

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗРОШЕННЯ ВИНОГРАДУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

В. О. ПАЛАРІЄВ, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії).

А. В. ШТІРБУ, доктор філософії.

**ННЦ «Інститут виноградарства і виноробства
імені В.Є. Таїрова» НААН**

Наведено аналіз вітчизняних та зарубіжних літературних джерел, в яких відображені наукові проблеми теорії, практики та перспективи зрошувального виноградарства. Встановлено актуальність вивчення проблеми дефіциту ґрунтової вологи для сільськогосподарських культур. Визначені основні критерії оптимізації поливного режиму. Проаналізовано результати досліджень щодо впливу режимів зрошення на врожай винограду та продукти його переробки. Проведено обґрунтування дефіцитного зрошення як стратегії ефективного використання поливної води.

Ключові слова: виноград, дефіцит вологи, поливний режим, врожай, дефіцитне зрошення.

Вступ. Галузь виноградарства має велике народногосподарське значення. Це обумовлюється високими поживними та цінними лікувально-дієтичними властивостями продукції, що одержують в результаті сільськогосподарського виробництва, а також забезпеченням зайнятості населення та створення робочих місць. Промислові насадження винограду розміщені в основному на Півдні України, на території з відносно сприятливими для культури ґрунтово-кліматичними умовами. Станом на 2024 рік у підприємствах площа насаджень винограду складає 15,2 тис. га, з яких 14,4 тис. га у плодоносному віці. На політих землях площа під насадженнями складає 1,6 тис. га.

Територія розташування основних площ насаджень винограду характеризується недостатнім рівнем природного зволоження ґрунту. Останніми роками ця проблема набула особливої гостроти, через що вирощування багаторічних насаджень без зрошення стає ризикованим. Отож, актуальність досліджень щодо теоретичних та практичних основ зрошення винограду не викликає сумнівів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Південь України відноситься до сільськогосподарського району, який розташований у посушливій зоні, де землеробство є ризикованим, а культивування окремих рослин можливе тільки за зрошення [89, 64, 57]. В таких умовах урожайність культур здебільшого залежить від доступності води, ніж від будь-якого іншого фактору середовища [91, 97]. Вегетація рослин відбувається тільки за наявності доступної вологи у ґрунті. Але, їх продуктивність зменшується навіть за слабого водного дефіциту,

який настає набагато раніше, ніж вміст вологи у ґрунті наближається до рівня за якого настає в'янення рослин [70].

Ступінь дії дефіциту ґрунтової вологи залежить від біологічних особливостей рослин, агротехнології культивування, метеорологічних факторів та ґрунтових умов. Так, менш чутливі посухостійкі культури, які характеризуються більшою глибиною проникнення кореневої системи [68]. Дія посушливих умов корелює з кількістю культурних рослин на одиниці площі залежно від норм висіву або щільності насаджень, зменшується за утримання ґрунтового покриття в стані чорного пару або мульчування [79].

Витрати води на транспірацію та випарування залежать від таких метеорологічних факторів як температура і вологість повітря, вітер, світло, туман, опади, тощо [65, 84]. На обмін води в рослинах впливають ґрунтові фактори – запас вологи, осмотичний тиск ґрунтового розчину, структура та вологоємність ґрунту, тощо [82, 92]. Дефіцит вологи в рослинах впливає на всі фізіологічні процеси поглинання води з ґрунту, кореневий тиск, галуження коренів, рух продихів, транспірацію, фотосинтез, дихання, тощо [76]. Нестача води та, як наслідок, зміна обміну речовин впливає на продуктивність рослин, якість врожаю та продуктів його переробки [58].

Періодично повторювані посухи та суховії на Півдні України спричиняють значну шкоду агровиробництву [62]. В сучасній системі заходів боротьби з посухами основне місце посідає штучне зрошення [88, 63]. Для меліоративного прийому актуальним залишається встановлення доцільного поливного режиму залежно від ґрунтово-кліматичних умов, технологічних і економічних вимог щодо рівня урожайності та якості врожаю [86, 90, 71].

В умовах недостатнього природного зволоження виноград добре реагує на зрошення. Прийом вирішує проблему низької урожайності та якості врожаю для культури. Однак можливість зрошення визначається водними ресурсами, які стають дедалі вразливішими [102]. Підвищення ефективності використання поливної води рослинами має важливе значення для сталого виробництва в умовах зростання посушливості, спричиненої глобальною зміною клімату. В цьому напрямку особлива увага приділяється розробленню фізіологічних основ збільшення урожайності винограду за одночасно ефективного використання поливної води в умовах недостатнього зволоження [19, 44].

Найвідповідальнішим етапом розроблення поливного режиму культурних рослин є верхні та нижні межі допустимої вологості кореневмісного шару ґрунту з урахуванням потреби рослин у воді упродовж вегетації [95, 73]. Оптимальний інтервал зволоження ґрунту залежить від фази розвитку рослини, фізико-хімічних властивостей кореневмісного шару, наявності критичних періодів нестачі води [87, 67]. У виробничих умовах актуальним залишається визначення оптимальних строків поливу. На теперішній час розроблені методи по даним вологості ґрунту, рівня осмотичного тиску листків і ступеню розкривання продихів, компонентів енергетичного балансу, тощо [96].

Отже, дефіцит ґрунтової вологи для аграрного виробництва актуальна проблема, особливо для районів недостатнього природного зволоження, вирішення якої може бути тільки з урахуванням біологічних особливостей

культури та ґрунтово-кліматичних умов, технологічних та економічних чинників [61]. Удосконалення показників визначення строків та норм поливу в умовах посушливих районів під вирощування врожаю певної якості основний елемент високої культури точного землеробства [81].

Мета дослідження – з'ясування в процесі синтезу знань суттєвих взаємозв'язків між культурою винограду та зрошенням, узагальнення сучасних результатів експериментальних досліджень та виявлення закономірностей з їх наступним узагальненням.

Методика дослідження. Упродовж 2023–2024 рр. проведено підбір фахових публікацій по темі теоретичного дослідження та аналіз даних викладеного матеріалу. За проведення огляду було використано наступні методи: діалектичного пізнання процесів і явищ, монографічний, емпіричний; порівняльного аналізу, узагальнення та абстрактно-логічний.

Результати досліджень. Для сільськогосподарських культур вода грає вирішальну роль у поглинанні та транспортуванні поживних речовин, регулюванні температури та фізіологічних процесів рослин, в тому числі фотосинтезу. Поряд із тим, що виноград є відносно стійкою рослиною до водного дефіциту, недостатня кількість ґрунтової вологи в критичні періоди розвитку може порушувати водний обмін рослин і, як наслідок, уповільнювати приріст врожаю [39, 2].

Висока продуктивність рослин досягається тільки за забезпечення усіма необхідними факторами життєдіяльності відповідно до їх потреб упродовж періоду вегетації [78]. Основним фактором підвищення продуктивності винограду, особливо в посушливих умовах Півдня України, є вологозабезпеченість, яка на поливних насадженнях регулюється режимом зрошення [100]. Оптимальний режим зрошення або порядок проведення поливів визначається нормами, термінами і кількістю поливів відповідно до потреб багаторічних насаджень у воді. Такий режим, як правило, сприяє поліпшенню фізико-хімічних властивостей і родючості ґрунту [66, 93].

Вирішальною умовою високої ефективності зрошування насаджень винограду є своєчасне, і правильне визначення строків і норм поливів. Передчасне проведення поливів призводить до перевитрати поливної води і погіршення повітряного режиму ґрунту. Запізнення з поливом, особливо в критичні фази росту і розвитку рослин, згубно позначається на врожай [59].

Заниження або завищення поливної норми порушує оптимальний водний режим рослин. Нижчі норми зменшують потужність зволоженого шару ґрунту, скорочують міжполивний період і збільшують кількість поливів. Вищі норми сприяють нераціональним витратам поливної води; вимиванню з кореневмісного шару поживних речовин; перезволоженню ґрунту та погіршенню його фізичних властивостей [94].

Строки і норми поливу насаджень винограду в кожному конкретному випадку визначаються залежно від ґрунтово-кліматичних умов, гідрологічної обстановки на зрошуваній ділянці, біологічними особливостями окремих сортів, віком насаджень. На сьогодні, для зрошення багаторічних насаджень широко впроваджений крапельний спосіб поливу. Принциповою особливістю цього

способу є локальне зволоження ґрунту безпосередньо в зоні максимального залягання кореневої системи рослин. Поливний режим при цьому способі зрошення забезпечує підтримання постійної вологості ґрунту в зоні зволоження невеликими поливними нормами через короткі інтервали часу [72, 59].

Основна методика встановлення норми поливу на виноградниках, прийнята в українській практиці, передбачає визначення верхньої і нижньої межі оптимальної вологості ґрунту, а також глибини зволожуваного шару. Верхня межа оптимального зволоження прийнята за найменшу вологоємність (НВ), яка відповідає максимальній водоутримуючій здатності ґрунту. Нижня межа відповідає інтервалу між НВ і вологістю в'янення і характеризує початковий період зменшення рухливості ґрунтової вологи, а отже, і її доступність рослинам [77]. Нижня межа допустимої вологості ґрунту в зрошуваних умовах визначається шляхом постановки прямих польових дослідів. Для умов Півдня України нижня межа оптимального зволоження ґрунту на виноградниках має також великі коливання. І. В. Шевченко, В. І. Поляков [100] вважають нижньою межею оптимальної вологості середньо- та важкосуглинкових ґрунтів 70–75 % НВ, а піщаних ґрунтів – 60 % і навіть 50 % НВ.

Однак оптимальна вологість кореневмісного шару ґрунту залежить також від рівня потреби рослин у воді упродовж вегетації винограду. Так, сприятливий для росту і розвитку рівень вологості ґрунту по фенологічним фазам наступний: 100–95 % НВ у період фази «сокорух»; 95–75 % НВ у – «розпускання вічок»; 85–70 % НВ у – «росту ягід»; 70–60 % НВ у – «достигання ягід» [103].

