

© С. В. Стефанюк, Р. В. Ільчук, 2026
УДК 634.8:551.58:631.5(477.8)

DOI: 10.32636/agroscience.2026-(5)-3-2

ВПЛИВ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ НА ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ЯГІД ТЕХНІЧНИХ СОРТІВ ВИНОГРАДУ

Світлана СТЕФАНЮК¹, кандидат сільськогосподарських наук, ORCID: 0000-0002-6837-9411

Роман ІЛЬЧУК², доктор сільськогосподарських наук, ORCID: 0000-0002-3524-4844

¹Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнології ім. С. З. Гжицького,
вул. Пекарська 50, м. Львів, Львівська область, 79000, Україна

²Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине, Львівський р-н, Львівська обл., 81115, Україна
e-mail: roman_ilchuk@ukr.net

Метою дослідження є обґрунтування впливу агрокліматичних факторів на формування якості ягід технічних сортів винограду в умовах Західного Лісостепу України, а також визначення напрямків адаптації технологій їх вирощування. Розглянуто вплив температурного режиму, опадів, суми активних температур та інсоляції на біохімічні характеристики ягід, головним чином вміст цукру, органічних кислот, а також фенольних сполук, що визначають технологічну придатність виноградної сировини. Встановлено, що вплив кліматичних факторів є інтегративним та взаємопов'язаним, що зумовило умови розвитку рослин та стабільність якості продукції. Доведено, що мінливість агрокліматичних показників у межах Західного Лісостепу диктує необхідність впровадження виноробством технологій вирощування винограду. Доведено необхідність оптимізації сортового складу, коригування водного та світлового режимів, а також використання агротехнологічних прийомів, спрямованих на підвищення стійкості виноградників до змін клімату. Узагальнення результатів дозволило сформулювати ключ до покращення якості ягід та стабільності врожаю в умовах кліматичних змін, що є передумовою для розвитку виноградарства в регіоні.

Ключові слова виноградарство, агрокліматичні фактори, якість ягід, технічні сорти винограду, цукристість, кислотність, фенольні сполуки, західний Лісостеп, адаптація технологій, кліматичні зміни.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons

Вступ

На тлі глобальних кліматичних змін, що відбуваються із підвищенням температури, зміною режиму зволоження та збільшенням кількості екстремальних погодних умов, питання адаптації агровиробництва до нових природно-кліматичних умов стає надзвичайно актуальним. Агрокліматичні чинники чутливі до зміни і одна з найбільш залежних від них галузей є виноградарство, оскільки формування врожайності і якості винограду значною мірою залежить від суми температурних, водних, світлових ресурсів території вирощування. У зв'язку з цим особливої уваги заслуговує вивчення особливостей впливу агрокліматичних умов окремих природно-географічних зон, зокрема західного Лісостепу України на формування якісних ознак ягід технічних сортів винограду.

Західна Лісостепова зона України характеризується відносно м'яким кліматом, достатнім зволоженням, високою мінливістю температур протягом вегетаційного періоду та специфічними ґрунтово-кліматичними умовами, які виступають як сприятливими, так і обмежувальними факторами для вирощування винограду. Поступове розширення площ виноградарства в цьому регіоні спостерігається протягом останніх десятиліть, що зумовлено як кліматичними змінами, так і зростаючим попитом на сировину у виноробній промисловості. Водночас ефективність галузі значною мірою визначається не стільки кількісними аспектами врожаю, скільки якістю ягід, яка є ключовим визначальним фактором для

органолептичних та технологічних властивостей вина.

Якість ягід технічних сортів винограду сформується під дією складного взаємодії генетичних особливостей сорту і екзогенних факторів середовища, серед яких провідна роль належить агрокліматичним умовам. Температурний режим регулює швидкість фізіологічних процесів, таких як фотосинтез, дихання та накопичення цукру, опосередковано водний режим впливає на тургор клітин, транспорт асимілянтів і концентрацію органічних кислот, а інсоляція впливає на синтез фенольних сполук і ароматичних сполук. Відносини цих факторів у конкретній області змінюються, створюючи унікальний біохімічний профіль ягід, суміжна якість кінцевого продукту.

Сучасні наукові дані свідчать про посилення впливу локальних агрокліматичних факторів формування так званого «теруару», який визначає індивідуальність сировини винограду або винопродукції. У цьому відношенні західноукраїнський Лісостеп є перспективним, але слабо вивченим виноградарським районом, що обумовлює потребу у дослідженні співвідношень кліматичних параметрів та якісних показників ягід технічних сортів. Особливу увагу необхідно приділити оптимізації асортименту, регіональній адаптації агротехнік і прогнозуванню змін якості продукції за умов кліматичної нестабільності.

