевою м'якоттю мають набагато більше β -каротину, ζ -каротину та пролікопену, порівняно з іншими пігментами. Кавуни з білою м'якоттю майже не містять пігментів, лише сліди фітофлуену. Ці відмінності у складі каротиноїдів, ймовірно, пов'язані з молекулярними варіаціями процесів біосинтезу та накопичення каротиноїдів [36].

Лікопен у плодах кавунів представлений в ізомерній формі, подібній до його трансформи у крові людини. Зазначають, що він має потужні антиоксидантні й протизапальні властивості та зменшує тромбоутворення. Висока концентрація лікопену в сироватці крові та жировій тканині знижує ризик розвитку атеросклерозу та раку молочної залози. Він також знижує синтез холестеролу та ризик остеопорозу. Амінокислота цитрулін, яка міститься у м'якоті кавуна, не входить до складу білків, але бере участь в азотистому обміні. Цитрулін є попередником амінокислоти аргінін, з якої, у свою чергу, утворюється оксид азоту (NO), що сприяє розширенню судин, у тому числі й печеристих тіл під час ерекції, та запобігає гіпертензії. Цитрулін активує ензим NO-синтазу, який визначає утворення оксиду азоту в організмі людини [15].

М'якоть кавуна на 92–95 % складається з води [46], а також містить легкозасвоювані цукри – цукрозу, глюкозу і фруктозу, частка яких може коливатися від 4 до 12 % залежно від сорту та умов вирощування [47]. Органічні кислоти, включаючи лимонну, яблучну та глютамінову амінокислоту, покращують смак плодів [23].

За відносно нескладної агротехнології та низької її собівартості, агрокультура завжди мала високу рентабельність, однак до недавнього часу її вирощували лише у південних та південно-східних регіонах України. Зміщення агрокліматичних зон в Україні, вилучення через військові дії значних площ орних земель із посівного фонду у Херсонській, Запорізькій, Одеській, Миколаївській, Дніпропетровській областях, знищення Каховського водосховища та пов'язані з цим зміни водозабезпеченості регіону, зумовлюють збільшення посівних площ зазначеної вище баштанної культури в інших регіонах, зокрема західних. Повідомляють про перші успішні спроби вирощування у промислових масштабах кавуна звичайного на Закарпатті [5, 14]. Однак успішність реалізації технології вирощування агрокультур у нових умовах росту залежить від їх адаптивного потенціалу. Тому мета нашої роботи полягає в узагальненні та систематизації даних щодо морфо-фізіологічних, біохімічних особливостей кавуна звичайного (культивованого) (*C. lanatus* subsp. *vulgaris*) для оцінки перспектив його вирощування в агроекологічних умовах Західного регіону.

Основною біологічною особливістю кавуна є його вимогливість до певного температурного режиму упродовж усього вегетаційного періоду. Кавун є жаростійкою рослиною завдяки здатності до посиленого випаровування води в період спеки та специфічним морфологічним ознакам (покривна тканина, опушеність листків, восковий наліт), що сприяє його охолодженню. Шляхом транспірації рослина здатна знизити температуру листків на +6–7 °C і витримати – до +40 °C [1, 4]. Мінімальна температура проростання насіння культури: +12–15 °C, оптимальні значення у цей період +20–25 °C. З подальшим розвитком рослини потребують все вищих температур (+25–35 °C). За температури +10–12 °C асиміляція вуглекислоти у кавуна призупиняється; за температури +1 °C рослини гинуть, а за її пониження до +5 – +10 °C їх ріст значно гальмується. Сума активних температур (понад +10 °C) за вегетаційний період для кавуна повинна становити 3200...3400 °C. Критичним періодом для кавуна є початок цвітіння, коли негативним виявляється тривале зниження температури нижче +15 °C. Для нормального росту і розвитку рослин оптимальною для проходження всіх фізіологічних процесів у кавуна є температура від +25 до +30 °C, за вищих значень починається сповільнення росту й розвитку рослин, а при +44 °C – коагуляція білків у клітинах [4].

Світло є основним фактором середовища для росту, розвитку, пігментації та морфогенезу рослин. Культура кавун належить до геліофітів. За затінення, зумовленого надмірним

загущенням посівів, засміченістю поля бур'янами, тривалою похмурою погодою, розвиток рослини та налив плодів уповільнюється. Потреба культури у високій інтенсивності світлового потоку особливо зростає у фазі 4–5 справжніх листків і у період плодоношення. Плоди рослин, які не отримали достатньо світла, дозрівають пізніше; вони дрібніші та накопичують менше цукрів [17].

Кавун належить до посухостійких культур, але водночас є і вологовимогливим видом. Оптимальна вологість ґрунту в шарі 0...70 см повинна бути, за різними даними, 50–65 % [2] або 75–80 % [17] від продуктивної вологи (ПВ), а відносна вологість повітря – 40–60 %. Критичною є вологість ґрунту 45 % від ПВ, що призводить до порушень у процесах запліднення, росту й розвитку рослин, наслідком чого є подовження вегетаційного періоду та зменшення рівня врожайності [17].

Результати останніх досліджень [48] показують, що поглинання води рослинами кавуна залежить від фази їх розвитку. У прегенеративному періоді розвитку потреба рослин у воді становить лише 40 % від її загальної кількості, спожитої за онтогенез – 15 % на стадії проростання та проростків, яка триває приблизно 25 діб, і 25 % на стадії кушіння та формування пагонів. Під час цвітіння рослини споживають не більше ніж 5 % від використаної її кількості, а у фазі зрілості – 10 %. Найбільш критичною за потребою у воді є фаза розвитку плодів, у цей період рослини поглинають до 40 % від спожитої за життєвий цикл. Як правило, ця стадія припадає на середину липня, коли спостерігаються високі температури повітря і значний рівень сонячної радіації. За таких умов значно підвищується інтенсивність транспірації, через що збільшується поглинання води та мінеральних солей рослинами. Збільшення рівня надходження поживних речовин сприяє розвитку плодів і швидкому росту листків [48]. Дефіцит води на цій стадії, а також під час формування куща суттєво позначається у подальшому на врожайності рослин. На початку серпня плоди дозрівають, їх розмір стає фіксованим і практично вже не збільшується; м'якоть змінює колір, однак значною є інтенсивність процесів трансформації та накопичення метаболічних речовин у плодах; сповільнюються темпи росту всіх вегетативних органів, прикореневі листки поступово в'януть і відпадають. Споживання води на цій стадії, яка характеризується як фаза зрілості кавунів, є відносно низьким. Тому виникнення стану водного дефіциту у цьому періоді, навпаки, сприяє збільшенню вмісту цукрів і білків у плодах. Запас продуктивної вологи в ґрунті в цей час може бути меншим ніж 35 мм [48]. Досліджені особливості водного режиму кавунів на певних фазах їх розвитку дозволяють розробити оптимальний режим зрошення, зменшити витрати води та цілеспрямовано впливати на ріст надземних частин рослин для досягнення стабільної врожайності, що актуально в умовах посилення аридності клімату.

Згідно із даними Української зернової асоціації у 2021 та 2023 рр. [9] у метровому шарі ґрунту, зораному на зяб на багатьох площах західних, Житомирської, Чернігівської, Сумської, в окремих районах центральних, Київської, Харківської областей, запаси ПВ були достатніми (81–120 мм) та оптимальними (121–160 мм і більше). На решті площ метровий шар ґрунту був зволожений недостатньо (51–80 мм) або незадовільно (10–50 мм ПВ). На окремих площах Луганської області метровий шар ґрунту був зовсім сухим [8].