Важливим принципом встановлення оптимальних режимів зрошування будь-якої сільськогосподарської культури є правильне встановлення термінів проведення чергових поливів [65]. Особливо обережно слід підходити до призначення термінів проведення поливів на виноградниках. Від терміну проведення чергового вегетаційного поливу винограду залежить і кількість і якість врожаю [74].

Метод визначення строків поливу по вологості ґрунту не позбавлений недоліків. Вчасне визначення оптимальних строків поливу проводиться за систематичними спостереженнями динаміки вологості кореневмісного шару ґрунту, що потребує значних трудовитрат. Крім цього, метод не враховує мікроклімат зрошуваної ділянки, а середня вологість кореневмісного шару ґрунту не завжди правильно відображає потребу рослини у воді, він також мало придатний на засолених ґрунтах [37, 83].

Встановлення залежності між водним режимом рослини і різними фізіологічними процесами, що перебігають у ній, дозволили застосовувати для визначення строків поливу сільськогосподарських культур фізіологічний метод. До числа найбільш чутливих фізіологічних показників відносяться: сисна сила листків, концентрація їх клітинного соку, осмотичний тиск, стан продихового апарату, тощо [78, 44, 38]. За даними К. А. DeGaris та ін. [14] навіть часткове висихання кореневої зони на виноградниках призводить до зниження продихової провідності та водного потенціалу листків.

Продихова провідність листків винограду зменшується лінійно в міру зменшення водного потенціалу листків і вмісту доступної для рослин води в

грунті. При цьому, інтенсивність фотосинтезу уповільнюється лише тоді, коли значення водного потенціалу листків менші за $-1,0$ МПа і коли витрачається ~ 50 % вмісту води в ґрунті при польовій ємності [50].

Розробляються методи діагностики водного режиму рослин винограду за даними спектрометрії листків в ближньої інфрачервоної області (1100–2100 нм) [15]. Так, J. Bellvert та ін. [1] показали, що моніторинг упродовж періоду вегетації винограду безпілотним літальним апаратом, оснащеним тепловим датчиком, надає дані усередненого водного потенціалу листків, які можна використовувати як тригер поливу. Таким чином, дистанційно визначений водний потенціал листків успішно використовувався для прийняття стратегій зрошення.

В іноземних літературних джерелах для розрахунку зрошуваних і поливних норм найчастіше використовуються дані показника евапотранспірації (ЕТо або ЕТР, ЕТр), який відображує кількісні витрати води через випаровування ґрунту та транспірацію рослин. Розрахунок ЕТо використовується для визначення кількості води, необхідної рослинам для оптимального розвитку. Показник дозволяє встановити стратегію зрошення, спланувати цикли поливу або потребу кожної культури для певного рівню врожаю [31].

Цей метод заснований на тому, що евапотранспірація рослин, за оптимального водного режиму, залежить від вологості повітря, інтенсивності сонячної радіації, швидкості вітру. Для визначення поливного режиму по даних ЕТо встановлюються коефіцієнти під кожен окрему культуру (ЕТс) [30].

Досить оперативний контроль змін вологості активного шару ґрунту можна проводити з допомогою тензіометрів. Метод базується на основі теорії потенціалу ґрунтової вологи, який визначає стан та умови рівноваги і пересування вологи в системі «ґрунт – рослина – приґрунтовий шар атмосфери». Дані всмоктувального тиску, одержані за допомогою тензіометрів, застосовуються безпосередньо для призначення чергових термінів поливу [85].

Важливим питанням в організації зрошення є розробка раціонального поливного режиму, який на думку більшості вітчизняних авторів повинен складатись із вологозарядкового і вегетаційних поливів [99]. За даними І. В. Шевченко та В. І. Полякова [100] в умовах посушливого клімату на виноградниках до кінця вегетаційного періоду запаси доступної рослинам води є вичерпаними. Утворений в ґрунті дефіцит вологи не завжди і не в повній мірі компенсується опадами холодного періоду року. Навіть в порівняно добре забезпечені по кількості опадів роки вологість ґрунту на початок вегетації винограду не досягає 100 % НВ, а складає всього 74–93 %. Тому для створення великих запасів вологи в ґрунті до початку вегетації проводять вологозарядкові поливи, які чинять позитивний вплив на перезимівлю кущів, розвиток кореневої системи, плодоносність пагонів, врожай і якість винограду.

Крім того, на фоні вологозарядки виноградні рослини із самого початку свого розвитку пристосовуються до майбутнього існування і плодоношення в умовах достатнього ґрунтового зволоження. Однак, вологозарядкові поливи створюють порівняно стійкі запаси вологи тільки до другої – третьої декади червня, в подальшому вологість на цих виноградниках зрівнюється з вологістю неполивних ділянок [98, 101, 3].

Під час планування зрошення слід враховувати, що водний режим винограду багато в чому залежить від запасів доступної для рослин вологи навесні, на старті вегетації. Саме в цей час рівень зволоження визначає кількісні показники розвитку рослин у подальшій вегетації [48].

В умовах Долини Баросса (Австралія) низький рівень запасу вологи у весняний період сприяв розвитку меншій кількості пагонів на рослинах. Під час вегетації рослини відрізняються зменшеними параметрами листкового пологу, що значно уповільнює негативну дію посушливих умов літнього періоду. Як результат, водний дефіцит навесні зменшив рівень навантаження кущів врожаєм та сприяв поліпшенню якості виноградних вин [5]. Вегетаційні поливи є основою режиму зрошення винограду. З їх допомогою регулюється водний режим ґрунту і вологозабезпеченість рослин в найбільш відповідальні моменти їх розвитку, в періоди максимального водоспоживання [69].

Вплив режимів зрошення на врожай винограду та продукти його переробки. Виноградарство на зрошуваних землях має ряд особливостей, що зумовлені комплексною дією зрошення на середовище та рослину. Зрошення винограду слід розглядати не тільки як метод боротьби з посухами, але й як агроприйом, що дозволяє цілеспрямовано регулювати продуктивність рослин та якість врожаю [60].

У. М. Chalmers та ін. [9] показано, що різні режими краплинного зрошення винограду значно впливають на якісні показники врожаю та продуктів його переробки на південному сході Австралії. Так, зрошувані норми 100 % ЕТс в контрольному варіанті та зменшення їх на 65–70 %, 45–52 %, 34–43 % від контролю значно змінюють щільність кольору, відтінок червоних пігментів, антоціанів, фенолів і продуктів копігментації у вині з врожаю сортів Каберне Совіньон та Сіра. Концентрації антоціану та фенолу у вині для обох сортів показали значне збільшення зі зменшенням норм поливу. Автори припустили, що посилення кольору вина за меншої норми зрошення може бути наслідком змін у біосинтезі флавоноїдів у результаті реакції винограду на дефіцит води.

Дефіцит води впливає на розвиток ягід винограду, а також на метаболізм флавоноїдів. Однак водний стрес до та після досягання ягід по-різному впливає на склад антоціанів [33]. І. Buesa та ін. [7] вивчали наступні режими зрошення винограду: (I) контроль, зрошення при 100 % розрахункової евапотранспірації культури (ЕТс) протягом усього сезону; (II) стійке дефіцитне зрошення, зрошення на 50 % від контролю; (III) ранній дефіцит, де попереднє зрошення було припинено, а потім 100 % ЕТс; і (IV) пізній дефіцит, зрошуваний, як і для контролю, до початку досягання ягід, а потім при 25 % ЕТс до збору врожаю. Показано, що на варіантах менших зрошуваних норм спостерігається ефект значного зниження плодоносності пагонів і маси грона через дрібніші ягоди. Проте ранній дефіцит призводить до більшого зниження росту ягід порівняно з варіантом пізнього дефіциту вологи. Повне зрошення, як правило збільшує масу вегетативного приросту та площу листкової поверхні головним чином за рахунок збільшення вторинних пагонів і, крім того, сповільнює досягання ягід. Варіант стійкого дефіциту зрошення виявився більш ефективним з точки зору продуктивного використання води, забезпечивши високий потенціал

урожайності сорту, а також покращив склад винограду, зокрема щодо накопичення цукру.

S. Munitz та ін. [32] показали, що висока доступність води на ранніх стадіях розвитку ягід посилює вегетативний ріст, збільшує розмір ягід і врожайність винограду сорту Мерло. Зменшення норм поливу з метою створення певного рівня посухового стресу під час досягання ягід не уповільнило приріст врожаю та не зменшує його якості. Автори дійшли висновку, що така практика як регульований дефіцит води, що поєднує інтенсивне зрошення від цвітіння до змикання ягід в гронах і зменшення норми поливу під час їх досягання, має високий потенціал для створення найкращого балансу між вегетативним ростом, високою урожайністю та якістю вина із покращеним кольором і ароматом.

N. M. Cooley та ін. [11] вивчали регульований та тривалий дефіцит поливної води на показники врожаю винограду у порівнянні з виробничим режимом зрошення. Показано, що регульований дефіцит води сприяє зменшенню маси ягід в основному через мезокарпій (м'якоті), а не екзокарпій (шкірки) або маси насіння, але недостатньо, щоб істотно вплинути на урожайність. В той час, як тривалий дефіцит води значно уповільнює приріст маси м'якоті ягід до рівнів істотного зменшення урожайності насаджень. Дефіцит води суттєво не вплинув на вміст цукру в ягодах та рН соку, але показники змінювалися залежно від умов вегетаційного сезону. Концентрація яблучної кислоти у виноградному соку була знижена за допомогою дефіцитного зрошення, що призвело до підвищення співвідношення винної: яблучної кислоти. На антоціани винограду зрошення не мало впливу, але їх концентрація істотно залежить від умов окремого року. В цілому, якісні показники вина були додатково покращені завдяки тривалому дефіциту поливної води у порівнянні з регульованим дефіцитом.