Слід зазначити, що існують деякі дослідження, що стосуються впливу кліматичних

факторів на продуктивність винограду, більш загальне дослідження, зосереджене на їхньому впливі на якісні характеристики ягід в контексті західного лісостепу, досі відсутнє. Погане розуміння агрокліматичних умов та їхнього інтегративного впливу на біохімічний склад ягід обмежує потенціал управління якістю виноградної продукції.

Отже, актуальність дослідження визначається необхідністю поглиблення наукових знань про закономірності формування якості ягід технічних сортів винограду під впливом агрокліматичних факторів Західного Лісостепу України, що дозволить обґрунтувати напрямки підвищення ефективності виноградарства в регіоні та забезпечити високоякісною сировиною виноробну промисловість.

Мета дослідження полягає у виявленні закономірностей агрокліматичних умов західного Лісостепу України на формування якісних показників ягід технічних сортів винограду з метою наукового обґрунтування підвищення ефективності їх вирощування та забезпечення стабільної якості сировини для виноробної галузі.

Матеріали і методи

Польові експериментальні дослідження У дослідженні представлено комплексне дослідження впливу агрокліматичних умов на формування якості ягід технічних сортів винограду у умовах західноукраїнського Лісостепу. Декоративні властивості поверхні ягід визначалися на основі біохімічних характеристик ягід, які базувалися на параметрах регіонального клімату, включаючи тепловий режим, кількість опадів, суму активних температур та інсоляцію, а також на узагальнених результатах досліджень властивостей ягід.

Методологічною основою став системний підхід, який дозволив розглядати агрометеорологічні фактори як взаємопов'язану сукупність факторів, що впливають на умови росту та розвитку виноградної лози. У дослідженні використано загальнонаукові методи: обробку узагальнюючих наукових положень за допомогою аналізу та синтезу, порівняння для вивчення впливу ізольованих факторів, а також метод логічного аналізу для систематизації результатів.

Результати та обговорення

Формування якісних показників ягід технічних сортів винограду обумовлюється агрокліматичними умовами розвитку рослин, що включають ряд факторів, що формують умови розвитку рослин і впливають на біохімічний склад продукції. Сучасні дослідження підкреслюють, що кліматичні умови є основним елементом формування так званого терруар, що впливає на специфічні властивості виноградної сировини і її можливість для виробництва вина. Зокрема, у роботі (van Leeuwen & Destrac-Irvine, 2017) йдеться, що і

невеликі коливання температури та рівня інсоляції можуть впливати на співвідношення цукрів, кислот і фенольних сполук у ягодах. Дану позицію розділяють (Fraga et al., 2016), що демонструють агрокліматичні умови для визначення як продуктивності винограду, так і стабільності його якісних характеристик у довгостроковій перспективі.

Тепловий режим є ключовим фактором, який визначає масштаб фізіологічних процесів у виноградній лозі, таких як фотосинтез, транспірація та виробництво органічної речовини. (Arias et al., 2022) підкреслюють, що потепління повітря сприяє дозріванню ягід з накопиченням цукру, але воно також може знизити кислотність та/або змінити ароматичний профіль продукту. Розробляючи такий підхід (Rogiers et al., 2022), стверджують, що коливання температури впливають на швидкість дозрівання ягід і, отже, на технологічну зрілість ягід. Відносно помірний температурний режим типовий для західної частини Лісостепу в Україні, але очікується, що річна мінливість режиму призведе до стабільності якості ягід, що підтверджено регіональними дослідженнями.

Водний режим, що формується за рахунок кількості і розподілу опадів, є другорядним на формування якості ягід винограду. У (Peng et al., 2022) було показано, що водний режим безпосередньо впливає на концентрацію біохімічних компонентів у ягодах, зокрема цукрів та фенольних сполук. Надлишок опадів у період дозрівання призводить до розведення соку клітин і погіршення якості продукції, у той час, як помірний дефіцит води підсилює синтез сухих речовин. У (Vršić et al., 2024) також підкреслюється, що помірний водний стрес може покращувати якість ягід внаслідок підвищеної концентрації біохімічних компонентів. Для західного Лісостепу характерний помірний клімат із достатньою кількістю опадів, проте їх нерівномірний розподіл і нестабільна якість винограду.

Накопичення активних температур є інтегральним показником теплових умов на певній території та визначає можливість завершення всіх фенологічних стадій розвитку винограду. Також було показано, що значення (Jaster et al., 2024) є критичним фактором регіональної придатності для виробництва винограду, оскільки воно впливає на швидкість дозрівання ягід та кількість цукрів, які вони можуть накопичувати. Було виявлено, що зміни теплового режиму також можуть суттєво впливати на біохімічний склад ягід (Mesa et al., 2024), змінюючи співвідношення основних компонентів якості. Для Західного Лісостепу сума активних температур все ще знаходиться на межі оптимальних значень, що призводить до сильної залежності якості продукції від кліматичних коливань.