Аналіз зміни середньорічної температури, кількості накопиченого тепла на фоні збереження достатніх запасів продуктивної вологи у західних областях України свідчить про значний кліматичний потенціал цього регіону для вирощування баштанних культур, зокрема кавуна звичайного. Водночас результати вивчення екологічної фізіології цієї агрокультури вказують її значну екологічну толерантність до посилення аридності клімату. Це зумовлено, перш за все, особливостями геному дикого виду кавуна, від якого походять його сучасні сорти.

Дикий вид кавуна володіє властивостями, які допомагають йому вижити в несприятливих умовах. Унікальні характеристики рослин регулюються низкою молекулярних механізмів, які включають і високий рівень експресії генів, що відповідають за морфогенез коренів та їх первинний метаболізм, пов'язаний із посиленням розвитком кореневої системи. За архітектурою коренева система рослин дикого виду належить до стрижневого або напівстрижневого типу та забезпечує максимально глибоке проникнення коренів у ґрунт для поглинання вологи [32].

Не менш важливе значення має й існування механізму швидкого закриття продихів вже за незначного зниження внутрішньої концентрації CO_2 ще на ранніх стадіях водного дефіциту. Своєчасне закриття продихів дозволяє суттєво знизити інтенсивність фотосинтезу завдяки зниженню швидкості використання АТФ і НАДФН⁺ для асиміляції CO_2 та зниженню швидкості лінійного транспорту електронів і, як наслідок, ефективності роботи найбільш чутливої до водного дефіциту фотосистеми II. В умовах нестачі води активізується нефотохімічне (NPQ) гасіння флуоресценції хлорофілу *a*, яке дозволяє у теплову енергію перетворити близько 90 % отриманої сонячної енергії та уникнути фотоінактивації фотосистеми II. Існування таких механізмів перерозподілу енергії квантів світла на процеси, що пов'язані з тепловою дисипацією, забезпечує високу стійкість рослин до сильного зневоднення, викликаного посухою та засоленням. Ці властивості розглядають як ключові фізіологічні реакції, що забезпечують високу екологічну пластичність цьому виду [32].

Дослідження доводять, що на біохімічному та молекулярному рівнях регуляція осмотичного [21], посухового [29, 43] стресів у рослин дикого виду та культивованих його сортів відрізняється від інших видів рослин.

Значна кількість представників дикої та культурної флори в умовах абіотичного стресу накопичують пролін та гліцинбетаїн [32]. Рослини дикого виду кавуна накопичують найбільше цитруліну та дещо менше глутамату та аргініну, замість проліну та гліцинбетаїну [28]. Порівняно з такими осмотично активними речовинами, як маніт, пролін і гліцинбетаїн, у листках дикого виду кавуна цитрулін має вищу активність поглинання гідроксильних радикалів [19]. Значні відмінності у накопиченні цитруліну під час посухи від вмісту інших сполук, таких, як антиоксидант лікопен, розчинні цукри (глюкоза, фруктоза та сахароза), дозволяють припустити, що існують різні механізми регулювання біосинтезу цих речовин [20]. У вегетативних органах рослин культивованого кавуна в умовах посухового стресу також швидко накопичується цитрулін та пов'язані з ним метаболіти [43]. Накопичення в клітинах під час посухи та солоності цитруліну дозволяє урівноважити осмотичну різницю між оточенням клітини та цитозолем. Тому вважають, що експресія генів, яка ініціює метаболічні шляхи, пов'язані із синтезом і катаболізмом цитруліну у вегетативних органах кавуна, має функціональне значення для формування у рослин стійкості до посухового стресу [41, 48]. Завдяки зазначеним вище особливостям генотипу дикого виду кавуна значно розширився діапазон його екологічної толерантності до низки абіотичних чинників. Це сприяло селекції сучасних сортів культури, адаптованих до росту в різних агрокліматичних зонах.

Аналіз наукових праць показав, що використання агротехнологічних прийомів також дозволяє значно підвищувати адаптивний потенціал рослин кавуна звичайного за вирощування у нетипових для нього агрокліматичних зонах. Щеплення розсади кавуна на пляшковий гарбуз (*Lagenaria siceraria* Stanld) належить до методів, які найчастіше використовують для підвищення врожайності плодів [46] та стійкості до біотичних та абіотичних стресів [42, 22, 31]. Оскільки гарбуз належить до холодостійких рослин, прищеплення є ефективним прийомом підвищення холодостійкості розсади кавуна. Завдяки прищепленню коренева система у розсади може розвиватися навіть за температури ґрунту +5 °С, у той час, як у звичайних рослин нормальний її розвиток можливий лише за температури ґрунту не нижчої за +15 °С. Щеплення на гарбузову підщепу змінює експресію генів і призводить до збільшення вмісту поліамінів. Це зміцнює систему антиоксидантного захисту, регулює гомеостаз активних форм кисню, стабілізує мембрани і, як результат, пом'якшує окиснювальний стрес, викликаний холодом [31]. Щеплення покращує також поглинання макро- та мікроелементів, зокрема азоту, калію магнію та бору з ґрунтів [27]. Застосування протеомного аналізу показало, що у листках прищепленої розсади збільшується вміст хлорофілу, особливо хлорофілу *b*, знижується резистентність продихів до абіотичних стресів, підвищується фотохімічна активність та фотосинтетичний метаболізм. Останнє пояснюється вищою асиміляцією вуглецю завдяки підвищенню вмісту і активності ензиму РУБІСКО в циклі Кальвіна [45].

Вважається, що щеплення належить до швидких і доволі дешевих методів отримання генетичних рекомбінантів кавуна з бажаними ознаками [34]. Вибір підщепи дозволяє цілеспрямовано впливати на вміст цукру, твердість та колір м'якоті, стійкість рослин до

біотичного стресу, спричиненого комахами-шкідниками (зокрема, кореневими нематодами) і хворобами (зокрема, фузаріозним і вертицильозним в'яненням) [22, 34]. Тому застосування цього методу дозволяє раніше висаджувати розсаду, прискорити інтенсивність росту кущів, швидше отримувати врожай і збільшити продуктивність рослин удвічі.

Кавуни вирощують у промисловій культурі за використання двох способів: розсадного і безрозсадного. Перевага розсадного способу полягає в більш ранньому отриманні перших плодів, як порівняти з тими рослинами, які розвивалися з насіння у відкритому ґрунті. За розсадного способу висадки культура менше пошкоджується шкідниками та мікроорганізмами, що особливо актуально за вирощування у нових агрокліматичних умовах, у тому числі й у Західному регіоні України.

Для отримання розсади сухе насіння висівають в спеціальні касети, заповнені ґрунтосумішшю. Через 20–22 доби від появи сходів розсаду висаджують у відкритий ґрунт. Традиційна агротехніка вирощування розсади передбачає, що для її отримання найбільше значення має температурний режим: для проростання насіння температуру підтримують на рівні +25–30°C, для росту сходів температуру у денний період встановлюють на рівні +20–25°C, у нічний – +16–18°C. За два тижні до висадки у відкритий ґрунт проводять загартування розсади і знижують температуру, відкриваючи для цього теплицю, а перед самою висадкою залишають теплицю відкритою на добу [18].

