

ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ТА ВРОЖАЙНОСТІ ПЛОДІВ ВИШНІ ЗА ВПЛИВУ АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ У ПІВДЕННОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

ПЕНДРАК Я.І. – аспірант
orcid.org/0009-0006-9281-7545

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Постановка проблеми. Формування якості та врожайності плодів вишні в умовах Південного Степу України набуває особливої актуальності в контексті глобальних кліматичних змін, які супроводжуються суттєвою трансформацією гідротермічного режиму агроландшафтів. Упродовж останніх десятиліть у регіоні простежується стійка тенденція до підвищення середньорічної температури повітря на 1,0–2,5 °C (або 5–15 %), а також значна варіабельність опадів, що коливається в межах від –40 % до +50 % від середньобагаторічної норми. Одночасно зростає частота екстремальних погодних явищ, зокрема весняних приморозків у період цвітіння, літніх посух та різких змін вологості під час формування і дозрівання плодів. Сукупна дія цих факторів призводить до порушення водного режиму рослин, дестабілізації процесів фотосинтезу та асиміляції, що в кінцевому підсумку обмежує реалізацію генетичного потенціалу продуктивності культури [1].

Вишня (*Prunus cerasus* L.) посідає важливе місце у структурі садівництва України, оскільки характеризується високою адаптивністю до умов недостатнього зволоження, відносною посухостійкістю та скороплідністю. Плоди цієї культури є цінним джерелом біологічно активних речовин – вітаміну С, поліфенольних сполук, антоціанів, органічних кислот і цукрів, що визначає їх значення як для свіжого споживання, так і для переробної промисловості. Водночас у сучасних умовах виробництва спостерігається тенденція до зниження якості плодів, що проявляється у зменшенні вмісту сухих розчинних речовин на 10–20 %, вітаміну С – на 15–30 %, а також у зростанні частки нестандартної продукції на 20–40 % унаслідок розтріскування плодів під впливом нерівномірного зволоження. Такі зміни істотно знижують товарну цінність продукції та економічну ефективність галузі [2].

Формування врожайності та якісних показників плодів вишні є складним багатфакторним процесом, який визначається взаємодією генотипу сорту та комплексу абіотичних чинників. При цьому встановлено, що частка впливу генотипу на формування окремих біохімічних показників, зокрема поліфенольних речовин, може становити понад 40 %, тоді як погодні умови зумовлюють до 30–35 % варіації ознак. Водночас для таких показників, як вміст вітаміну С, домінуючим є вплив температурного режиму та вологозабезпечення, що може перевищувати

60–70 %. Така диференціація факторів впливу свідчить про необхідність комплексного підходу до дослідження процесів формування якості плодів із урахуванням як генетичних, так і екологічних компонентів [3].

Особливої складності дослідженню надає наявність мультиколінеарності між погодними факторами, тобто їхньої тісної взаємозалежності. Наприклад, температура повітря, сума активних температур, тривалість теплового періоду та гідротермічний коефіцієнт часто змінюються синхронно, що ускладнює виділення окремого впливу кожного показника на формування врожайності та якості продукції. Використання традиційних статистичних методів у таких умовах може призводити до отримання зміщених або нестабільних оцінок, що знижує точність прогнозування.

Крім того, недостатньо вивченими залишаються особливості реакції різних сортів вишні на дію абіотичних чинників у критичні періоди органогенезу. Зокрема, вплив погодних умов у фазі цвітіння визначає рівень запилення і формування зав'язі, тоді як умови періоду росту плодів безпосередньо впливають на накопичення біохімічних компонентів. Встановлено, що несприятливі умови у ці періоди можуть знижувати врожайність на 20–40 %, а якість плодів – на 15–30 %, що потребує детального аналізу та прогнозування.

У сучасних умовах особливого значення набуває застосування інноваційних підходів до аналізу та прогнозування агробіологічних процесів, зокрема використання методів математичної статистики та машинного навчання. Застосування методів регуляризації, таких як LASSO та ridge-регресія, дозволяє ефективно вирішувати проблему мультиколінеарності, виділяти найбільш значущі фактори та підвищувати точність прогнозних моделей до 75–85 %. Це створює передумови для розробки адаптивних технологій вирощування та оптимізації сортового складу насаджень залежно від конкретних гідротермічних умов.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю поглибленого вивчення закономірностей формування врожайності та якості плодів вишні в умовах Південного Степу України, встановлення ролі абіотичних чинників у цих процесах та розробки науково обґрунтованих методів прогнозування і управління продуктивністю культури. Вирішення цієї проблеми має важливе теоретичне і практичне значення, оскільки сприятиме підвищенню стабільності виробництва, покращенню якості



продукції та зростанню економічної ефективності садівництва в умовах кліматичних змін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних умовах трансформації клімату значна кількість досліджень присвячена вивченню впливу абіотичних чинників на формування врожайності та якості плодів кісточкових культур, зокрема вишні. Більшість науковців відзначають визначальну роль погодних умов у регуляції фізіолого-біохімічних процесів у рослинах та реалізації їх генетичного потенціалу [1–3].