Дослідженнями R. M. Stevens та ін. [43] також показано, що зменшення норми зрошення на 30 % покращує якість ягід винограду сорту Сіра, але, водночас, уповільнює приріст врожаю. З економічної точки зору, на початку 2000-х доплата за вищу якість вина не компенсувала економічні втрати через нижчу врожайність. E. J. Edwards та P. R. Clingeleffer [17] вивчали різні варіанти дефіциту поливної води на показники росту пагонів і коренів, ефективності використання води та урожайність насаджень винограду сорту Каберне Совіньйон. Показано, що залежно від зрошувальної норми змінюється як характер ростових процесів, так й кількісні та якісні показники врожаю. Регульований дефіцит поливної води, як правило, зменшує приріст врожаю у порівнянні з добре зрошуваним контролем, але показник врожайності був стабільним упродовж кількох сезонів.

Зрошення також розглядається як агроприйом пом'якшення негативної дії глобального підвищення температури повітря, яка, серед іншого, може потенційно негативно впливати на склад винограду та фенольну зрілість [10]. За даними M. Bonada та ін. [4] ефект дефіциту води, який веде до барвистих і ароматних вин, багатих фенольними речовинами, не можна витримати при високій температурі.

Е. Galat Giorgi та ін. [20] вивчали вплив дефіциту поливної води на фоні підвищеного температурного режиму повітря на фізіологічні показники рослин винограду. Показано, що дефіцит води на фоні підвищеної температури (45/22 °C) значно уповільнює фотосинтетичну діяльність через прอดихову провідність та зменшення транспірації. У добре политих рослин висока температура повітря підвищила транспірацію та збільшила силу вегетативного росту. Автори дійшли висновку, що охолодження через транспірацію може допомогти добре зрошеним виноградним лозам протистояти хвилям спеки та уникнути незворотного зниження фотосинтетичної діяльності.

Дослідження впливу різного ступеню дефіциту ґрунтової вологи на компоненти врожаю та вина сорту Verdejo показало, що вологозабезпеченість на рівні 50 % ЕТо була найбільш ефективним за показниками маси та якості врожаю. Зменшення норм поливу виноградників до рівня 25 % ЕТо або без зрошення збільшують летучу кислотність вина. Висока вологозабезпеченість, як правило, підвищує урожайність, але зменшує вміст у вині фенольних речовин [47]. Водночас на біло-ягідному сорті винограду Arvine посушливі умови, в тому числі помірний дефіцит ґрунтової вологи, погіршували якість ароматичного вина. Показано, що водний режим рослин і вміст азоту в суслі є ключовими факторами якості винограду та органолептичних характеристик ароматичних білих вин [55].

Ступінь дефіциту ґрунтової вологи поступово зменшує плодоносність пагонів і масу грона через уповільнення приросту ягід винограду. Дефіцит зрошення забезпечує високу ефективність використання поливної води збільшує приріст врожаю винограду за умови підтримування водного потенціалу листків не менше 35 МПа упродовж періоду від цвітіння до збору врожаю. Такий режим зрошення покращував якість врожаю сорту Muscat of Alexandria [8].

На якісні показники ягід винограду впливає як режим зрошення, так і параметри листкового пологу. Так, дефіцит поливної води підвищує вміст в ягодах цукру на 5 %, але зменшення площі листкової поверхні зменшує його концентрацію на 4 % незалежно від режимів зрошення. Вміст антоціанів і дубильних речовин у ягодах і вині збільшувався через дефіцит води і не змінювався при різних параметрах пологу. Таким чином, дефіцит зрошення не зменшив вміст ягідного цукру та концентрацію алкоголю у вині, але покращив бажані властивості вина. Дефіцит води та площа листкової поверхні показали незалежний вплив на склад ягід [24].

І. Buesa та ін. [6] показали, що часткова дефоліація в період досягання ягід винограду впливає на якісні показники врожаю незалежно від режиму зрошення. Прийом покращує водний режим рослин та інтенсивність фотосинтезу на фоні дефіциту води. Але, зменшення співвідношення площі листків до маси врожаю уповільнює процес накопичення антоціанів, що негативно вплинуло на інтенсивність кольору вина.

Дефіцит поливної води та проріджування грон упродовж періоду досягання ягід покращують якість врожаю винограду та сенсорні характеристики вина з сорту Tempranillo. Дефіцит ґрунтової вологи посилював квіткові та фруктові аромати та зменшував аромати трав. Поєднання дефіциту

зрошення з проріджуванням грона покращило інтенсивність кольору, стійкість і баланс вина [21].

Отже, висока ефективність зрошення виноградників досягається тільки в тому випадку, коли на поливних насадженнях буде своєчасно та якісно виконуватись весь комплекс агроприйомів з догляду за насадженнями з урахуванням природних умов та біологічних особливостей сортів.

Дефіцитне зрошення як стратегія ефективного використання поливної води. Зрошення може бути ефективне лише з урахуванням регіональних природних та економічних умов. Однією з ключових проблем сталого виробництва для багатьох регіонів є наявність поливної води та інфраструктури зрошувальних мереж.

Рішенням ощадного використання прісних водних ресурсів для поливу виноградників може бути так зване «обмежене» або «дефіцитне» зрошення. Дефіцитне зрошення визначається як стратегія оптимізації за якої поливи застосовуються тільки на стадіях росту і розвитку рослин, чутливих до посухи. Поза цими періодами зрошення обмежене або навіть непотрібне, якщо опади забезпечують мінімальний запас води. Дефіцитне зрошення передбачає застосування поливів з урахуванням ступеня впливу посухи на приріст врожаю, втрата якого економічно виправдовує використання поливної води. Іншими словами, витрати на поливну воду повинні окупуватися вартістю збереженого врожаю.

Правильне застосування дефіцитного зрошення вимагає глибокого розуміння реакції рослин на певний рівень дефіциту ґрунтової вологи упродовж вегетації та економічних наслідків недобору врожаю від дії посухи. Основна мета дефіцитного зрошення зменшити стрес рослин від дії посухи та забезпечити максимальну ефективність використання поливної води [18, 54].

Ефективність зрошення оцінюється за відношенням між масою товарного врожаю та об'ємом використаної води ($\text{кг}/\text{м}^3$). Репрезентативні значення показника для зернових культур варіюють від 0,10 до 4 $\text{кг}/\text{м}^3$ [56]; насаджень черешні – 1,6–2,8 $\text{кг}/\text{м}^3$ [80], яблуні – 5,6–7,7 $\text{кг}/\text{м}^3$ [75], винограду – 1,8–3,3 $\text{кг}/\text{м}^3$ [40]. Причини підвищення показника ефективності використання води (WUE) в умовах дефіциту зрошення наступні. Якщо сільськогосподарські культури мають певні фенологічні фази, в яких вони толерантні до водного стресу, дефіцитне зрошення може збільшити співвідношення між урожайністю та водоспоживанням через зменшення втрат води на непродуктивне випаровування, та/або збільшення частки товарного врожаю до загальної виробленої біомаси, та/або збільшення приросту біомаси до транспірації [42], та/або через застосування добрив [41], та/або шляхом уникнення поганих агрономічних умов під час росту рослин, таких як шкідники та хвороби, тощо.

Правильне застосування дефіцитного зрошення для певної культури:

- підвищує ефективність використання поливної води при належній якості врожаю;
- дозволяє здійснювати економічне планування за рахунок стабілізації урожайності в порівнянні з богарним вирощуванням;

- знижує ризик деяких захворювань, пов'язаних з високою вологістю (наприклад, хвороб грибної етіології) в порівнянні з повним зрошенням;
- зменшує втрати поживних речовин через вимивання їх з кореневої зони [46] та потребу в добривах порівняно з вирощуванням при повному зрошенні [34, 35];

До дефіцитного зрошення застосовується ряд основних обмежень:

- точне знання реакції культури на водний стрес є обов'язковим [25, 28];
- повинна бути достатня гнучкість у доступі до води в періоди високого попиту на стадіях росту і розвитку рослин, чутливих до посухи [53];
- для культури повинна бути гарантована мінімальна кількість поливної води, нижче якої дефіцитне зрошення не має значного корисного впливу [27];
- висока якість поливної води в зв'язку з підвищеним ризиком засолення ґрунту [22].

Для певних культур дефіцитне зрошення може підвищити ефективність використання води без істотного зниження урожайності. Так, експериментально доведено, що в Туреччині посіви озимої пшениці під дефіцитним зрошенням забезпечили прибавку врожаю на 65 % порівняно з богарним вирощуванням, а також забезпечили удвічі вищу ефективність використання води порівняно з повністю зрошуваними полями [26].

Проведені експерименти в Туреччині та Індії показали, що дефіцитне зрошення може зменшувати до 60 % кількість поливної води для бавовни від загальної потреби культури при незначному уповільненні приросту врожаю. Таким чином була отримана висока ефективність використання поливної води [36]. Протестовані експерименти на базі фермерських господарств, що займаються культивуванням рослин кіноа, показують сприятливу реакцію рослин на дефіцитне зрошення. Урожайність культури була стабілізована на рівні близько 1,6 тони з гектара шляхом додавання зрошувальної води, якщо дощової води не вистачало на етапах активного приросту врожаю. Застосування зрошувальної води упродовж всього сезону (повне зрошення) знижувало продуктивність води [23].

За даними Служби сільськогосподарських досліджень при Міністерстві сільського господарства США, дефіцитне зрошення прискорює вегетацію рослин арахісу та дозволяє підвищити урожайність культури. Дія посухи на початкових стадіях розвитку арахісу через дефіцитне зрошення фізіологічно адаптує рослини до посушливого середовища [49].

Дефіцитне зрошення вигідне для фермерів, оскільки зменшує витрати на поливну воду та запобігає втраті врожаю певних культур через посуху. Водночас, на культурах чутливих до стресу від посухи упродовж всього часу вегетації (наприклад, кукурудза) застосування дефіцитного зрошення може бути неефективним з точки зору використання поливної води та урожайності посівів [34]. Дефіцитне зрошення на культурі винограду передбачає застосування поливів з таким розрахунком, щоб вони доповнювали атмосферні опади до рівня 50 % ЕТо. Така стратегія використання води дозволяє покращити якість врожаю без економічного зниження урожайності насаджень, а також зберігати прісні водні ресурси [45].