Однак значно підвищити якість розсади кавуна, у тому числі й прищепленої на гарбузі, можна завдяки оптимізації світлового режиму її вирощування. Для цього достатньо у теплиці, де підтримується середньодобова інтенсивність природного освітлення на рівні 340 мкмоль·м⁻²·с⁻¹ в області фотосинтетично активної радіації, додатково розсаду по 12 год. щоденно упродовж 10 днів освітлювати змішаними світлодіодами з інтенсивністю світла 100 мкмоль·м⁻²·с⁻¹, у складі якого кольори спектрів холодного білого (пікова довжина хвилі за 452 і 561 нм), червоного (пікова довжина хвилі за 659 нм) та синього (пікова довжина хвилі за 452 нм) співвідносяться як 1:2:1 [44]. Таке додаткове освітлення рослин кавуна сприяє збільшенню у них біомаси і довжини коренів, лінійному зростанню чистої швидкості фотосинтезу, збільшенню вмісту розчинного цукру, крохмалю та білків, порівняно із розсадою, що росла лише за природного освітлення [37, 44].

До ще одного агротехнічного прийому, який дозволяє регулюватися ріст та продуктивність рослин кавуна в умовах водного дефіциту, належить їх колонізація арбускулярною мікоризою (АМ). Показано, що це покращує врожайність плодів і ефективність використання води рослинами кавуна звичайного, вирощеного в умовах водного стресу. У рослин кавуна, що ростуть в умовах достатнього зволоження, колонізація *Glomus versiforme* не змінює морфометричних параметрів пагонів, порівняно з контрольною групою, однак значно покращує розвиток кореневої системи незалежно від вмісту вологи у ґрунті [35].

Результати показали, що мікоризна інокуляція значно збільшує експресію генів *RBCL* і *RBCS*, які відповідають за процеси фотосинтезу, а також генів антиоксидантної відповіді (*Cu-Zn SOD*, *CAT*, *APX*, *GR*, *MDHAR* та *DHAR*). Рівні експресії генів *Cu-Zn SOD*, *CAT*, *APX*, *GR*, *MDHAR* і *DHAR* у рослинах, оброблених *Glomus versiforme*, вищі у 1,75-, 1,93-, 1,76-, 1,85-, 2,01- і 2,18 рази, відповідно, порівняно із неінокульованими рослинами [35]. Це пояснює зниження у немікоризованих рослинах в умовах водного дефіциту вмісту загальної води на 5 %, хлорофілів *a* і *b* – на 11 %, порівняно із мікоризними особинами, а також активізацію за посухового стресу у мікоризованих рослин механізмів нефотохімічного (*NPQ*) гасіння, що зменшує ультраструктурне пошкодження їх хлоропластів у клітинах мезофілу і у такий спосіб підтримує вищу ефективність фотосинтезу. Крім того, інокуляція АМ призводить до значного посилення ферментної активності та експресії генів супероксиддисмутази, каталази, аскорбатпероксидази, глутатіонредуктази та монодегідроаскорбатредуктази в листках кавуна в умовах посухи. В інокульованих рослин виявлено також нижчі рівні накопичення активних форм кисню (H₂O₂). У них вищими є вміст розчинних цукрів і проліну [35]. Гриби АМ можуть надавати рослинам-господарям додаткові транспортні канали для покращення поглинання обмеженої кількості води та поживних речовин із ґрунту через зовнішні гіфи. Це пояснює,

чому в умовах посухового стресу мікоризні рослини кавуна мають кращі параметри водного режиму, ніж неіноккульовані особини.

Колонізація мікоризою рослин кавуна звичайного сприяє потужнішому розвитку кореневої системи; збалансовує розподіл енергії між фотохімічними та нефотохімічними процесами, що забезпечує високу фотосинтетичну активність і запобігає пошкодженню фотосинтетичного апарату; підвищує ефективну роботу антиоксидантної системи та покращує осморегуляцію. Усі ці кумулятивні ефекти симбіозу АМ зрештою підвищують посухостійкість розсади. Відповідно біологічну стратегію встановлення симбіотичної асоціації між грибами АМ і рослинами кавуна потрібно заохочувати до ширшого застосування для вирощування кавунів, особливо в посушливих і напівпосушливих регіонах.

Успішність вирощування кавунів залежить від агрохімічних характеристик ґрунту. Кавун невибагливий до ґрунтів, але на дуже важких, перезволожених, із неглибоким заляганням ґрунтових вод росте погано. Рослини добре розвиваються на легких, нейтральних типах ґрунтів, що добре прогріваються та мають достатню повітро-, і водопроникність [7]. Кавун є помірно чутливим до засолення ґрунтів. Амплітуда коливання $pH_{\text{вод}}$ ґрунтів, на яких його вирощують, становить від 4,5 до 9,0. Однак на кислих ґрунтах (pH 4,0–5,5) ускладнюються процеси поглинання кореневою системою рослин Фосфору, Калію, Кальцію, Магнію, Сульфуру та існує ризик інтоксикації рослин Алюмінієм, Ферумом і Манганом. На лужних ґрунтах (pH 7,5–8,5) Ферум, Манган, Фосфор, Купрум, Цинк, Бор і більшість мікроелементів також значно важче поглинаються рослинами [12].

Аналіз відповідності агрохімічних характеристик ґрунтів Західного регіону України потребам кавуна звичайного показав, що за схемою агроґрунтового районування (1969) ці території відносяться до провінції Західного лісостепу Лісостепової зони. Особливістю структури ґрунтового покриву Західного лісостепу є те, що в ньому не простежуються смуги поступового переходу від дерново-підзолистих ґрунтів зони мішаних лісів до сірих опідзолених, а від них – до чорноземів типових. За даними великомасштабного ґрунтового дослідження, найбільшу площу займають сірі опідзолені ґрунти – 494,5 тис. га та чорноземи – 426,3 тис. га [16].

Кислотність сірих опідзолених ґрунтів доволі висока і коливається від 4,5 до 4,8. Фізичні властивості цих ґрунтів, як правило, несприятливі – вони ущільнені до 1,55–1,65 г/см³. Найменшу щільність мають темно-сірі ґрунти, що пояснюється їхньою високою гумусованістю та доброю структурованістю. Оранка цих ґрунтів (особливо світло-сірих та сірих) призводить до порушення структури верхнього шару, вони запливають і утворюють кірку. Водний режим цих ґрунтів є промивним (найглибше промочуються ґрунти в період сніготанення): чим більша товща снігу і чим меншим є поверхневий стік, тим більше промочування. Влітку витрати вологи охоплюють однометрову товщу ґрунту, через що велике значення мають літні опади, особливо для орного шару. Не менш важливим є поживний режим ґрунтів. Вміст гумусу становить 3–4 %, Азоту – 0,15–0,3 %, обмінного Калію – 0,21–0,27 мг-екв/100 г. Зазначають, що агротехнологічні прийоми обробки цих ґрунтів дозволяють значно підвищити їх родючість, що дозволяє отримувати на них високі врожаї озимої та ярої пшениці, цукрових буряків, соняшнику, льону, кукурудзи, картоплі, а також плодово-ягідних культур, зокрема й винограду [16].

Хімічний склад чорноземів, які займають значні території у Західному регіоні України, чітко виокремлює їх серед інших ґрунтових типів високою (4–9 %) насиченістю гумусом та біофільними елементами (N, P, Ca, Mg, Na, S, мікроелементи). Вміст Азоту досягає 15 т/га, запаси Фосфору – 0,15–0,35 %, обмінного Калію – 0,42 мг-екв/100 г ґрунту. Грудкувато-зерниста структура чорноземів має оптимальні параметри пухкості, шпаруватості, вологовмісткості, водопроникності. Щільність верхнього горизонту чорноземів типових є екологічною та агрономічно оптимальною (1,0–1,2 г/см³). Оптимальною є також водопроникність (200 мм/рік), повна вологоємність метрової товщини (близько 50 %), а також ґрунтово-екологічний режим. Однак зазначають, що водний режим чорноземів найчастіше лімітує можливість отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур, оскільки чорноземна зона є зоною недостатнього зволоження, особливо в умовах зміни клімату. Проте

типи водного режиму різні в Лісостепу і Степу. Чорноземи типові у лісостеповій зоні мають періодично непромивний водний режим та на певній глибині нижче від горизонту максимального промочування містять деяку кількість доступної вологи, яка слугує резервуаром для сільськогосподарських культур у посушливі роки, що і дозволяє отримувати високі їх врожаї [6].