Таблиця 1. Систематизація агрокліматичних факторів та їх прикладний вплив на формування якості ягід технічних сортів винограду в умовах західного Лісостепу України

Агрокліматичний фактор	Кількісні параметри (для регіону)	Період критичного впливу	Біохімічний вплив на ягоди	Вплив на технологічні показники	Ризики відхилень	Практичні заходи регулювання
Температурний режим	Середньодобова t° : +16 - +22 $^{\circ}$ C; сума активних температур: 2500-3000 $^{\circ}$ C	Веgetація, особливо фаза дозрівання	Прискорює синтез цукрів, знижує кислотність, впливає на ароматичні сполуки	Визначає цукристість (18-24%), кислотність (5-9 г/л), баланс смаку	Перегрів - втрата кислотності; холод - недозрівання	Вибір адаптованих сортів, регулювання листового покриву, мульчування ґрунту
Кількість опадів	500-650 мм/рік; у вегетацію 300-400 мм	Цвітіння, налив ягід, дозрівання	Надлишок знижує концентрацію цукрів і фенолів; дефіцит підвищує їх концентрацію	Впливає на щільність ягоди, екстрактивність, вміст сухих речовин	Надлишок - розтріскування ягід, грибові хвороби; дефіцит - стрес рослин	Дренаж, крапельне зрошення, регулювання міжрядного покриву
Сума активних температур	>10 $^{\circ}$ C: 2500-3000 $^{\circ}$ C	Весь вегетаційний період	Забезпечує накопичення цукрів, формування кислотного балансу	Визначає рівень зрілості ягід та потенційну якість вина	Недостатність - низька цукристість; надлишок - дисбаланс кислот	Оптимізація строків збору, підбір сортів за термінами дозрівання
Інсоляція	1800-2200 год/рік	Дозрівання ягід	Сприяє синтезу антоціанів, танінів, ароматичних речовин	Впливає на колір, аромат і структурність вина	Надлишок - сонячні опіки; дефіцит - слабке забарвлення	Формування крони, орієнтація рядів, контроль густоти насаджень
Вологість повітря	60-75%	Веgetація, особливо цвітіння	Впливає на транспірацію та водний баланс рослин	Опосередковано впливає на накопичення цукрів	Висока - розвиток грибкових хвороб; низька - стрес	Захист рослин, вентиляція насаджень
Тривалість вегетаційного періоду	160-180 днів	Повний цикл розвитку	Визначає можливість повного дозрівання ягід	Впливає на стабільність якості врожаю	Скорочення - недозрівання	Підбір ранніх
Екстремальні погодні явища	Заморозки, посухи, зливи	Ранні фази росту, дозрівання	Порушують фізіологічні процеси	Погіршують якість та товарність ягід	Втрата врожаю, деградація якості	Антистресові технології, укриття, агротехнічні заходи

Джерело: побудовано та узагальнено авторами на основі (Arias et al., 2022; Fraga et al., 2016; Jaster et al., 2024; Lyashenko et al., 2024; Peng et al., 2022; Rogiers et al., 2022; van Leeuwen et al., 2024; Vršić et al., 2024).

Інсоляція як фактор світлопостачання впливає на швидкість фотосинтезу, а також на швидкість синтезу вторинних метаболітів, що визначають якість винограду. У дослідженні (Cataldo et al., 2023) підкреслюється той факт, що сонячна радіація безпосередньо впливає на накопичення фенольних сполук, колір, смак та аромат ягід. На додаток, у роботі (Dominguez et al., 2024) повідомляється, що збільшення інсоляції може покращити якість продукції, доки стрес для рослин не стане занадто сильним, особливо в поєднанні з високими температурами. Умови західного Лісостепу характеризуються достатньою

інсоляцією, але сезонні коливання впливають на стабільність якості ягід.

Дані результати аналізу наукових джерел підтверджують, що температурний режим, сума опадів, сума активних температур та інсоляція мають взаємовплив у формуванні якості ягід технічних сортів винограду. Як декларувалося у (van Leeuwen et al., 2024) – ця взаємозалежність є унікальністю виноградної продукції та конкурентоспроможністю. Для умов Західного Лісостепу України актуальним є системний підхід оцінки агрокліматичних чинників, який дає змогу

врахувати синергетичний вплив і підвищити якість виноградної сировини

Аналіз узагальнених у таблиці параметрів агроклімату дає можливість стверджувати про визначальну роль температурного режиму як базового фактора формування якісних ознак ягід технічних сортів винограду, оскільки саме він регулює швидкість біохімічних процесів, зокрема накопичення цукрів та трансформацію органічних кислот, що має прямий вплив на технологічну придатність сировини. Одночасно показано, що оптимальність температурних режимів не може розглядатися як фактор, що діє в ізоляції від водного режиму, який визначається запасами та розподілом опадів і формує концентровані особливості клітинного соку ягід.