Як було зазначено у попередньому підрозділі помірний дефіцит ґрунтової вологи покращує якість ягід винограду для виробництва червоних вин [29]. Однак, тривалий водний дефіцит, як правило, уповільнює фотосинтетичну продуктивність, значно зменшує урожайність насаджень, погіршує якість врожаю.

Значний дефіцит під час досягання ягід з одночасно підвищеним температурним режимом сприяють дисбалансу між технологічним та фенольним досяганням ягід винограду. Водночас підвищення вологості за допомогою зрошення дозволяє усунути розрив у дисбалансі, позитивно впливаючи на приріст урожайності насаджень у порівнянні з богарним землеробством [4]. Високу ефективність дефіцитного зрошення на винограді забезпечує пластичність рослин до посухи. Дія водного стресу короткочасно порушує функціональну активність листків, яка після поливу насаджень відновлюється на п'ятий день [16].

На сьогодні дефіцитне зрошення як агрономічна практика досліджується на різних сільськогосподарських культурах університетськими дослідницькими групами та асоціаціями фермерів, а також фахівцями міжнародних організацій FAO, ICARDA, IWMI та CGIAR [49].

На культурі винограду дефіцитне зрошення вивчається як агрономічна практика для управління виноградниками з метою вирощування врожаю для певних категорій вина. Регульоване дефіцитне зрошення, яке поєднує інтенсивне зрошення упродовж росту ягід та менш інтенсивне під час їх досягання має потенціал для створення найкращого балансу між вегетативним ростом, високою урожайністю та якістю вина з покращеним кольором і ароматом [32].

Ефекти зміни норм та режиму зрошення залежать також від агрономічних практик, що застосовуються на виноградниках [51]. Так, в роботі S. Dayer та ін. [13] вивчено чотири рівні зрошуваної норми (100, 60, 38 і 25 % ЕТо) і два рівня навантаження кущів (100 і 50 % пагонів) на біохімічні показники рослин та врожай винограду. Показано, що значний дефіцит води (25 та 38 % ЕТо) зменшує вміст крохмалю в однорічній та багаторічній деревині, але накопичення вуглеводів не уповільнюється на варіантах меншого навантаження кущів врожаєм. Значний дефіцит поливної води та високий рівень навантаження врожаєм зменшили вміст крохмалю в стовбурі без взаємодії між обома факторами, тоді як концентрація суми вуглеводів не змінюється. Водночас, після тривалого 4-х річного водного стресу показники вегетативної сили росту кущів та урожайності насаджень були знижені.

Подальші дослідження S. Dayer та ін. [12], в яких було вивчено дві норми зрошення (100 і 25 % ЕТо) і два рівня навантаження врожаєм (20 і 10 грон на кущ, встановлені у період досягання ягід), показали, що дефіцит поливної води зменшує концентрацію крохмалю в листках та збільшує – розчинних цукрів. Підвищене навантаження врожаєм знижує концентрацію крохмалю в листках під час досягання ягід. Обмін крохмалю корелював із фотосинтезом. Таким чином, дефіцит зрошення мав більший вплив на розподіл вуглецю між розчинними цукрами та крохмалем, ніж на загальну продуктивність вуглеводів. При цьому, вплив дефіциту зрошення та навантаження врожаєм діяли незалежно.

Характерно, що дефіцит вологи сприяє підготовки рослин винограду до майбутньої другої події посухи, приготування триває від одного сезону до наступного на рівні фізіологічної адаптації [52].

Висновки. Отже, серед стратегій пом'якшення наслідків посухи зрошення найбільш дієвий агроприйом. Польові експерименти необхідні для правильного застосування режиму зрошення винограду в конкретному регіоні, з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов. Основними завданням польових дослідів є встановлення механізму підвищення ефективності використання води; розроблення графіку необхідних поливів під час посухи упродовж чутливих стадій росту і розвитку культури, враховуючи можливу мінливість клімату; тестування стратегій зрошення культури в певних умовах вирощування.

Література:

1. Bellvert J. et al. Vineyard irrigation scheduling based on airborne thermal imagery and water potential thresholds. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2016. Vol. 22. P. 307–315. DOI: 10.1111/ajgw.12173.
2. Bonada M. et al. Benchmarking Water-Limited Yield Potential and Yield Gaps of Shiraz in the Barossa and Eden Valleys. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2023. 15 p. DOI: 10.1155/2023/5807266.
3. Bonada M. et al. Impact of low rainfall during dormancy on vine productivity and development. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2020. Vol. 26. P. 325–342. DOI: 10.1111/ajgw.12445.
4. Bonada M. et al. Temperature and water effects on grapes and wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2015. Vol. 21. P. 240–253. DOI: 10.1111/ajgw.12142.
5. Bonada M., Catania A., Gambetta J., Petrie P. Soil water availability during spring modulates canopy growth and impacts the chemical and sensory composition of Shiraz fruit and wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2021. Vol. 27. № 4. P. 491–507. DOI: 10.1111/ajgw.12506.
6. Buesa I. et al. Delaying berry ripening of Bobal and Tempranillo grapevines by late leaf removal in a semi-arid and temperate-warm climate under different water regimes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2019. Vol. 25. P. 70–82. DOI: 10.1111/ajgw.12368.
7. Buesa I. et al. Effect of deficit irrigation on vine performance and grape composition of *Vitis vinifera* L. cv. Muscat of Alexandria. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2017. Vol. 23. P. 251–259. DOI: 10.1111/ajgw.12280.
8. Buesa I., Pérez D., Castel J. et al. Effect of deficit irrigation on vine performance and grape composition of *Vitis vinifera* L. cv. Muscat of Alexandria. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2017. Vol. 23. № 2. P. 251–259. DOI: 10.1111/ajgw.12280.
9. Chalmers Y. M. et al. Influence of sustained deficit irrigation on colour parameters of Cabernet Sauvignon and Shiraz microscale wine fermentations. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2010. Vol. 16. P. 301–313. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2010.00093.x.
10. Cola G., Mariani L., Maghradze D., Failla O. Changes in thermal resources and limitations for Georgian viticulture. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2020. Vol. 26. P. 29–40. DOI: 10.1111/ajgw.12412.

11. Cooley N. M., Clingeleffer P. R., Walker R. R. Effect of water deficits and season on berry development and composition of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grown in a hot climate. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2017. Vol. 23. P. 260–272. DOI: 10.1111/ajgw.12274.
12. Dayer S., Prieto J. A., Galat E., Peña J. P. Leaf carbohydrate metabolism in Malbec. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2016. Vol. 22. P. 115–123. DOI: 10.1111/ajgw.12180.
13. Dayer S., Prieto J. A., Galat E., Perez Peña J. Irrigation and crop load effects on carbohydrates. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2013. Vol. 19. P. 422–430. DOI: 10.1111/ajgw.12044.
14. DeGaris K.A., Walker R. R., Loveys B. R., Tyerman S. D. Impact of salinity and water deficit on Shiraz. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2015. Vol. 21. P. 468–478. DOI: 10.1111/ajgw.12151.
15. Diago M. P. et al. Future opportunities of proximal near infrared spectroscopy approaches to determine the variability of vineyard water status. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2017. Vol. 23. P. 409–414. DOI: 10.1111/ajgw.12283.
16. Edwards E., Smithson L., Graham D., Clingeleffer P. Grapevine canopy response to a high-temperature event during deficit irrigation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2011. Vol. 17. № 2. P. 153–161. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2011.00125.x.
17. Edwards E. J., Clingeleffer P. R. Long-term effects of deficit irrigation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2013. Vol. 19. P. 261–276. DOI: 10.1111/ajgw.12027.
18. English M. Deficit Irrigation. I: Analytical Framework. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 1990. Vol. 116. № 3. P. 399–412. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9437(1990)116:3(399).
19. Flexas J. et al. Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2010. Vol. 16. P. 106–121. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2009.00057.x.
20. Galat Giorgi E., Sadras V.O., Keller M., Perez Peña J. Interactive effects of high temperature and water deficit on Malbec grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2019. Vol. 25. P. 345–356. DOI: 10.1111/ajgw.12398.
21. Gamero E., Moreno D., Vilanova M. et al. Effect of bunch thinning and water stress on chemical and sensory characteristics of Tempranillo wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2014. Vol. 20. P. 394–400. DOI: 10.1111/ajgw.12088.
22. Geerts S., Raes D., Garcia M. et al. Could deficit irrigation be a sustainable practice for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the Southern Bolivian Altiplano? *Agric. Water Manage.* 2008. Vol. 95. P. 909–917. DOI: 10.1016/j.agwat.2008.02.012.
23. Geerts S., Raes D., Garcia M. et al. Crop water use indicators to quantify the flexible phenology of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in response to drought stress. *Field Crop. Res.* 2008. Vol. 108. P. 150–156. DOI: 10.1016/j.fcr.2008.04.008.
24. Herrera J. C. et al. Water deficit and severe trimming effect on Merlot. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2015. Vol. 21. P. 254–265. DOI: 10.1111/ajgw.12143.
25. Hsiao T. C. Plant Responses to Water Stress. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 1973.

Vol. 24. P. 519–570. DOI: 10.1146/annurev.pp.24.060173.002511.

26. Ilbeyi A., Ustun H., Oweis T. et al. Wheat water productivity and yield in a cool highland environment: Effect of early sowing with supplemental irrigation. *Agric. Water Manage.* 2006. Vol. 82. P. 399–410. DOI: 10.1016/j.agwat.2005.08.005.

27. Kang S., Zhang L., Liang Y. et al. Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the Loess Plateau of China. *Agric. Water Manage.* 2002. Vol. 55. P. 203–216. DOI: 10.1016/S0378-3774(01)00180-9.