Аналіз потреб рослин кавуна звичайного в елементах мінерального живлення показав, що ця культура дуже чутлива до вмісту Азоту у ґрунті [26]. На дуже легкому ґрунті із низькою здатністю утримувати воду та поживні речовини для отримання високого врожаю рослини кавуна необхідно удобрювати Азотом у високих концентраціях [39]. Однак на ґрунтах інших типів надмірне внесення азотних добрив призводить до дисбалансу у рості коренів і пагонів рослин та значно знижує урожайність й ефективність використання азотних добрив [26]. Це дозволяє припустити, що навіть на сірих опідзолених ґрунтах Західного регіону України, для яких характерний низький вміст Азоту, можна успішно вирощувати кавун звичайний.

Ключовими параметрами ефективного вирощування культур у певних агрокліматичних зонах є не лише відповідність метеопараметрів, едафічних умов, водного режиму тощо їх біологічним потребам, але й генотип сортів, який визначає рівень їх екологічної пластичності і, як результат, адаптивний потенціал до умов середовища. Сергієнко О. В. разом із співавторами (2023) дослідили 101 сорт кавунів з 9 країн світу для вивчення їх адаптивного потенціалу до вирощування за інтенсивної та органічної технології в умовах Лівобережного Лісостепу України [40]. Селекцію генотипів здійснювали за основними продуктивними показниками (урожайністю, середньої масою товарного плоду), а також на основі визначення коефіцієнту регресії реакції генотипу на зміну умов (пластичності), стабільності генотипу та селекційної цінності генотипу колекції кавуна.

За результатами досліджень було виділено сорти і гібриди, які мали ширший діапазон толерантності до зміни умов вирощування та зберігали достатньо високу стабільність урожаю за використання інтенсивної технології культивування, зокрема *п'ять* селекційно-цінних сортотразків за ознакою «загальна урожайність»: «Клондайк», «Ятум», «Солодкий діамант», «Ярило», «Східний принц», *шість* селекційно-цінних сортотразків за ознакою «товарна урожайність»: «Клондайк», «Солодка дакота», «Солодкий діамант», «Солодкий діамант 2», «Ярило», «Східний принц» та *один* селекційно-цінний сортотразок за ознакою «середня маса плоду» – «Солодкий діамант».

За аналогічними характеристиками було виділено зразки сортів кавунів, які доцільно застосовувати за органічних технологій вирощування, зокрема *шість* селекційно-цінних сортотразків за ознакою «загальна урожайність»: «Солодка дакота», «Атаманський», «Рояль Маджестик», «Wm 14», «Minimeloni», «№ 9», *чотири* селекційно-цінних сортотразки за ознакою «товарна урожайність»: «Атаманський», «Рояль Маджестик», «Карапуз», «Мономах», *шість* селекційно-цінних сортотразків за ознакою «середня маса плоду» «Атаманський», «Бінго», «Фотон», «Орфей», «А-14 Тур», «№7 Zx» [40].

Результати цих досліджень показують, що сортова база кавуна звичайного має різні генотипи. Це дозволяє відібрати селекційні зразки, які володіють широким діапазоном екологічної пластичності, що створює передумови для їх успішного вирощування в різних агрокліматичних зонах, зокрема й у Західному регіоні України.

Висновки

Узагальнення та систематизація результатів досліджень низки українських та закордонних дослідників показали, що сучасні зміни клімату, які відбулися в Україні, сприяють вирощуванню баштанних культур, зокрема кавуна звичайного, у нехарактерних для них агрокліматичних зонах, у тому числі й у Західному регіоні України. Зміщення вектору посівних площ цієї агрокультури на захід країни зумовлено не лише зміною температурного та водного режимів, але й генотиповими особливостями дикого виду кавуна, які значно розширюють діапазон екологічної пластичності до впливу абіотичних чинників сучасних сортів культивованого виду, що від нього походять. Так, виділено низку сортів і гібридів, які мали широкий діапазон толерантності до умов Лівобережного Лісостепу України та зберігали

достатньо високу стабільність урожаю за використання як інтенсивної, так і органічної технологій культивування.

Успішність вирощування кавунів залежить від агрохімічних характеристик ґрунту. У складі орних земель Західного регіону переважають сірі опідзолені ґрунти та чорнозем типовий, які за низкою фізико-хімічних характеристик (щільністю верхнього горизонту, водопроникністю, кислотністю водного розчину, поживним режимом) у значній мірі відповідають едафічним потребам кавуна звичайного та можуть забезпечувати високу врожайність.

Показано, що у нетипових для вирощування кавуна звичайного агрокліматичних зонах, адаптивний потенціал та врожайність його рослин можна значно підвищити за використання низки агротехнологічних прийомів, а саме: щеплення розсади кавуна на пляшковий гарбуз (*Lagenaria siceraria* Stanld); використання розсадного способу для створення промислових плантацій; додаткове доосвітлення розсади кавуна у період вирощування її в теплиці по 12 год. щоденно упродовж 10 днів освітлювати змішаними світлодіодами з інтенсивністю світла $100 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, у складі якого кольори спектрів холодного білого (пікова довжина хвилі за 452 і 561 нм), червоного (пікова довжина хвилі за 659 нм) та синього (пікова довжина хвилі за 452 нм) співвідносяться як 1:2:1; колонізація рослин арбускулярною мікоризою.