Водночас інтегративним показником теплового забезпечення території є сума активних температур, що визначає можливість повного проходження фенологічних фаз розвитку винограду і досягнення оптимального рівня зрілості ягід. Для досліджуваного регіону показано, що значення даної величини знаходиться на кордонах оптимальних значень, що зумовлює високу чутливість якості продукції до кліматичних флуктуацій і вимагає ретельного підбору сортів за відповідною тривалістю вегетаційного періоду.

Інсоляція розглядається як фактор, що сприяє синтезу фенольних та ароматичних сполук, що визначають органолептичні властивості виноградної продукції. Сонячна радіація західного лісостепу достатня для отримання високоякісної сировини, проте сезонні коливання сонячної радіації змушують коригувати просторову структуру плантації та світловий режим.

Комплексне дослідження підтверджує, що агрокліматичні умови впливають не поодинокі, а у взаємодії, сприяючи формуванню синергетичного ефекту, який визначає якість кінцевих ягід винограду. Це виправдовує застосування інтегрованого підходу для оцінки агрокліматичних умов та розробки адаптивних технологій вирощування, що дають змогу скоротити негативний вплив кліматичних ризиків та забезпечити стабільність якісних показників продукції у середовищі змін клімату.

Біохімічні та технологічні характеристики ягід технічних сортів винограду формуються під впливом взаємодії агрокліматичних факторів, яка задає інтенсивність фізіологічних процесів, синтезу органічних сполук та кінцевої якості сировини винограду. У світлі сучасних наукових досліджень доведено, що клімат є суттєвим фактором, що визначає співвідношення базових складових якості ягід, таких як вміст цукрів, органічних кислот і фенольних сполук, які вважаються основними параметрами для виноробної галузі. Як зазначено у (van Leeuwen & Destrac-Irvine, 2017), температуру і світло сприяли безпосередній вплив на накопичення

цукру і деградацію кислот, а також на баланс смакових компонентів ягід.

Температурний режим є одним з ключових факторів метаболізму рослин винограду. У (Arias et al., 2022) вказується, що збільшення температури збільшує темпи фотосинтезу і зростання цукрів в ягодах, але також спричинює значне руйнування органічних кислот. Аналогічні результати отримано у (Rogiers et al., 2022), де звертається увага на те, що на співвідношення цукристості та кислотності технологічних характеристик виноматеріалів може впливати вплив високих температур в період дозрівання ягід. Водночас (Fraga et al., 2016) вказують, що коливання температури можуть призводити до біохімічної нестабільності ягід, особливо в регіонах з крайніми кліматичними значеннями, до яких відносять західний Лісостеп України.

Формування водного режиму внаслідок кількості та характеру опадів сильно впливає на концентрацію біохімічних компонентів у виноградних ягодах. У роботі (Peng et al., 2022) було показано, що оптимальна доступність води призводить до рівномірного розвитку рослин, але надлишок води спричиняє зниження концентрації цукру та фенолів через розрідження клітинного соку. Повідомляється (Vrščić et al., 2024), що помірний дефіцит води у виноградних лозах призводить до вищої концентрації цукру та поліфенолів, що сприяє кращій якості винограду. Таким чином, оптимальний водний статус має велике значення для отримання високоякісних ягід обох технічних сортів винограду.

Теплозабезпечення рослин визначається сумою активних температур, і це впливає на швидкість проходження фенологічних стадій виноградної лози. У (Jaster et al., 2024) описано, що цей параметр є прямим наслідком вмісту цукру в ягідках, тому що вищі температури сприяють більш швидкому накопиченню вуглеводів. У (Mesa et al., 2024) показано, що підвищення суми активних температур впливає на біохімічний склад ягід, низька кислотність і зміни у синтезі фенольних сполук. Для цього технічного сорту винограду це виявлено особливо важливо, бо це впливає на те, на який тип вина вони можуть бути вжиті.

Інсоляція – це важливий фактор швидкості фотосинтезу і утворення сировинних метаболітів. У дослідженні (Cataldo et al., 2023) було виявлено, що інтенсивна сонячна радіація сприяє підвищенню вмісту фенольних сполук, таких як антоціани, що відіграють роль у колір і структура вина. Вплив інсоляції (Dominguez et al., 2024) у процесах формування аромату ягід, а відтак і органолептичних властивостей. За умов Західного Лісостепу, рівень інсоляції достатньо високий для отримання якісної виноградної сировини, хоча її варіабельність може впливати на стабільність показників.