28. Kirda C. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. *Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) (ed.), Deficit irrigation practices.* Rome, 2002. P. 3–10.

29. Leeuwen C., Trégoat O., Choné X. et al. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *OENO One*. 2009. Vol. 43. № 3. P. 121–134. DOI: 10.20870/oeno-one.2009.43.3.798.

30. Martin F., Saavedra F. Irrigated Agriculture. *Global Issues in Water Policy*. 2018. P. 165–177. DOI: 10.1007/978-3-319-76702-4_11.

31. Mubangizi A. et al. Assessing Suitability of Irrigation Scheduling Decision Support Systems for Lowland Rice Farmers in Sub-Saharan Africa—A Review. *Agricultural Sciences*. 2023. Vol. 14. P. 219–239. DOI: 10.4236/as.2023.142015.

32. Munitz S., Netzer Y., Schwartz A. Sustained and regulated deficit irrigation of field-grown Merlot grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2017. Vol. 23. № 1. P. 87–94. DOI: 10.1111/ajgw.12241.

33. Ollé D. et al. Effect of pre- and post-veraison water deficit on proanthocyanidin and anthocyanin accumulation during Shiraz berry development. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2011. Vol. 17. P. 90–100. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2010.00121.x.

34. Pandey R. K., Maranville J. W., Admou A. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. I. Grain yield and yield components. *Agric. Water Manage.* 2000. Vol. 46. P. 1–13. DOI: 10.1016/S0378-3774(00)00073-1.

35. Pandey R. K., Maranville J. W., Chetima M. M. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. II. Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. *Agric. Water Manage.* 2000. Vol. 46. P. 15–27. DOI: 10.1016/S0378-3774(00)00074-3.

36. Raes D., Geerts S., Vandersypen K. More Food, Less Water. *Lectures for the XXth century*. Leuven, 2008. P. 81–101. DOI: 10.11116/9789461660411.

37. Rasheed M. W. et al. Soil Moisture Measuring Techniques and Factors Affecting the Moisture Dynamics: A Comprehensive Review. *Sustainability*. 2022. № 14. 25 p. DOI: 10.3390/su141811538.

38. Santesteban L. G., Miranda C., Royo J. B. Suitability of pre-dawn and stem water potential as indicators of vineyard water status in cv. Tempranillo. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2011. Vol. 17. P. 43–51. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2010.00116.x.

39. Shtirbu A., Kovalova I., Vlasov V. Responses of Grapevines to Planting Density and Training Systems in Semiarid Environments. *Agricultural Science and Practice*. 2022. Vol. 9. № 2. P. 38–50. DOI: 10.15407/agrisp9.02.038.

40. Silva S. P., Valín M. I., Mendes S. et al. Water productivity in *Vitis vinifera* L. cv. Alvarinho using dual crop coefficient approach. *Agricultural Water Management*.

2024. Vol. 303. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.109027.

41. Steduto P., Albrizio R. Resource use efficiency of field-grown sunflower, sorghum, wheat and chickpea. II. Water use efficiency and comparison with radiation use efficiency. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2005. Vol. 130. № 3–4. P. 269–281. DOI: 10.1016/j.agrformet.2005.04.003.

42. Steduto P., Hsiao T. C., Raes D., Fereres E. AquaCrop – The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: I. Concepts and Underlying Principles. *Agronomy Journal*. 2009. Vol. 101. № 3. P. 426–437. DOI: 10.2134/agronj2008.0139s.

43. Stevens R. M. et al. Irrigation and rootstock effects on Shiraz quality. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2016. Vol. 22. P. 124–136. DOI: 10.1111/ajgw.12163.

44. Tomás M. et al. Genotypic variability of mesophyll conductance. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2014. Vol. 20. P. 272–280. DOI: 10.1111/ajgw.12069.

45. Torres N., Runze Yu., Martínez-Lüscher J. et al. Effects of Irrigation at Different Fractions of Crop Evapotranspiration on Water Productivity and Flavonoid Composition of Cabernet Sauvignon Grapevine. *Front. Plant Sci*. 2021. Vol. 12. DOI: 10.3389/fpls.2021.712622.

46. Ünlü M., Kanber R., Senyigit U. et al. Trickle and sprinkler irrigation of potato (*Solanum tuberosum* L.) in the middle Anatolian region in Turkey. *Agric. Water Manage*. 2006. Vol. 79. P. 43–71. DOI: 10.1016/j.agwat.2005.02.004.

47. Vilanova M., Rodríguez-Nogales J. M., Vila-Crespo J., Yuste J. Influence of water regime on yield components, must composition and wine volatile compounds of *Vitis vinifera* cv. Verdejo. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2019. Vol. 25. P. 83–91. DOI: 10.1111/ajgw.12370.

48. White R., Balachandra L., Edis R., Chen D. The soil component of terroir. *Journal of Vine and Wine Sciences*. 2007. Vol. 41. P. 9–18. DOI: 10.20870/oenone.2007.41.1.860.

49. Wikipedia contributors. (2024, January 24). Deficit irrigation. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Deficit_irrigation&oldid=1198504758.

50. Williams L. E. Effects of applied water amounts at various fractions of evapotranspiration (ET_c) on leaf gas exchange of Thompson Seedless grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2012. Vol. 18. P. 100–108. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2011.00176.x.

51. Williams L. E. Interaction of rootstock and applied water amounts at various fractions of estimated evapotranspiration (ET_c) on productivity of Cabernet Sauvignon. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2010. Vol. 16. P. 434–444. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2010.00104.x.

52. Zamorano D. et al. Improved physiological performance in grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Cabernet Sauvignon facing recurrent drought stress. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2021. Vol. 27. P. 258–268. DOI: 10.1111/ajgw.12482.

53. Zhang H. Improving water productivity through deficit irrigation: examples from Syria, the North China Plain and Oregon, USA. *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement*. Colombo, 2003. P. 301–309. DOI: 10.1079/9780851996691.0301.

54. Zhang H., Oweis T. Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management*. 1999. Vol. 38. № 3. P. 195–211. DOI: 10.1016/S0378-3774(98)00069-9.
55. Zufferey V., Verdenal T., Dienes A. et al. The influence of vine water regime on the leaf gas exchange, berry composition and wine quality of Arvine grapes in Switzerland. *OENO One*. 2020. Vol. 54. № 3. P. 553–568. DOI: 10.20870/oenone.2020.54.3.3106.
56. Zwart S. J., Bastiaanssen W. G. M. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agric. Water Manage.* 2004. Vol. 69. P. 115–133. DOI: 10.1016/j.agwat.2004.04.007.
57. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Л. Прокопенка. Житомир, 2019. 82 с.
58. Адаменко Т. Зміна клімату та сільське господарство в Україні: що варто знати фермерам? 2019. 34 с. Режим доступу: <https://dspace.organic-platform.org/xmlui/handle/data/423>.
59. Андрусенко І. І., Задніпряний К. О. Способи і режими зрошення виноградників Крима. *Таврійський науковий вісник*. 2013. Вип. 83. С. 203–210.
60. Виноградарство: підручник / М. О. Дудник, М. М. Коваль, І. М. Козар та ін. Вид. 2-ге, переробл. і доп. Київ, 2008. 332 с.
61. Витоптова В. А., Бондаренко Н. А. Еколого-економічні особливості крапельного зрошення. *Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки*. 2010. Т. 18. № 1. С. 214–219.
62. Вожегова Р. Зрошення – головний елемент сучасних агротехнологій в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2019. Т. 97. № 11. С. 67–74.
63. Вожегова Р. А., Вердиш М. В., Клубук В. В., Булаєнко Л. М. Етапи розвитку зрошення на Півдні України. *Зрошуване землеробство*. 2014. Вип. 62. С. 22–26.
64. Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Грановська Л. М., Сахно Г. В. Зрошення в Україні: реалії сьогодення та перспективи відродження. *Зрошуване землеробство*. 2013. Вип. 60. С. 3–12.
65. Вороний І. В. Управління режимом вологості осушуваних ґрунтів з урахуванням особливостей відбору вологи коренями вирощуваних рослин. *Меліорація і водне господарство*. 2010. Вип. 98. С. 91–104.
66. Воротинцева Л. Трансформація властивостей чорнозему звичайного за зрошення водами різної якості. *Вісник аграрної науки*. 2016. Вип. 94(1). С. 56–60.
67. Воротинцева Л. І. Ґрунтово-меліоративні аспекти відновлення зрошення на півдні України. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2016. Вип. 85. С. 12–19.
68. Герус Л. В., Ковальова І. А. Оцінка та створення нового вихідного матеріалу для селекції на посухостійкість. *Виноградарство і виноробство*. 2016. Вип. 53. С. 67–73.
69. Дикань А. П. Вплив краплинного зрошення на урожай винограду. *Виноградарство і виноробство: міжв. темат. наук. зб.* Одеса, 2014. Вип. 51. С. 75–83.
70. Ільїна В. Г., Ніколішин В. О. Оцінка впливу зрошення на ґрунтово-рослинний покрив. *Аграрний вісник Причорномор'я. Технічні науки*. 2018. Вип. 90. С. 192–196.