1. Баштанні культури : наук.-бібліогр. покажч. ТДАТУ / уклад. Г. Д. Попазова; наук. ред. Г. В. Нінова. Мелітополь, 2020. 32 с.
2. Баштанні культури. *Велика українська енциклопедія*. URL: <https://vue.gov.ua/> (дата звернення: 27.08.2023).
3. В Україні агрокліматичні зони змістилися на 200 км. *Agravery – аграрне інформаційне агентство*. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/v-ukraini-agroklimaticni-zoni-zmistilisa-na-200-km> (дата звернення: 24.09.2023).
4. Вітанова О. Д. Насінництво овочевих культур: навч. посіб. 2-е вид., перероб. і доп. Вінниця : ТОВ «Твори», 2018. 254 с.
5. Гнип Г. Перші кавуни на Закарпатті збиратимуть 20 липня. *AgroTimes*. URL: <https://agrotimes.ua/ovochi-sad/pershi-zakarpatski-kavuny-na-zakarpatti-zbyratymut-20-lypnya/> (дата звернення: 20.09.2023).
6. Ґрунтознавство: підруч. / Тихоненко Д. Г. та ін.; за ред. Тихоненка Д. Г. Київ : Вища освіта, 2005. 703 с.
7. ДСТУ 5045:2008. Кавун, диня, гарбуз. Технологія вирощування. Загальні вимоги. [Чинний від 2009-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. III. 11 с.
8. Запаси продуктивної вологи в Україні незадовільні. *SuperAgronom.com*. URL: <https://superagronom.com/news/14292-zapasi-produktivnoyi-volog-i-v-ukrayini-nedostatni-ta-nezadovolni--uza> (дата звернення: 24.08.2023).
9. Запаси продуктивної вологи орного шару ґрунту під озимими на більшості площ достатні та оптимальні. *АГРОперспектива*. URL: <https://www.agroperspectiva.com/ru/news/190094> (дата звернення: 21.08.2023).
10. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / С. П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко; за ред. С. П. Іванюти. Київ : НІСД, 2020. 110 с. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf (дата звернення: 20.08.2023).
11. Кліматогенні зміни рослинного світу Українських Карпат : моногр. / Дідух Я. П. та ін. Чернівці, 2016. 280 с.
12. Косачов С. П. Вплив обробітку ґрунту та мінеральних добрив на врожай кавунів сорту Таврійський. *Селекція і технологія вирощування баштанних культур*: матеріали міжнар. наук. конф. (Гола Пристань, 19–21 квіт. 1996 р.). Гола Пристань : Наддніпрянська Правда, 1996. С. 79–81.
13. Летяк В. Літо восени і дощі взимку: як зміниться клімат України до 2100 року. *Факти*. 2021. 24 серп. URL: <https://fakty.com.ua/ua/ukraine/suspilstvo/20210824-lito-voseny-i-doshhi-vzymku-yak-zminytsya-klimat-ukrayiny-do-2100-roku/> (дата звернення: 24.08.2023).
14. Микита В. На Закарпатті вирощують кавуни у промислових обсягах. 2023 URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3570822-na-zakarpatti-virosuut-kavuni-upromislovih-obsagah.html> (дата звернення: 24.08.2023).
15. Павлоцька Л. Ф. Основи фізіології, гігієни харчування та проблеми безпеки харчових продуктів. Суми : Університетська книга, 2007. 440 с.
16. Позняк С. П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів: підруч.: в 2 ч. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2010. Ч. 2. 286 с.

17. Рекомендації з технології краплинного зрошення кавуна в умовах Сухого Степу України. Херсон, 2010. 58 с.
18. Сорти кавуна та агротехнологія вирощування насіння: рекомендації / Яровий Г. І. та ін. Харків, 2006. 16 с.
19. Akashi K., Miyake C., Yokota A. Citrulline, a novel compatible solute in drought tolerant wild watermelon leaves, is an efficient hydroxyl radical scavenger. *FEBS Letters*. 2001. Vol. 508, Issu 3. P. 438–442. DOI: 10.1016/S0014-5793(01)03123-4 (Last accessed: 15.09.2023).
20. Akashi K., Yoshimura K., Kajikawa M., Hanada K., Kosaka R., Kato A., Katoh A., Yoshihiko Nanasato Y., Hisashi Tsujimoto H., Yokota A. Potential involvement of drought-induced ran GTPase CLRa1 in root growth enhancement in a xerophyte wild watermelon. *Biosci Biotechnol. Biochem*. 2016. Vol. 80, Iss. 10. P. 1907–1916. DOI: 10.1080/09168451.2016.1191328 (Last accessed: 15.09.2023).
21. Cao D., Lutz A., Hill C. B., Callahan D. L., Roessner U. A quantitative profiling method of phytohormones and other metabolites applied to barley roots subjected to salinity stress. *Front. Plant Sci*. 2017. Vol. 7: 2070. DOI: 10.3389/fpls.2016.02070 (Last accessed: 15.09.2023).
22. Devi P., Tymon L., Keinath A., Miles C. Progress in grafting watermelon to manage Verticillium wilt. *Plant Pathology*. 2021. Vol. 70, Iss. 4. P. 767–777. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.13344> (Last accessed: 10.07.2023).
23. Gao L., Zhao S., Lu X., He N., Wenge L. 'SW', a New Watermelon Cultivar with a Sweet and Sour Flavor. *HortScience*. 2018. Vol. 53(6). P. 895–896. DOI: 10.21273/HORTSCI12857-18 (Last accessed: 10.09.2023).
24. Guo S., Zhao S., Sun H., Wang X., Wu S., Lin T. Resequencing of 414 cultivated and wild watermelon accessions identifies selection for fruit quality traits. *Nat. Genet*. 2019. Vol. 51. P. 1616–1623. DOI: 10.1038/s41588-019-0518-4 (Last accessed: 12.08.2023).
25. Hartman J., Perkins P., Wehner T. Citrulline and Arginine Are Moderately Heritable in Two Red-fleshed Watermelon Populations. *HortScience*. 2019. Vol. 54, Iss. 12. P. 200–205. DOI: 10.21273/HORTSCI13715-18 (Last accessed: 12.08.2023).
26. Hong T., Cai Z., Li R., Liu J., Li J., Wang Z., Zhang Z., Effects of water and nitrogen coupling on watermelon growth, photosynthesis and yield under CO₂ enrichment. *Agricultural Water Management*. 2022. Vol. 259: 107229. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107229> (Last accessed: 12.08.2023).
27. Huang Y., Jiao Y., Nawaz M. A., Chen C., Liu L., Lu Z., Kong Q., Cheng F., Bie Z. Improving magnesium uptake, photosynthesis and antioxidant enzyme activities of watermelon by grafting onto pumpkin rootstock under low magnesium. *Plant and Soil*. 2016. Vol. 409, № 1/2. P. 229–246. URL: <http://www.jstor.org/stable/44245227> (Last accessed: 12.08.2023).
28. Kawasaki S., Miyake C., Kohchi T., Fujii S., Uchida M., Yokota A. Responses of wild watermelon to drought stress: accumulation of an ArgE homologue and citrulline in leaves during water deficits. *Plant Cell Physiol*. 2000. Vol. 41. P. 864–873. DOI: 10.1093/pcp/pcd005 (Last accessed: 10.08.2023).
29. Khan N., Bano A., Rahman M. A., Guo J., Kang Z., Babar M. A. Comparative physiological and metabolic analysis reveals a complex mechanism involved in drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) induced by PGPR and PGRs. *Sci. Rep*. 2019. Vol. 9: 2097. DOI: 10.1038/s41598-019-38702-8 (Last accessed: 14.07.2023).
30. Lewis S. C., King A. D. Dramatically increased rate of observed hot record breaking in recent Australian temperatures. *Geophysical Research Letters*. 2015. Vol. 42. P. 7776–7784. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/2015GL065793> (Last accessed: 14.07.2023).
31. Lu J., Cheng F., Huang Y., Bie Z. Grafting Watermelon Onto Pumpkin Increases Chilling Tolerance by Up Regulating Arginine Decarboxylase to Increase Putrescine Biosynthesis. *Front Plant Sci*. 2021. Vol. 12: 812396. DOI: 10.3389/fpls.2021.812396 (Last accessed: 14.07.2023).
32. Malambane G., Madumane K., Sewelo L.T., Batlang U. Drought stress tolerance mechanisms and their potential common indicators to salinity, insights from the wild watermelon (*Citrullus lanatus*): A review. *Front. Plant Sci*. 2023. Vol. 13: 1074395. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1074395> (Last accessed: 14.07.2023).
33. Mall R. K., Gupta A., Sonkar G. 2-Effect of Climate Change on Agricultural Crops. *Crop Modification, Nutrition, and Food Production*. 2017. P. 23–46. DOI: 10.1016/B978-0-444-63661-4.00002-5 (Last accessed: 10.08.2023).
34. Mashilo J., Shimelis H., Contreras-Soto R. I., Ngwepe R. M. A meta-analysis on rootstock-induced effects in grafted watermelon (*Citrullus lanatus* var. *lanatus*). *Scientia Horticulturae*. 2023. Vol. 319: 112158. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112158> (Last accessed: 12.05.2023).
35. Mo Y., Wang Y., Yang R., Zheng J., Liu C., Li H., Ma J., Zhang Y., Wei C., Zhang X. Regulation of Plant Growth, Photosynthesis, Antioxidation and Osmosis by an Arbuscular Mycorrhizal Fungus in Watermelon Seedlings under Well-Watered and Drought Conditions. *Front Plant Sci*. 2016. Vol. 7: 644. DOI: 10.3389/fpls.2016.00644 (Last accessed: 15.08.2023).