Таблиця 2. Прикладний вплив агрокліматичних факторів на біохімічні та технологічні характеристики ягід технічних сортів винограду

Агро-кліматичний фактор	Кількісні параметри (орієнтири)	Біохімічний вплив (цукри, кислоти, феноли)	Технологічні показники (виноробство)	Прояв у технічних сортах	Ризики для якості	Практичні рекомендації
Температурний режим	20-30°C у період дозрівання; >35°C стрес	Зростання цукри (18–25%), зниження кислотність (4–7 г/л), зростання феноли при оптимумі	Потенційний спирт 10-14%, баланс смаку, структура вина	Каберне, Мерло - зростання феноли; Рислінг - втрата кислотності	Перегрів «плоскі» вина; недогрів - низька цукристість	Оптимізація листового покриву, вибір сортів за тепло-забезпеченням
Кількість опадів	300-400 мм у вегетацію; >500 мм - надлишок	Надлишок зниження цукри, зниження феноли; дефіцит зростання концентрація речовин	Впливає на екстрактивність, щільність вина, стабільність якості	Білі сорти (Шардоне) - чутливі до розбавлення; червоні - втрата кольору	Розтріскування ягід, грибкові хвороби, водянистість	Крапельне зрошення, дренаж, контроль вологості ґрунту
Сума активних температур	2500-3000°C (>10°C)	Зростання накопичення цукрів, зниження органічні кислоти	Визначає ступінь зрілості, потенціал вина	Ранні сорти - стабільні; пізні (Каберне) - ризик недозрівання	Недостатність - кислі вина; надлишок - дисбаланс	Підбір сортів, зміна строків збору врожаю
Інсоляція	1800-2200 год/рік	Зростання антоціани, зростання таніни, підвищення ароматичні сполуки	Інтенсивність кольору, ароматичний профіль, структура	Червоні сорти - глибокий колір; білі - підвищення ароматичності	Сонячні опіки ягід, деградація ароматів	Формування крони, орієнтація рядів (пн–пд), контроль густоти
Вологість повітря	60–75%	Впливає на транспірацію та накопичення цукрів	Опосередковано впливає на стабільність якості	Усі сорти чутливі до грибкових уражень	Висока вологість - хвороби, зниження якості	Захист рослин, провітрюваність насаджень
Екстремальні явища	Заморозки спека, зливи	Порушення синтезу цукрів і фенолів	Зниження якості та товарності винограду	Особливо чутливі ранні сорти	Втрата врожаю, нестабільність якості	Антистресові заходи, укриття, адаптивні технології

Джерело: побудовано та узагальнено авторами на основі (Arias et al., 2022; Cataldo et al., 2023; Dominguez et al., 2024; Fraga et al., 2016; Jaster et al., 2024; Mesa et al., 2024; Peng et al., 2022; Rogiers et al., 2022; van Leeuwen & Destrac-Irvine, 2017; van Leeuwen et al., 2024; Vrščić et al., 2024).

Розгляд впливу агрокліматичних умов на біохімічні та технологічні показники винограду має базуватися на комплексному аналізі. Як цитується у (van Leeuwen et al., 2024), саме комбінований вплив температури, доступності води та інсоляції формує унікальні теруарні властивості винограду, що слугує його конкурентоспроможним характером на ринку. Для умов західного Лісостепу України актуальним є

прийняття до відома впливу цих факторів при підборі сортів і технологій їх вирощування, що дає можливість максимального підвищення якості продукції.

Сучасний клімат врожайності змушує переглянути традиційні підходи у виноградарстві, насамперед у регіонах з прикордонними умовами для вирощування цієї культури, як це західний Лісостеп України. В літературі підкреслюється потреба у

адаптації технологій вирощування винограду до локальних агрокліматичних умов, бо саме ці умови впливають на рівень як урожайності, так і якості виноградної сировини. Як вказано у (van Leeuwen et al., 2024), зміни температурного режиму, вологозабезпечення та інсоляції підривають основу гармонійного підходу в управлінні виноградником, які полягають у виборі сортів, методах обробітку та системах обробітку винограду. Дотримуючись аналогічної концепції, вони стверджують, що успішна адаптація до зміни клімату є основним фактором підтримки виноградарства в умовах зростаючої кліматичної мінливості (Fraga et al., 2016).