71. Калетнік Г. М. Крапельне зрошення як інноваційний фактор забезпечення високих врожаїв. *Економіка АПК*. 2014. № 1. С. 65–74.
72. Каменева Н. В. Економічна ефективність застосування крапельного зрошення винограду сорту Мерло в умовах півдня України. *Виноградарство і виноробство: міжв. темат. наук. зб.* 2015. Вип. 52. С. 78–81.
73. Караєв О. Г., Сушко С. Л., Ковальчук Д. М. Особливості проектування систем зрошення плодкових культур. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2015. Т. 5. № 2. С. 63–71.
74. Ковальчук П. І., Волошин М. М., Матяш Т. В. Оптимізація водокористування на основі аналізу додаткового чистого прибутку від зрошення. *Водне господарство України*. 2003. № 2. С. 27–29.
75. Козлова Л. В. Ефективність вирощування сорту яблуні (*Malus domestica* Borkh.) Ренет Симиренка при мікрозрошенні у південному Степу України. *Садівництво*. 2014. Вип. 68. С. 298–303.
76. Корнійчук О. В., Воронецька І. С. Сучасні агроценози лісостепу правобережного: поглиблення ризиків і продуктивність. *Journal*. 2012. Т. 46. С. 211–224. DOI: 10.30525/978-9934-26-086-5-21.
77. Ляний О. Д., Поляков В. І., Шевченко І. В., Рябоконь О. М. Зрошення виноградників. Київ, 1994. 25 с.
78. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин. Вінниця, 2006. 416 с.
79. Малюк Т. В., Козлова Л. В. Оптимізація водного режиму ґрунту в інтенсивних насадженнях черешні за краплинного зрошення та мульчування. *Садівництво*. 2019. Вип. 32. С. 182–185.
80. Малюк Т. В., Козлова Л. В., Пчолкіна Н. Г. Зрошення та мульчування ґрунту як ефективний метод оптимізації його водного режиму в інтенсивних насадженнях черешні (*Cerasus avium* Moench.). *Садівництво*. 2021. Вип. 76. С. 82–92.
81. Музика О. П. Зрошення в Україні та шляхи його покращення. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2010. Вип. 94. С. 119–125.
82. Огієнко Н. І. Водні властивості еродованих ґрунтів залежно від основного обробітку. *Землеробство*. 2008. Вип. 80. С. 9–11.
83. Побігун О. М., Ісаченко С. О., Непша Я. Ю. Негативні явища внаслідок зрошення на півдні України та шляхи їх попередження. *Меліорація та водокористування: матеріали VIII наук.-практ. конф.* 2018. С. 23–25.
84. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Вольвач О. В. Основи агрометеорології: Підручник. Одеса, 2012. 250 с.
85. Поляков В. І. Досягнення і перспективи зрошувального виноградарства. *Виноград. Вино*. 2004. № 6. С. 24.
86. Прус Ю. О. Стан та проблеми зрошення. *Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки)*. 2016. № 1. С. 30–35.
87. Ромащенко М., Богаєнко В., Білоброва А. Двовимірне математичне моделювання водного режиму ґрунту за краплинного зрошення. *Вісник аграрної науки*. 2021. Т. 99. № 4. С. 59–66.
88. Ромащенко М. І. Концептуальні засади відновлення зрошення у

південному регіоні України. *Меліорація і водне господарство*. 2013. Вип. 100. № 1. С. 7–17.

89. Ромащенко М. І. та ін. Актуальні питання розвитку зрошення у контексті змін клімату. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства НААН*. 2008. С. 21–27.

90. Ромащенко М. І. та ін. Управління процесом відновлення та сталого використання зрошення. *Меліорація і водне господарство*. 2014. Вип. 101. С. 137–147.

91. Ромащенко М. І., Шатковський А. П., Рябков С. В. Концептуальні засади розвитку краплинного зрошення в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 2. С. 5–8.

92. Рябков С. В. Оцінка впливу краплинного зрошення на агрофізичні властивості, сольовий склад та солонцюватість ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. темат. наук. зб.* 2009. Вип. 71. С. 138–141.

93. Рябков С. В., Усата Л. Г., Новачок О. М., Новачок І. О. Вплив краплинного зрошення плодкових насаджень на показники ґрунту. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки*. 2013. № 4. С. 53–63.

94. Танчик С. П., Цюк О. А., Центилю Л. В. Наукові основи систем землеробства: монографія. Вінниця, 2015. С. 58–60.

95. Тараріко Ю. О., Сайдак Р. В., Дацько М. О. Сучасна практика та перспективи розвитку зрошення в сухому степу України. *Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного*. 2019. С. 51.

96. Ткачук А. В., Ткачук Т. І. Розрахунок режиму зрошення в умовах степового Криму. *Научные труды SWorld*. 2015. Т. 24. № 1. С. 79–84.

97. Фомічов М. В. Зрошення як чинник підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських культур в Україні. *Економіка та держава*. 2019. № 4. С. 92–96.

98. Шевченко І. В., Минкін М. В., Минкіна Г. О. Режими краплинного зрошення винограду та їх ефективність. *Агробіологія: Зб. наук. пр.* 2021. № 2 (167). С. 183–192. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-183-192.

99. Шевченко І. В., Поляков В. І. Особливості зволоження ґрунту та ефективність способів поливу виноградників. *Виноградарство і виноробство: міжвід. темат. наук. зб.* Одеса, 2005. Вип. 42. С. 78–86.

100. Шевченко І. В., Поляков В. І. Прогресивна технологія вирощування винограду в умовах зрошення : монографія. Одеса, 2007. 157 с.

101. Шевченко І. В., Поляков В. І., Гонтар В. Т. Стан ґрунту і продуктивність промислових насаджень винограду. *Виноградарство і виноробство: міжвід. темат. наук. зб.* 2009. Вип. 42(2). С. 83–86.

102. Штірбу А. Організаційні і технологічні прийоми культивування винограду: практ. посібн. Київ, 2019. 144 с.

103. Штірбу А., Олефір О., Сівак Н., Паларієв В. Режимна територія. *Садівництво по-українськи*. 2021. №3(45). С. 68–71.

References:

1. Bellvert, J. et al. (2016). Vineyard irrigation scheduling based on airborne thermal imagery and water potential thresholds. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 22, pp. 307–315. DOI: 10.1111/ajgw.12173.
2. Bonada, M. et al. (2023). Benchmarking Water-Limited Yield Potential and Yield Gaps of Shiraz in the Barossa and Eden Valleys. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15 p. DOI: 10.1155/2023/5807266.
3. Bonada, M. et al. (2020). Impact of low rainfall during dormancy on vine productivity and development. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 26, pp. 325–342. DOI: 10.1111/ajgw.12445.
4. Bonada, M. et al. (2015). Temperature and water effects on grapes and wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 21, pp. 240–253. DOI: 10.1111/ajgw.12142.
5. Bonada, M., Catania, A., Gambetta, J., Petrie, P. (2021). Soil water availability during spring modulates canopy growth and impacts the chemical and sensory composition of Shiraz fruit and wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 27(4), pp. 491–507. DOI: 10.1111/ajgw.12506.
6. Buesa, I. et al. (2019). Delaying berry ripening of Bobal and Tempranillo grapevines by late leaf removal in a semi-arid and temperate-warm climate under different water regimes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 25, pp. 70–82. DOI: 10.1111/ajgw.12368.
7. Buesa, I. et al. (2017). Effect of deficit irrigation on vine performance and grape composition of *Vitis vinifera* L. cv. Muscat of Alexandria. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 23, pp. 251–5259. DOI: 10.1111/ajgw.12280.
8. Buesa, I., Pérez, D., Castel, J. et al. (2017). Effect of deficit irrigation on vine performance and grape composition of *Vitis vinifera* L. cv. Muscat of Alexandria. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 23(2), pp. 251–5259. DOI: 10.1111/ajgw.12280.
9. Chalmers, Y. M. et al. (2010). Influence of sustained deficit irrigation on colour parameters of Cabernet Sauvignon and Shiraz microscale wine fermentations. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 16, pp. 301–5313. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2010.00093.x.
10. Cola, G., Mariani, L., Maghradze, D., Failla, O. (2020). Changes in thermal resources and limitations for Georgian viticulture. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 26, pp. 29–540. DOI: 10.1111/ajgw.12412.
11. Cooley, N. M., Clingeleffer, P. R., Walker, R. R. (2017). Effect of water deficits and season on berry development and composition of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grown in a hot climate. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 23, pp. 260–272. DOI: 10.1111/ajgw.12274.
12. Dayer, S., Prieto, J.A., Galat, E., Peña, J.P. (2016). Leaf carbohydrate metabolism in Malbec. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 22, pp. 115–5123. DOI: 10.1111/ajgw.12180.
13. Dayer, S., Prieto, J.A., Galat, E., Perez Peña, J. (2013). Irrigation and crop load effects on carbohydrates. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 19, pp. 422–5430. DOI: 10.1111/ajgw.12044.

14. DeGaris, K. A., Walker, R. R., Loveys, B. R., Tyerman, S. D. (2015). Impact of salinity and water deficit on Shiraz. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 21, pp. 468–5478. DOI: 10.1111/ajgw.12151.
15. Diago, M. P. et al. (2017). Future opportunities of proximal near infrared spectroscopy approaches to determine the variability of vineyard water status. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 23, pp. 409–5414. DOI: 10.1111/ajgw.12283.
16. Edwards, E., Smithson, L., Graham, D., Clingeleffer, P. (2011). Grapevine canopy response to a high-temperature event during deficit irrigation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 17(2), pp. 153–5161. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2011.00125.x.
17. Edwards, E. J., Clingeleffer, P. R. (2013). Long-term effects of deficit irrigation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 19, pp. 261–5276. DOI: 10.1111/ajgw.12027.
18. English, M. (1990). Deficit Irrigation. I: Analytical Framework. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, vol. 116(3), pp. 399–5412. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9437(1990)116:3(399).
19. Flexas, J. et al. (2010). Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 16, pp. 106–5121. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2009.00057.x.
20. Galat-Giorgi, E., Sadras, V. O., Keller, M., Perez Peña, J. (2019). Interactive effects of high temperature and water deficit on Malbec grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 25, pp. 345–5356. DOI: 10.1111/ajgw.12398.
21. Gamero, E., Moreno, D., Vilanova, M. et al. (2014). Effect of bunch thinning and water stress on chemical and sensory characteristics of Tempranillo wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 20, pp. 394–5400. DOI: 10.1111/ajgw.12088.
22. Geerts, S., Raes, D., Garcia, M. et al. (2008). Could deficit irrigation be a sustainable practice for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the Southern Bolivian Altiplano? *Agric. Water Manage.*, vol. 95, pp. 909–5917. DOI: 10.1016/j.agwat.2008.02.012.
23. Geerts, S., Raes, D., Garcia, M. et al. (2008). Crop water use indicators to quantify the flexible phenology of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in response to drought stress. *Field Crop. Res.*, vol. 108, pp. 150–5156. DOI: 10.1016/j.fcr.2008.04.008.
24. Herrera, J. C. et al. (2015). Water deficit and severe trimming effect on Merlot. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 21, pp. 254–5265. DOI: 10.1111/ajgw.12143.
25. Hsiao, T. C. (1973). Plant Responses to Water Stress. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, vol. 24, pp. 519–570. DOI: 10.1146/annurev.pp.24.060173.002511.
26. Ilbeyi, A., Ustun, H., Oweis, T. et al. (2006). Wheat water productivity and yield in a cool highland environment: Effect of early sowing with supplemental irrigation. *Agric. Water Manage.*, vol. 82, pp. 399–5410. DOI: 10.1016/j.agwat.2005.08.005.
27. Kang, S., Zhang, L., Liang, Y. et al. (2002). Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the Loess Plateau of China. *Agric. Water Manage.*, vol. 55, pp. 203–5216. DOI: 10.1016/S0378-3774(01)00180-9.