36. Nie H., Kim M., Lee S., Lim S., Lee MS., Kim JH., Noh SJ., Park SW., Kim S-T., Shin A-Y., Lee Y., Kwon S-Y. Highquality genome assembly and genetic mapping reveal a gene regulating flesh color in watermelon (*Citrullus lanatus*). *Front. Plant Sci.* 2023. Vol. 14: 1142856. DOI: 10.3389/fpls.2023.1142856 (Last accessed: 15.09.2023).
37. Perkins S. E. A review on the scientific understanding of heatwaves – their measurement, driving mechanisms, and changes at the global scale. *Atmospheric Research*. 2015. Vol. 164–165. P. 242–267. URL: <http://www.regionalclimateperspectives.com/uploads/4/4/2/5/44250401/perkins2015heatwavereview.pdf> (Last accessed: 15.08.2023).
38. Perkins-Kirkpatrick S. E., Lewis S. C. Increasing trends in regional heatwaves. *Nature Communications*. 2020. Vol. 11: 3357. URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-020-16970-7#citeas> (Last accessed: 10.07.2023).
39. Rolbiecki R., Rolbiecki S., Piszczek P., Figas A., Jagosz B., Ptach W., Prus P., Kazula MJ. Impact of Nitrogen Fertigation on Watermelon Yield Grown on the Very Light Soil in Poland. *Agronomy*. 2020. Vol. 10(2): 213. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020213> (Last accessed: 12.08.2023).
40. Serhiienko O. V., Shabetia O. M., Linnik Z. P., Serhiienko M. B., Povlin I. Ye. Selection of watermelon starting material by adaptability for breeding for suitability for intensive and organic growing technologies. *Селекція і насінництво*. 2023. Вип. 124. С. 45–55.
41. Shinji K., Chikahiro M., Takayuki K., Shinichiro F., Masato U., Akiho Y. Responses of wild watermelon to drought stress: accumulation of an ArgE homologue and citrulline in leaves during water deficits. *Plant Cell Physiol.* 2000. Vol. 41, Iss. 7. P. 864–873. DOI: 10.1093/pcp/pcd005 (Last accessed: 12.08.2023).
42. Shirani Bidabadi S., Abolghasemi R., Zheng SJ. Grafting of watermelon (*Citrullus lanatus* cv. Mahbubi) onto different squash rootstocks as a means to minimize cadmium toxicity. *Int. J. Phytoremediation*. 2018. Vol. 20(7). P. 730–738. DOI: 10.1080/15226514.2017.1413338 (Last accessed: 10.08.2023).
43. Song Q., Joshi M., DiPiazza J., Joshi V. Functional relevance of citrulline in the vegetative tissues of watermelon during abiotic stresses. *Front. Plant Sci.* 2020. Vol. 11: 512. DOI: 10.3389/fpls.2020.00512 (Last accessed: 12.09.2023).
44. Wei H., Wang M., Jeong BR. Effect of Supplementary Lighting Duration on Growth and Activity of Antioxidant Enzymes in Grafted Watermelon Seedlings. *Agronomy*. 2020. Vol. 10(3): 337. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10030337> (Last accessed: 11.09.2023).
45. Yanjuan Y., Li Y., Liping W., Shirong G. Bottle gourd rootstock-grafting promotes photosynthesis by regulating the stomata and non-stomata performances in leaves of watermelon seedlings under NaCl stress. *Journal of Plant Physiology*. 2015. Vol. 186–187. P. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.07.013> (Last accessed: 28.08.2023).
46. Yavuz D., Seymen M., Süheri S., Yavuz N., Türkmen Ö., Kurtar E. S. How do rootstocks of citron watermelon (*Citrullus lanatus* var. *citroides*) affect the yield and quality of watermelon under deficit irrigation? *Agricultural Water Management*. 2020. Vol. 241: 106351. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106351> (Last accessed: 10.09.2023).
47. Yoo Y., Boland R., Lyytinen K., Majchrzak A. (). Organizing for Innovation in the Digitized World. *Organization Science*. 2012. Vol. 23, № 5. P. 1398–1408. DOI: 10.1287/orsc.1120.0771 (Last accessed: 12.08.2023).
48. Zeyi W., Shouchao Y., Hengjia Z., Lian L., Chao L., Lili C., Dandan S., Xuan L. Deficit mulched drip irrigation improves yield, quality, and water use efficiency of watermelon in a desert oasis region. *Agricultural Water Management*. 2023. Vol. 277: 108103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108103> (Last accessed: 10.08.2023).

References

1. Bashtanni kultury : nauk.-bibliohr. pokazhch. TDATU / uklad. H. D. Popazova; nauk. red. H. V. Ninova. Melitopol, 2020. 32 s. [in Ukrainian]
2. Bashtanni kultury. *Velyka ukraïnska entsyklopediia*. URL: <https://vue.gov.ua/> (data zvernennia: 27.08.2023). [in Ukrainian]
3. V Ukrainy ahroklimatechni zony zmistylisia na 200 km. *Agravery – ahrarne informatsiine ahenstvo*. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/v-ukraini-agroklimatechni-zoni-zmistylisia-na-200-km> (data zvernennia: 24.09.2023). [in Ukrainian]
4. Vitanova O. D. Nasinnytstvo ovochevykh kultur: navch. posib. 2-e vyd., pererob. i dop. Vinnytsia : TOV «Tvory», 2018. 254 s. [in Ukrainian]
5. Hnyp H. Pershi kavuny na Zakarpatti zbyratymut 20 lypnia. *AgroTimes*. URL: <https://agrotimes.ua/ovochisad/pershi-zakarpatski-kavuny-na-zakarpatti-zbyratymut-20-lypnia/> (data zvernennia: 20.09.2023). [in Ukrainian]