Одним із основних напрямків адаптації є оптимізація сортового складу виноградників відповідно до теплового забезпечення регіону. У (Arias et al., 2022) зазначено, що використання сортів з різною тривалістю вегетаційних періодів може компенсувати коливання теплових умов і сприяти стабільності дозрівання ягід. Для умов західного Лісостепу зареєстровано ранні та середньоранні технічні сорти, які можуть досягти оптимального рівня цукру та кислотності за обмеженого теплового або тепловодно-вітрового ресурсу. Водночас (Lyashenko, H., Buzovska, M., & Melnyk, E. B., 2024) зазначають, що врахування агрокліматичних ресурсів території є основою ефективного зонування виноградарства та підвищення продуктивності насаджень.

Ефективне управління водними ресурсами є складовою стратегій адаптації, оскільки нерівномірний розподіл дощів у Західному Лісостепу може призвести до ризику надмірного зволоження або посухи. Було показано, що застосування регульованого дефіцитного зрошення може підтримувати оптимальний рівень вмісту води в ґрунті та стабільність біохімічного складу ягід (Peng et al., 2022). З іншого боку, помірний водний стрес може бути використаний як інструмент для покращення якості винограду з точки зору концентрації цукрів та фенольних сполук, згідно з (Vršić et al., 2024). Тому необхідно, щоб адаптивні дії зосереджувалися на гнучкій модуляції водного режиму залежно від стадій росту рослин.

Також є удосконалення системи формування і заробітку крони винограду, що дає змогу регулювати світловий і температурний режими в зоні ґруну. У (Cataldo et al., 2023) підкреслюється, що регулювання інсоляції через модифікацію структури куща призводить до збільшення вмісту фенольних сполук і якості ягід. У (Dominguez et al., 2024) повідомляється, що коригування листяного покриву зменшує негативний вплив високої температури та сонячного стресу на рослини. Для західного Лісостепу це має особливе значення, після чого перепади інсоляції можуть значно вплинути на формування якісних показників продукції.

Адаптація технологій вирощування також вимагатиме впровадження інноваційних агротехнічних заходів, спрямованих на підвищення

стійкості виноградників до кліматичних ризиків. У (Rogiers et al. 2022) зазначено, що використання антистресових методів, включаючи мульчування, застосування біостимуляторів та захист від екстремальних погодних явищ, може зменшити негативний вплив кліматичних факторів на рослини. Водночас (Jaster et al., 2024) наголошують на необхідності застосування агрометеорологічних показників для прогнозування умов вирощування та своєчасного коригування технологічних заходів.

Аналіз наукових джерел дозволяє зробити висновок, що адаптація технологій вирощування винограду до умов західного Лісостепу України повинна базуватись на інтегрованому підході з урахуванням взаємодії основних агрокліматичних факторів. У (van Leeuwen & Destrac-Irvine, 2017) вказується, що управління виноградниками в умовах кліматичних змін ефективне, коли воно ґрунтується на синтезі традиційних і новаторських підходів, націлених на покращення якості продукту та стабільності виробництва.

Аналіз узагальнених у таблиці напрямків адаптації технологій вирощування винограду дозволяє зробити висновок, що фактором підвищення якості ягід технічних сортів у західному Лісостепу України є відкритий об'єкт інтегрованого управління агрокліматичними ризиками, заснований на взаємодії сортової політики, агротехнічних заходів і інноваційних технологій моніторингу. Встановлено, що базовим рівнем біохімічного формування ягід є температурний режим і сума активних температур, тому оптимізація цих показників шляхом відбору адаптованих сортів і коригування термінів збору – це першочергова задача забезпечення стабільної якості продукції.

Водночас було продемонстровано, що водний режим має визначальний вплив на концентрацію біохімічних компонентів, оскільки саме баланс між надлишком і дефіцитом води визначає рівень цукру, фенольний склад та екстракційність ягоди. Це обґрунтовує необхідність впровадження регульованих систем зрошення та управління вологістю ґрунту як інструментів стабілізації якості виноградної сировини. Інсоляція також відіграє особливу роль, визначаючи синтез фенольних та ароматичних сполук, що характеризують органолептичні властивості продукту, і тому зумовлюють необхідність оптимізації структури насаджень та просторової локалізації вирощування винограду.

Результати дослідження показують, що мінливість клімату та зростання частоти екстремальних погодних явищ стимулюють попит на антистресові технології та адаптивне управління у сфері послуг, які допомагають зменшити вплив екзогенних факторів на рослини. Було доведено, що використання біостимуляторів, захисних заходів та передових агрометеорологічних моделей призводить до підвищення стійкості виноградників, а також до зменшення втрат врожаю.