28. Kirda, C. (2002). Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. *Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) (ed.), Deficit irrigation practices*, pp. 3–510.
29. Leeuwen, C., Trégoat, O., Choné, X. et al. (2009). Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *OENO One*, vol. 43(3), pp. 121–5134. DOI: 10.20870/oeno-one.2009.43.3.798.
30. Martin, F., Saavedra, F. (2018). Irrigated Agriculture. *Global Issues in Water Policy*, pp. 165–5177. DOI: 10.1007/978-3-319-76702-4_11.
31. Mubangizi, A. et al. (2023). Assessing Suitability of Irrigation Scheduling Decision Support Systems for Lowland Rice Farmers in Sub-Saharan Africa—A Review. *Agricultural Sciences*, vol. 14, pp. 219–5239. DOI: 10.4236/as.2023.142015.
32. Munitz, S., Netzer, Y., Schwartz, A. (2017). Sustained and regulated deficit irrigation of field-grown Merlot grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 23(1), pp. 87–594. DOI: 10.1111/ajgw.12241.
33. Ollé, D. et al. (2011). Effect of pre- and post-veraison water deficit on proanthocyanidin and anthocyanin accumulation during Shiraz berry development. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 17, pp. 90–5100. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2010.00121.x.
34. Pandey, R. K., Maranville, J. W., Admou, A. (2000). Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. I. Grain yield and yield components. *Agric. Water Manage*, vol. 46, pp. 1–13. DOI: 10.1016/S0378-3774(00)00073-1.
35. Pandey, R. K., Maranville, J. W., Chetima, M. M. (2000). Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. II. Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. *Agric. Water Manage*, vol. 46, pp. 15–527. DOI: 10.1016/S0378-3774(00)00074-3.
36. Raes, D., Geerts, S., Vandersypen, K. (2008). More Food, Less Water. *Lectures for the XXIst century*, pp. 81–5101. DOI: 10.11116/9789461660411.
37. Rasheed, M. W. et al. (2022). Soil Moisture Measuring Techniques and Factors Affecting the Moisture Dynamics: A Comprehensive Review. *Sustainability*, no. 14. DOI: 10.3390/su141811538.
38. Santesteban, L. G., Miranda, C., Royo, J. B. (2011). Suitability of pre-dawn and stem water potential as indicators of vineyard water status in cv. Tempranillo. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 17, pp. 43–551. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2010.00116.x.
39. Shtirbu, A., Kovalova, I., Vlasov, V. (2022). Responses of Grapevines to Planting Density and Training Systems in Semiarid Environments. *Agricultural Science and Practice*, vol. 9(2), pp. 38–550. DOI: 10.15407/agrisp9.02.038.
40. Silva, S. P., Valín, M. I., Mendes, S. et al. (2024). Water productivity in *Vitis vinifera* L. cv. Alvarinho using dual crop coefficient approach. *Agricultural Water Management*, vol. 303. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.109027.
41. Steduto, P., Albrizio, R. (2005). Resource use efficiency of field-grown sunflower, sorghum, wheat and chickpea. II. Water use efficiency and comparison with radiation use efficiency. *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 130(3–4), pp. 269–281. DOI: 10.1016/j.agrformet.2005.04.003.

42. Steduto, P., Hsiao, T.C., Raes, D., Fereres, E. (2009). AquaCrop - The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: I. Concepts and Underlying Principles. *Agronomy Journal*, vol. 101(3), pp. 426–5437. DOI: 10.2134/agronj2008.0139s.
43. Stevens, R. M. et al. (2016). Irrigation and rootstock effects on Shiraz quality. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 22, pp. 124–136. DOI: 10.1111/ajgw.12163.
44. Tomás, M. et al. (2014). Genotypic variability of mesophyll conductance. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 20, pp. 272–280. DOI: 10.1111/ajgw.12069.
45. Torres, N., Runze, Yu., Martínez-Lüscher, J. et al. (2021). Effects of Irrigation at Different Fractions of Crop Evapotranspiration on Water Productivity and Flavonoid Composition of Cabernet Sauvignon Grapevine. *Front. Plant Sci.*, vol. 12. DOI: 10.3389/fpls.2021.712622
46. Ünlü, M., Kanber, R., Senyigit, U. et al. (2006). Trickle and sprinkler irrigation of potato (*Solanum tuberosum* L.) in the middle Anatolian region in Turkey. *Agric. Water Manage*, vol. 79, pp. 43–71. DOI: 10.1016/j.agwat.2005.02.004.
47. Vilanova, M., Rodríguez-Nogales, J. M., Vila-Crespo, J., Yuste, J. (2019). Influence of water regime on yield components, must composition and wine volatile compounds of *Vitis vinifera* cv. Verdejo. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 25, pp. 83–91. DOI: 10.1111/ajgw.12370.
48. White, R., Balachandra, L., Edis, R., Chen, D. (2007). The soil component of terroir. *Journal of Vine and Wine Sciences*, vol. 41, pp. 9–18. DOI: 10.20870/oenone.2007.41.1.860.
49. Wikipedia contributors. (2024, January 24). Deficit irrigation. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Deficit_irrigation&oldid=1198504758.
50. Williams, L. E. (2012). Effects of applied water amounts at various fractions of evapotranspiration (ETc) on leaf gas exchange of Thompson Seedless grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 18, pp. 100–108. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2011.00176.x.
51. Williams, L. E. (2010). Interaction of rootstock and applied water amounts at various fractions of estimated evapotranspiration (ETc) on productivity of Cabernet Sauvignon. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 16, pp. 434–444. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2010.00104.x.
52. Zamorano, D. et al. (2021). Improved physiological performance in grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Cabernet Sauvignon facing recurrent drought stress. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 27, pp. 258–268. DOI: 10.1111/ajgw.12482.
53. Zhang, H. (2003). Improving water productivity through deficit irrigation: examples from Syria, the North China Plain and Oregon, USA. *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement*, pp. 301–309. DOI: 10.1079/9780851996691.0301.
54. Zhang, H., Oweis, T. (1999). Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management*, vol. 38(3), pp. 195–211. DOI: 10.1016/S0378-3774(98)00069-9.
55. Zufferey, V., Verdenal, T., Dienes, A. et al. (2020). The influence of vine water regime on the leaf gas exchange, berry composition and wine quality of Arvine

grapes in Switzerland. *OENO One*, vol. 54(3), pp. 553–568. DOI: 10.20870/oenone.2020.54.3.3106.

56. Zwart, S. J., Bastiaanssen, W. G. M. (2004). Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agric. Water Manage.*, vol. 69, pp. 115–133. DOI: 10.1016/j.agwat.2004.04.007.

57. Adamenko, T. I., Kulbida, M. I., Prokopenko, A. L. (2019) Agroclimatic Handbook for the Territory of Ukraine. Zhytomyr. 82 p. [in Ukrainian].

58. Adamenko, T. (2019). Climate change and agriculture in Ukraine: what should farmers know? 34 p. URL: <https://dspace.organic-platform.org/xmlui/handle/data/423> [in Ukrainian].

59. Andrusenko, I. I., Zadniprianyi, K. O. (2013). Methods and regimes of irrigation of vineyards of Crimea. *Tavria Scientific Bulletin*, no. 83, pp. 203–210. [in Ukrainian].

60. Dudnyk, M. O., Koval, M. M., Kozar, I. M. et al. (2008). Viticulture. Kyiv. 332 p. [in Ukrainian].

61. Vytoptova, V. A., Bondarenko, N. A. (2010). Environmental and economic features of drip irrigation. *Scientific works of Kirovohrad National Technical University. Economic Sciences*, no. 18(1), pp. 214–219. [in Ukrainian].

62. Vozhehova, R. A. (2019). Irrigation is the main element of modern agricultural technologies in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Bulletin of Agrarian Science*, no. 97(11), pp. 67–74. [in Ukrainian].

63. Vozhehova, R. A., Verdysh, M. V., Klubuk, V. V., Bulaienko, L. M. (2014). Stages of irrigation development in the South of Ukraine. *Irrigated agriculture*, no. 62, pp. 22–26. [in Ukrainian].

64. Vozhehova, R. A., Holoborodko, S. P., Hranovska, L. M., Sakhno, H. V. (2013). Irrigation in Ukraine: current realities and prospects for revival. *Irrigated agriculture*, no. 60, pp. 3–12. [in Ukrainian].

65. Voronyi, I. V. (2010). Management of the moisture regime of drained soils taking into account the peculiarities of moisture extraction by the roots of cultivated plants. *Land reclamation and water management*, no. 98, pp. 91–104. [in Ukrainian].