6. Gruntoznavstvo: pidruch. / Tykhonenko D. H. ta in.; za red. Tykhonenka D. H. Kyiv : Vyscha osvita, 2005. 703 s. [in Ukrainian]
7. DSTU 5045:2008. Kavun, dynia, harbuz. Tekhnolohiia vyroshchuvannia. Zahalni vymohy. [Chynnyi vid 2009-07-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2009. III. 11 s. [in Ukrainian]
8. Zapasy produktyvnoi volohy v Ukraini nezadovilni. *SuperAgronom.com*. URL: <https://superagronom.com/news/14292-zapasi-produktyvnoi-vohy-v-ukraini-nedostatni-ta-nezadovilni-uza> (data zvernennia: 24.08.2023). [in Ukrainian]
9. Zapasy produktyvnoi volohy ornoho sharu gruntu pid ozymymy na bilshosti ploshch dostatni ta optymalni. *AHROPerspektyva*. URL: <https://www.agroperspektiva.com/ru/news/190094> (data zvernennia: 21.08.2023). [in Ukrainian]
10. Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsii: analit. dopovid / S. P. Ivaniuta, O. O. Kolomiets, O. A. Malynovska, L. M. Yakushenko; za red. S. P. Ivaniuty. Kyiv : NISD, 2020. 110 s. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf (data zvernennia: 20.08.2023). [in Ukrainian]
11. Klimatohenni zminy roslynnoho svitu Ukrainskykh Karpat : monohr. / Didukh Ya. P. ta in. Chernivtsi, 2016. 280 s. [in Ukrainian]
12. Kosachov S. P. Vplyv obrobittu gruntu ta mineralnykh dobryv na vrozhai kavuniv sortu Tavriiskyi. *Selektsiia i tekhnolohiia vyroshchuvannia bashtannykh kultur: materialy mizhnar. nauk. konf. (Hola Prystan, 19–21 kvit. 1996 r.)*. Hola Prystan : Naddnyprianska Pravda, 1996. C. 79–81. [in Ukrainian]
13. Letiak V. Lito voseny i doshchi vzymku: yak zminytsia klimat Ukrainy do 2100 roku. *Fakty*. 2021. 24 serp. URL: <https://fakty.com.ua/ua/ukraine/suspilstvo/20210824-lito-voseny-i-doshhi-vzymku-yak-zminytsia-klimat-ukrainy-do-2100-roku/> (data zvernennia: 24.08.2023). [in Ukrainian]
14. Mykita V. Na Zakarpatti vyroshchuiut kavuny u promyslovykh obsiahakh. 2023 URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3570822-na-zakarpatti-virostut-kavuny-upromislovih-obsagah.html> (data zvernennia: 24.08.2023). [in Ukrainian]
15. Pavlotska L. F. Osnovy fiziologii, hihiieny kharchuvannia ta problemy bezpeky kharchovykh produktiv. Sumy : Universytetska knyha, 2007. 440 s. [in Ukrainian]
16. Pozniak S. P. Gruntoznavstvo i heohrafiia gruntiv: pidruch.: v 2 ch. Lviv : LNU imeni Ivana Franka, 2010. Ch. 2. 286 s. [in Ukrainian]
17. Rekomendatsii z tekhnolohii kraplynnoho zroshennia kavuna v umovakh Sukhoho Stepu Ukrainy. Kherson, 2010. 58 s. [in Ukrainian]
18. Sorty kavuna ta ahrotekhnolohiia vyroshchuvannia nasinnia: rekomendatsii / Yarovy H. I. ta in. Kharkiv, 2006. 16 s. [in Ukrainian]
19. Akashi K., Miyake C., Yokota A. Citrulline, a novel compatible solute in drought tolerant wild watermelon leaves, is an efficient hydroxyl radical scavenger. *FEBS Letters*. 2001. Vol. 508, Issu 3. P. 438–442. DOI: 10.1016/S0014-5793(01)03123-4 (Last accessed: 15.09.2023).
20. Akashi K., Yoshimura K., Kajikawa M., Hanada K., Kosaka R., Kato A., Katoh A., Yoshihiko Nanasato Y., Hisashi Tsujimoto H., Yokota A. Potential involvement of drought-induced ran GTPase CLRa1 in root growth enhancement in a xerophyte wild watermelon. *Biosci Biotechnol. Biochem*. 2016. Vol. 80, Iss. 10. P. 1907–1916. DOI: 10.1080/09168451.2016.1191328 (Last accessed: 15.09.2023).
21. Cao D., Lutz A., Hill C. B., Callahan D. L., Roessner U. A quantitative profiling method of phytohormones and other metabolites applied to barley roots subjected to salinity stress. *Front. Plant Sci*. 2017. Vol. 7: 2070. DOI: 10.3389/fpls.2016.02070 (Last accessed: 15.09.2023).
22. Devi P., Tymon L., Keinath A., Miles C. Progress in grafting watermelon to manage Verticillium wilt. *Plant Pathology*. 2021. Vol. 70, Iss. 4. P. 767–777. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.13344> (Last accessed: 10.07.2023).
23. Gao L., Zhao S., Lu X., He N., Wenge L. 'SW', a New Watermelon Cultivar with a Sweet and Sour Flavor. *HortScience*. 2018. Vol. 53(6). P. 895–896. DOI: 10.21273/HORTSCI12857-18 (Last accessed: 10.09.2023).
24. Guo S., Zhao S., Sun H., Wang X., Wu S., Lin T. Resequencing of 414 cultivated and wild watermelon accessions identifies selection for fruit quality traits. *Nat. Genet*. 2019. Vol. 51. P. 1616–1623. DOI: 10.1038/s41588-019-0518-4 (Last accessed: 12.08.2023).
25. Hartman J., Perkins P., Wehner T. Citrulline and Arginine Are Moderately Heritable in Two Red-fleshed Watermelon Populations. *HortScience*. 2019. Vol. 54, Iss. 12. P. 200–205. DOI: 10.21273/HORTSCI13715-18 (Last accessed: 12.08.2023).
26. Hong T., Cai Z., Li R., Liu J., Li J., Wang Z., Zhang Z., Effects of water and nitrogen coupling on watermelon growth, photosynthesis and yield under CO₂ enrichment. *Agricultural Water Management*. 2022. Vol. 259: 107229. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107229> (Last accessed: 12.08.2023).