Таблиця 3. Напрями адаптації технологій вирощування винограду до агрокліматичних умов західного Лісостепу України

Агрокліматичний виклик	Конкретні прояви в регіоні	Практичні інструменти впровадження	Очікуваний результат
Нестабільний температурний режим	Різкі коливання температур, недостатня сума тепла у окремі роки	Використання ранніх і середніх сортів, моніторинг температур	Стабільна цукристість, збалансований склад ягід
Нерівномірність опадів	Періоди надлишкового зволоження або посухи	Крапельне зрошення, дренаж, мульчування ґрунту	Оптимальний водний баланс, стабільність якості
Граничні значення суми активних температур	Недостатнє теплове забезпечення для пізніх сортів	Вибір сортів за строками дозрівання, корекція навантаження куща	Підвищення рівня зрілості ягід
Варіабельність інсоляції	Нерівномірний розподіл сонячної радіації	Формування крони, орієнтація рядів, прорідження листя	Покращення органолептичних характеристик
Підвищення кліматичних стресів	Посухи, спека, весняні заморозки	Біостимулятори, укриття, захисні сітки	Підвищення стійкості рослин
Підвищена вологість і ризик хвороб	Часті дощі у період дозрівання	Захист рослин, вентиляція насаджень	Збереження якості та товарності продукції
Кліматична мінливість у довгостроковій перспективі	Зміщення сезонів, нестабільність умов	Використання агрокліматичних моделей, цифровий моніторинг	Підвищення адаптивності виробництва

Джерело: побудовано та узагальнено авторами на основі (Arias et al., 2022; Cataldo et al., 2023; Dominguez et al., 2024; Fraga et al., 2016; Jaster et al., 2024; Lyashenko et al., 2024; Peng et al., 2022; Rogiers et al., 2022; van Leeuwen & Destrac-Irvine, 2017; van Leeuwen et al., 2024; Vršič et al., 2024).

Дослідження дає підстави стверджувати, що для ефективної адаптації технологій вирощування винограду в умовах західноукраїнського Лісостепу необхідний комплексний підхід, який передбачає оцінку взаємодії температурного, водного та

світлового режимів. Цей підхід дає стабільність врожаю, а також поліпшення якості ягід, що є визначальним фактором конкурентоздатності виноградарської продукції у виконанні сучасних змін клімату.

Висновки

За результатами дослідження слід визначити, як формування якості ягід технічних сортів винограду в умовах Західного Лісостепу України відбувалося під впливом складної взаємодії між агрокліматичними факторами, серед яких найважливішу роль відігравали температурний режим, водозабезпеченість, сума активних температур та інсоляція. Було виявлено, що ці фактори не діють ізольовано, а створюють синергетичний ефект, який визначає біохімічний склад ягід, наприклад, вміст цукру, органічних кислот та фенольних сполук, а також технологічну придатність продукції для виноробства. Особливістю досліджуваної території є те, що агрокліматичні параметри знаходяться на межі оптимальних значень, що зумовлює велику чутливість винограду до міжрічної кліматичної мінливості.

Температурний фактор визначає швидкість накопичення цукру і дозрівання ягід, тоді як концентрація біохімічних речовин, що впливають на якість продукції через механізм розбавлення або концентрації соку клітин регулюється водою, підтверджує, що температурний фактор тепла і холоду

регулюють швидкість накопичення цукру і дозрівання ягід. Було показано, що інсоляція є найважливішим чинником синтезу фенольних та ароматичних сполук, що визначають органолептичні властивості винограду, а сума активних температур визначає ступінь фізіологічної зрілості ягід. Таким чином, якість сировини винограду є наслідком інтегрованої дії всіх перерахованих факторів, але це ще раз підкреслює необхідність їх комплексного врахування у виробничій практиці.

Обґрунтовано, що підвищення якості та стабільності врожаю винограду у зоні західного Лісостепу України можливе лише шляхом адаптації технологій його вирощування до агрокліматичних умов. Серед ключових такої адаптації слід назвати оптимізацію сортового складу з урахуванням теплового режиму, застосування систем управління водним режимом, регулювання світлового середовища насаджень та використання антистресових технологій. Ефективність такого поєднання заходів мінімізує негативний вплив кліматичних ризиків і дозволяє отримати біохімічно сталі ягоди.