66. Vorotyntseva, L. (2016). Transformation of the properties of ordinary black soil during irrigation with water of different quality. *Bulletin of Agrarian Science*, no. 94(1), pp. 56–60. [in Ukrainian].

67. Vorotyntseva, L. I. (2016). Soil and land reclamation aspects of irrigation restoration in southern Ukraine. *Agrochemistry and Soil Science*, no. 85, pp. 12–19. [in Ukrainian].

68. Herus, L. V., Kovalova, I. A. (2016). Assessment and creation of new starting material for breeding for drought resistance. *Viticulture and winemaking*, no. 53, pp. 67–73. [in Ukrainian].

69. Dykan, A. P. (2014). The influence of drip irrigation on grape yield. *Viticulture and winemaking*, no. 51, pp. 75–83. [in Ukrainian].

70. Ilina, V. H., Nikolishyn, V. O. (2018). Assessment of the influence of irrigation on soil and plant cover. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Region. Technical Sciences*, no. 90, pp. 192–196. [in Ukrainian].

71. Kaletnik, H. M. (2014). Drip irrigation as an innovative factor in ensuring high yields. *Economics of the Agricultural Industry*, no. 1, pp. 65–74. [in Ukrainian].

72. Kameneva, N. V. (2015). Economic efficiency of using drip irrigation of Merlot grapes in the conditions of southern Ukraine. *Viticulture and winemaking*, no. 52, pp. 78–81. [in Ukrainian].
73. Karaiev, O. H., Sushko, S. L., Kovalchuk, D. M. (2015). Features of designing irrigation systems for fruit crops. *Scientific Bulletin of the Tavria State Agrotechnological University*, no. 5(2), pp. 63–71. [in Ukrainian].
74. Kovalchuk, P. I., Voloshyn, M. M., Matiash, T. V. (2003). Optimization of water use based on the analysis of additional net income from irrigation. *Water Management of Ukraine*, no. 2, pp. 27–29. [in Ukrainian].
75. Kozlova, L. V. (2014). The effectiveness of growing apple varieties (*Malus domestica* Borkh.) Renet Symyrenko with micro-irrigation in the southern steppe of Ukraine. *Horticulture*, no. 68, pp. 298–303. [in Ukrainian].
76. Korniiichuk, O. V., Voronetska, I. S. (2012). Modern agrocenoses of the right-bank forest-steppe: deepening risks and productivity. *Journal*, no. 46, pp. 211–224. DOI: 10.30525/978-9934-26-086-5-21. [in Ukrainian].
77. Liannyi, O. D., Poliakov, V. I., Shevchenko, I. V., Riabokon, O. M. (1994). Irrigation of vineyards. Kyiv, 1994. 25 p. [in Ukrainian].
78. Makrushyn, M. M., Makrushyna, Ye. M., Peterson, N. V., Melnykov, M. M. (2006). Plant physiology. Vinnytsia, 2006. 416 p. [in Ukrainian].
79. Maliuk, T. V., Kozlova, L. V. (2019). Optimization of soil water regime in intensive sweet cherry plantations using drip irrigation and mulching. *Horticulture*, no. 32, pp. 182–185. [in Ukrainian].
80. Maliuk, T. V., Kozlova, L. V., Pcholkina, N. H. (2021). Irrigation and mulching of the soil as an effective method of optimizing its water regime in intensive plantings of sweet cherry (*Cerasus avium* Moench.). *Horticulture*, no. 76, pp. 82–92. [in Ukrainian].
81. Muzyka, O. P. (2010). Irrigation in Ukraine and ways to improve it. *Mechanization and electrification of agriculture*, no. 94, pp. 119–125. [in Ukrainian].
82. Ohiienko, N. I. (2008). Water properties of eroded soils depending on the main cultivation. *Agriculture*, no. 80, pp. 9–11. [in Ukrainian].
83. Pobihun, O. M., Isachenko, S. O., Nepsha, Ya. Iu. (2018). Negative phenomena due to irrigation in the south of Ukraine and ways to prevent them. “*Reclamation and water use: materials of the VIII scientific-practical conference*”. Kyiv, 2018, pp. 23–25. [in Ukrainian].
84. Polovyi, A. M., Bozhko, L. Iu., Volvach, O. V. (2012). Fundamentals of agrometeorology. Odesa. 250 p. [in Ukrainian].
85. Poliakov, V. I. (2004). Achievements and prospects of irrigated viticulture. *Grape. Wine*, no. 6, pp. 24. [in Ukrainian].
86. Prus, Yu. O. (2016). State and problems of irrigation. *Collection of scientific works of the Tavria State Agrotechnological University (economic sciences)*, no. 1, pp. 30–35. [in Ukrainian].
87. Romashchenko, M., Bohaienko, V., Bilobrova, A. (2021). Two-dimensional mathematical modeling of the soil water regime under drip irrigation. *Bulletin of agricultural science*, no. 99(4), pp. 59–66. [in Ukrainian].
88. Romashchenko, M. I. (2013). Conceptual principles of irrigation restoration in the southern region of Ukraine. *Land reclamation and water management*, no. 100(1), pp. 7–17. [in Ukrainian].

89. Romashchenko, M. I. ta in. (2008). Current issues of irrigation development in the context of climate change. *Collection of scientific papers of the National Scientific Center Institute of Agriculture NAAS*, pp. 21–27. [in Ukrainian].
90. Romashchenko, M. I. ta in. (2014). Management of the process of restoration and sustainable use of irrigation. *Land reclamation and water management*, 101, pp. 137–147. [in Ukrainian].
91. Romashchenko, M. I., Shatkovskiy, A. P., Riabkov, S. V. (2012). Conceptual principles of drip irrigation development in Ukraine. *Bulletin of Agrarian Science*, no. 2, pp. 5–8. [in Ukrainian].
92. Riabkov, S. V. (2009). Assessment of the impact of drip irrigation on agrophysical properties, salt composition and salinity of soils. *Agrochemistry and soil science*, no. 71, pp. 138–141. [in Ukrainian].
93. Riabkov, S. V., Usata, L. H., Novachok, O. M., Novachok, I. O. (2013). The impact of drip irrigation of fruit plantations on soil parameters. *Bulletin of the National University of Water Management and Environmental Management. Technical Sciences*, no. 4, pp. 53–63. [in Ukrainian].
94. Tanchyk, S. P., Tsiuk, O. A., Tsentylo, L. V. (2015). Scientific foundations of agricultural systems: monograph. Vinnytsia, 2015, pp. 58–60. [in Ukrainian].
95. Tarariko, Yu. O., Saidak, R. V., Datsko, M. O. (2019). Modern practice and prospects for the development of irrigation in the dry steppe of Ukraine. *Modern technologies and achievements of engineering sciences in the field of hydraulic engineering*, 2019, p. 51. [in Ukrainian].
96. Tkachuk, A. V., Tkachuk, T. I. (2015). Calculation of the irrigation regime in the conditions of the steppe Crimea. *Scientific works SWorld*, no. 1, pp. 79–84. [in Ukrainian].
97. Fomichov, M. V. (2019). Irrigation as a factor in increasing the efficiency of growing agricultural crops in Ukraine. *Economy and State*, no. 4, pp. 92–96. [in Ukrainian].
98. Shevchenko, I. V., Mynkin, M. V., Mynkina, H. O. (2021). Drip irrigation regimes for grapes and their efficiency. *Agrobiology*, no. 2(167), pp. 183–192. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-183-192. [in Ukrainian].
99. Shevchenko, I. V., Poliakov, V. I. (2005). Features of soil moistening and the effectiveness of methods of vineyards irrigation. *Viticulture and winemaking*, no. 42, pp. 78–86. [in Ukrainian].
100. Shevchenko, I. V., Poliakov, V. I. (2007). Progressive technology of grape growing under irrigation: monograph. Odesa. 157 p. [in Ukrainian].
101. Shevchenko, I. V., Poliakov, V. I., Hontar, V. T. (2009). Soil condition and productivity of industrial grape plantations. *Viticulture and winemaking*, no. 42(2), pp. 83–86. [in Ukrainian].
102. Shtirbu, A. (2019). Organizational and technological methods of grape cultivation: handbook. Kyiv. 144 p. [in Ukrainian].
103. Shtirbu, A., Olefir, O., Sivak, N., Palariiev, V. (2021). Regime territory. *Gardening in Ukrainian*, no. 3(45), pp. 68–71. [in Ukrainian].

Annotation

Palariev V. O., Shtirbu A. V.

Theoretical framework of grape irrigation: a review

The scientific paper analyzes Ukrainian and world literature sources that present scientific problems of the theory, practice and prospects of irrigated viticulture. The aim of the theoretical study is to clarify the essential relations between grape culture and irrigation in the process of synthesizing knowledge, generalizing the results of experimental studies and identifying general patterns with their subsequent formalization. During 2023–2024, the selection of publications on the topic of the dissertation research and the analysis of literature data were carried out. The following methods were used for the review: dialectical cognition of processes and phenomena, monographic, empirical; comparative analysis, generalization, and abstract and logical. The importance of studying the problem of soil moisture deficit for agricultural crops is established. The main criteria for optimizing the irrigation regime were identified.

The results of studies on the influence of irrigation regimes on the grape yield and its products are analyzed. The article substantiates deficit irrigation as a strategy for the efficient use of irrigation water. So, among the strategies to minimize the effects of drought, irrigation is the most effective agricultural practice. Field experiments are necessary for the correct application of deficit irrigation for a grape crop in a particular region. The main objectives of the experiments are to establish a mechanism for improving water use efficiency; develop a schedule of necessary irrigation during drought during sensitive stages of crop growth and development, taking into account possible climate variability; and test strategies for deficit irrigation of crops under certain growing environmental conditions. Among drought mitigation strategies, irrigation remains the most effective agronomic practice. Field experiments are essential for the proper implementation of grapevine irrigation regimes in a specific region, taking into account soil and climatic conditions.

Key words: *grapes, moisture deficit, irrigation regime, yield, deficit irrigation.*