27. Huang Y., Jiao Y., Nawaz M. A., Chen C., Liu L., Lu Z., Kong Q., Cheng F., Bie Z. Improving magnesium uptake, photosynthesis and antioxidant enzyme activities of watermelon by grafting onto pumpkin rootstock under low magnesium. *Plant and Soil*. 2016. Vol. 409, № 1/2. P. 229–246. URL: <http://www.jstor.org/stable/44245227> (Last accessed: 12.08.2023).
28. Kawasaki, S., Miyake, C., Kohchi, T., Fujii, S., Uchida, M., Yokota, A. Responses of wild watermelon to drought stress: accumulation of an ArgE homologue and citrulline in leaves during water deficits. *Plant Cell Physiol*. 2000. Vol. 41. P. 864–873. DOI: 10.1093/pcp/pcd005 (Last accessed: 10.08.2023).
29. Khan N., Bano A., Rahman M. A., Guo J., Kang Z., Babar M. A. Comparative physiological and metabolic analysis reveals a complex mechanism involved in drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) induced by PGPR and PGRs. *Sci. Rep.* 2019. Vol. 9: 2097. DOI: 10.1038/s41598-019-38702-8 (Last accessed: 14.07.2023).
30. Lewis S. C., King A. D. Dramatically increased rate of observed hot record breaking in recent Australian temperatures. *Geophysical Research Letters*. 2015. Vol. 42. P. 7776–7784. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/2015GL065793> (Last accessed: 14.07.2023).
31. Lu J., Cheng F., Huang Y., Bie Z. Grafting Watermelon Onto Pumpkin Increases Chilling Tolerance by Up Regulating *Arginine Decarboxylase* to Increase Putrescine Biosynthesis. *Front Plant Sci*. 2021. Vol. 12: 812396. DOI: 10.3389/fpls.2021.812396 (Last accessed: 14.07.2023).
32. Malambane G., Madumane K., Sewelo L.T., Batlang U. Drought stress tolerance mechanisms and their potential common indicators to salinity, insights from the wild watermelon (*Citrullus lanatus*): A review. *Front. Plant Sci*. 2023. Vol. 13: 1074395. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1074395> (Last accessed: 14.07.2023).
33. Mall R. K., Gupta A., Sonkar G. 2-Effect of Climate Change on Agricultural Crops. *Crop Modification, Nutrition, and Food Production*. 2017. P. 23–46. DOI: 10.1016/B978-0-444-63661-4.00002-5 (Last accessed: 10.08.2023).
34. Mashilo J., Shimelis H., Contreras-Soto R. I., Ngwepe R. M. A meta-analysis on rootstock-induced effects in grafted watermelon (*Citrullus lanatus* var. *lanatus*). *Scientia Horticulturae*. 2023. Vol. 319: 112158. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112158> (Last accessed: 12.05.2023).
35. Mo Y., Wang Y., Yang R., Zheng J., Liu C., Li H., Ma J., Zhang Y., Wei C., Zhang X. Regulation of Plant Growth, Photosynthesis, Antioxidation and Osmosis by an Arbuscular Mycorrhizal Fungus in Watermelon Seedlings under Well-Watered and Drought Conditions. *Front Plant Sci*. 2016. Vol. 7: 644. DOI: 10.3389/fpls.2016.00644 (Last accessed: 15.08.2023).
36. Nie H., Kim M., Lee S., Lim S., Lee MS., Kim JH., Noh SJ., Park SW., Kim S-T., Shin A-Y., Lee Y., Kwon S-Y. Highquality genome assembly and genetic mapping reveal a gene regulating flesh color in watermelon (*Citrullus lanatus*). *Front. Plant Sci*. 2023. Vol. 14: 1142856. DOI: 10.3389/fpls.2023.1142856 (Last accessed: 15.09.2023).
37. Perkins S.E. A review on the scientific understanding of heatwaves – their measurement, driving mechanisms, and changes at the global scale. *Atmospheric Research*. 2015. Vol. 164–165. P. 242–267. URL: <http://www.regionalclimateperspectives.com/uploads/4/4/2/5/44250401/perkins2015heatwavereview.pdf> (Last accessed: 15.08.2023).
38. Perkins-Kirkpatrick S. E., Lewis S. C. Increasing trends in regional heatwaves. *Nature Communications*. 2020. Vol. 11: 3357. URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-020-16970-7#citeas> (Last accessed: 10.07.2023).
39. Rolbiecki R., Rolbiecki S., Piszczek P., Figas A., Jagosz B., Ptach W., Prus P., Kazula MJ. Impact of Nitrogen Fertigation on Watermelon Yield Grown on the Very Light Soil in Poland. *Agronomy*. 2020. Vol. 10(2): 213. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020213> (Last accessed: 12.08.2023).
40. Serhiienko O. V., Shabetia O. M., Linnik Z. P., Serhiienko M. B., Povlin I. Ye. Selection of watermelon starting material by adaptability for breeding for suitability for intensive and organic growing technologies. *Селекція і насінництво*. 2023. Вип. 124. С. 45–55.
41. Shinji K., Chikahiro M., Takayuki K., Shinichiro F., Masato U., Akiho Y. Responses of wild watermelon to drought stress: accumulation of an ArgE homologue and citrulline in leaves during water deficits. *Plant Cell Physiol*. 2000. Vol. 41, Iss. 7. P. 864–873. DOI: 10.1093/pcp/pcd005 (Last accessed: 12.08.2023).
42. Shirani Bidabadi S., Abolghasemi R., Zheng SJ. Grafting of watermelon (*Citrullus lanatus* cv. Mahbubi) onto different squash rootstocks as a means to minimize cadmium toxicity. *Int. J. Phytoremediation*. 2018. Vol. 20(7). P. 730–738. DOI: 10.1080/15226514.2017.1413338 (Last accessed: 10.08.2023).
43. Song Q., Joshi M., DiPiazza J., Joshi V. Functional relevance of citrulline in the vegetative tissues of watermelon during abiotic stresses. *Front. Plant Sci*. 2020. Vol. 11: 512. DOI: 10.3389/fpls.2020.00512 (Last accessed: 12.09.2023).

44. Wei H., Wang M., Jeong BR. Effect of Supplementary Lighting Duration on Growth and Activity of Antioxidant Enzymes in Grafted Watermelon Seedlings. *Agronomy*. 2020. Vol. 10(3): 337. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10030337> (Last accessed: 11.09.2023).
45. Yanjuan Y., Li Y., Liping W., Shirong G. Bottle gourd rootstock-grafting promotes photosynthesis by regulating the stomata and non-stomata performances in leaves of watermelon seedlings under NaCl stress. *Journal of Plant Physiology*. 2015. Vol. 186–187. P. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.07.013> (Last accessed: 28.08.2023).
46. Yavuz D., Seymen M., Süheri S., Yavuz N., Türkmen Ö., Kurtar E. S. How do rootstocks of citron watermelon (*Citrullus lanatus* var. *citroides*) affect the yield and quality of watermelon under deficit irrigation? *Agricultural Water Management*. 2020. Vol. 241: 106351. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106351> (Last accessed: 10.09.2023).
47. Yoo Y., Boland R., Lyytinen K., Majchrzak A. (). Organizing for Innovation in the Digitized World. *Organization Science*. 2012. Vol. 23, № 5. P. 1398–1408. DOI: 10.1287/orsc.1120.0771 (Last accessed: 12.08.2023).
48. Zeyi W., Shouchao Y., Hengjia Z., Lian L., Chao L., Lili C., Dandan S., Xuan L. Deficit mulched drip irrigation improves yield, quality, and water use efficiency of watermelon in a desert oasis region. *Agricultural Water Management*. 2023. Vol. 277: 108103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108103> (Last accessed: 10.08.2023).

L. R. Hrysak, M. Ya. Kravets

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

ANALYSIS OF THE ADAPTIVE POTENTIAL OF THE COMMON WATERMELON (*CITRULLUS LANATUS* (THUNB.) MATSUM. ET NAKAI) TO GROWTH IN AGRO-ECOLOGICAL CONDITIONS OF THE WESTERN REGION OF UKRAINE

The results of the research of a number of Ukrainian and foreign researchers regarding modern climate changes that have occurred in Ukraine, which contribute to the cultivation of melon crops, in particular, common watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai), in uncharacteristic agroclimatic zones, are analyzed. It is shown that wild watermelon plants have a high level of expression of genes responsible for: root morphogenesis and their enhanced development; rapid response of the respiratory apparatus water deficit; accumulation of citrulline in the leaves, which has a higher activity of absorbing hydroxyl radicals. Such peculiarities of the genotype of the wild type of watermelon made it possible to significantly expand the range of ecological plasticity to the influence of abiotic factors of its modern cultivated varieties and hybrids. This makes it possible to consistently obtain sufficiently high yields of watermelons in changing growing conditions.

The change in the temperature regime, amount and distribution of precipitation by season, which occurred over the last decades in the Western region of Ukraine, as well as the physicochemical characteristics (density of the upper horizon, water permeability, acidity of the aqueous solution, nutrient regime) of gray podzolized soils and typical chernozems contribute to the cultivation of watermelon ordinary. It was found that in agro-climatic zones atypical for this crop, the adaptive potential and yield of its plants can be significantly increased by using a number of agrotechnological techniques. Using the method of grafting watermelon seedlings onto bottle gourd (*Lagenaria siceraria* Standl) allows to increase the yield of watermelon fruits and resistance to biotic and abiotic stresses. Optimizing the light regime for growing watermelon seedlings, which involves additional lighting for 10 days with mixed LEDs with a light intensity of 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}$, significantly improves its quality. Ensuring the optimal regime of irrigation of plants at a specific phenophase of their development allows for a purposeful influence on the growth of aerial parts of plants and their yield. Colonization of plants with arbuscular mycorrhiza increases the expression of genes responsible for the processes of photosynthesis and antioxidant response, which significantly increases the resistance of individuals to drought stress.

Key words: ordinary watermelon, adaptive potential, agro-ecological conditions, Western region of Ukraine.

Надійшла 09.11.2023.