Список використаної літератури

Arias, L. A., Berli, F., Fontana, A., Bottini, R., & Piccoli, P. (2022). Climate change effects on grapevine physiology and biochemistry: Benefits and challenges of

high altitude as an adaptation strategy. *Frontiers in Plant Science*, 13, 835425. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.835425>

Alikadic, A., Pertot, I., Eccel, E., Dolci, C., Zarbo C., Caffarra, A., De Filippi, R., & Furlanello, C. (2019). The impact of climate change on grapevine phenology and the influence of altitude: A regional study. *Agricultural and Forest Meteorology*, 271, 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.02.030>

Cataldo, E., Eichmeier, A., & Mattii, G. B. (2023). Effects of global warming on grapevine berries phenolic compounds—A review. *Agronomy*, 13(9), 2192. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092192>

Dominguez, D. L. E., et al. (2024). Impacts of climate change-induced temperature rise on grapevine phenology, physiology, and yield. *Plants*, 13(22), 3219. <https://doi.org/10.3390/plants13223219>

Fraga, H., García de Cortázar Atauri, I., Malheiro, A. C., & Santos, J. A. (2016). Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. *Global Change Biology*, 22(11), 3774–3788. <https://doi.org/10.1111/gcb.13382>

Jaster, D., Tomczyk, A. M., Hildebrandt-Radke, I., & Matulewski, P. (2024). Agroclimatic indicators for grapevines in the Zielona Góra wine region (Poland) in the era of advancing global warming. *Atmosphere*, 15(6), 657. <https://doi.org/10.3390/atmos15060657>

Jones, G. V., Edwards, E. J., Bonada, M., Sadras, V. O., Krstic, M. P., & Herderich, M. J. (2022). Climate change and its consequences for viticulture. In A. G. Reynolds (Ed.), *Managing Wine Quality* (pp. 727–778). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102067-8.00015-4>

Lyashenko, H., Buzovska, M., & Melnyk, E. B. (2024). Modeling of grape yield formation by agroclimatic resources of natural zones of Ukraine. *Journal of Uman*

National University of Horticulture, 105(1), 48–57. <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-105-1-48-57>

Mesa, I. F., et al. (2024). Modelling future climate change impacts on grapevine berry composition. *OENO One*, 58(4), 7789. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2024.58.4.7789>

Peng, J., et al. (2022). Effect of covering crops between rows on the vineyard microclimate, grape berry quality and wine quality. *Horticulturae*, 8(6), 518. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8060518>

Rogiers, S. Y., Greer, D. H., Liu, Y., Baby, T., & Xiao, Z. (2022). Impact of climate change on grape berry ripening: An assessment of adaptation strategies for the Australian vineyard. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1094633. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1094633>

Savina, O., Hliudzyk-Shemota, M., Sadovska, N., & Popovych, H. (2023). The impact of climate change on grape crops development in Western Ukraine. *Revista de la Universidad del Zulia*, 15(42), 37–57. <https://doi.org/10.46925/rdluz.42.03>

van Leeuwen, C., & Destrac-Irvine, A. (2017). Modified grape composition under climate change conditions requires adaptations in the vineyard. *OENO One*, 51(2), 147–154. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2016.0.0.1647>

van Leeuwen, C., Sgubin, G., Bois, B., Ollat, N., Swingedouw, D., Zito, S., & Gambetta, G. A. (2024). Climate change impacts and adaptations of wine production. *Nature Reviews Earth & Environment*, 5, 258–275. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00521-5>

Vrščič, S., et al. (2024). The impact of climatic warming on earlier wine-grape ripening and berry composition. *Horticulturae*, 10(6), 611. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10060611>

INFLUENCE OF AGROCLIMATIC CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE ON THE FORMATION OF QUALITY OF TECHNICAL GRAPE VARIETIES

Svitlana STEFANIUK¹, ORCID: 0000-0002-6837-9411

Roman ILCHUK², ORCID: 0000-0002-3524-4844

¹Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv

²Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS

The work is aimed at substantiating the impact of agroclimatic factors on the formation of quality parameters of technical grape varieties in the conditions of the western forest-steppe of Ukraine and identifying areas for their adaptation of the growing technology. The effect of temperature regime, precipitation, the sum of active temperatures, and solar radiation on the biochemical indices of berries, such as sugar content, acidity, and phenolic components that affect the processing suitability of grape raw materials, has been reviewed. It has been found that climate elements are interrelated and more complex when they create the development environment for the plant and determine the product quality. Variability of agroclimatic indicators within the Western Forest-Steppe has been shown to mandate adoption of agrotechnology of grape cultivation. The feasibility of rationalizing the varietal structure, controlling the water/light regimes, and utilizing agrotechnical practices conducive to enhanced vineyard tolerance to climate change was demonstrated. The synthesis of results led to the identification of essential strategies for enhancing berry quality and maintaining yield stability under climate variability, which act as enablers for sustainable viticulture in the region.

Keywords: viticulture, agroclimatic factors, berry quality, technical grape varieties, sugar content, acidity, phenolic compounds, Western Forest-Steppe, technology adaptation, climate change.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons

Отримано: 1.5.2026

Погоджено до друку: 7.7.2026

Опубліковано: 30.9.2026