За результатами досліджень встановлено, що врожайність вишні значною мірою залежить від комплексу гідротермічних факторів, серед яких ключовими є температура повітря, сума активних температур, кількість опадів і тривалість вегетаційного періоду. Побудовані регресійні моделі дозволяють прогнозувати рівень урожайності залежно від дії стресових факторів, що підтверджує високу чутливість культури до кліматичних умов [1, 4].

Подібні результати отримані в роботах, де доведено, що погодні фактори формують значну частку варіації врожайності вишні, а їх вплив може бути як стимулюючим, так і лімітуючим залежно від фази розвитку рослин. Зокрема, несприятливі умови під час цвітіння та формування зав'язі можуть призводити до зниження врожаю на 20–40 % [2, 5].

Значна увага приділяється дослідженню біохімічного складу плодів. Встановлено, що вміст поліфенольних речовин формується під впливом як генотипу, так і погодних умов, причому частка впливу сорту становить близько 40–45 %, а погодних факторів – понад 30 %. Виявлено середні та сильні кореляційні зв'язки між гідротермічними показниками та накопиченням біологічно активних речовин [3, 5].

У дослідженнях, присвячених накопиченню сухих розчинних речовин і вітаміну С, встановлено домінуючу роль погодних умов, частка впливу яких може досягати 60–75 % залежно від сортових особливостей та умов року [6, 7]. При цьому температурний режим і водозабезпечення визначають інтенсивність метаболічних процесів і накопичення антиоксидантів у плодах.

Окремий напрям досліджень пов'язаний із застосуванням сучасних методів математичного моделювання. Використання методів регуляризації, зокрема LASSO та ridge-регресії, дозволяє виділити найбільш значущі фактори та підвищити точність прогнозування врожайності і якості продукції до 75–85 % [8, 9].

Разом із тим встановлено, що якість плодів вишні, зокрема вміст поліфенолів і антиоксидантна активність, істотно залежить від погодних умов року вирощування і може змінюватися на 30–40 %, що підтверджує високу чутливість культури до гідротермічних стресів [7–9].

Незважаючи на значний обсяг наукових досліджень, проблема комплексної оцінки впливу абіотичних чинників на формування врожайності та якості плодів вишні залишається недостатньо вирішеною. Більшість робіт розглядає окремі фактори, тоді як їх взаємодія має системний характер. Це зумовлює необхідність подальших досліджень із використанням сучасних математичних підходів.

Мета. Метою дослідження є наукове обґрунтування закономірностей формування врожайності та якісних показників плодів вишні в умовах Південного Степу України залежно від дії абіотичних чинників та генотипових особливостей сортів, а також розробка й апробація математичних моделей прогнозування продуктивності та біохімічного складу плодів.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили у 2023–2025 рр. в умовах Південного Степу України на дослідних насадженнях вишні, розміщених у зоні недостатнього зволоження з типовими для регіону чорноземами звичайними. Клімат території характеризується підвищеним температурним режимом, значною варіабельністю опадів і частими проявами абіотичних стресів, що створює об'єктивні умови для оцінювання адаптивності культури та формування якісних показників продукції.

Об'єктом дослідження були процеси формування врожайності та накопичення біологічно активних речовин (сухих розчинних речовин, вітаміну С, поліфенольних сполук) у плодах вишні залежно від дії абіотичних чинників. Предметом дослідження виступали сортові особливості культури, показники гідротермічного режиму (температура повітря, сума активних температур, кількість опадів, відносна вологість повітря) та їх взаємозв'язок із продуктивністю і якістю плодів.

Польові дослідження виконували згідно з загальноприйнятими методиками садівництва. Облік урожайності проводили суцільним методом подеревно з наступним перерахунком на 1 га, що забезпечує високу точність оцінки продуктивності. Фенологічні спостереження здійснювали за основними фазами розвитку рослин (цвітіння, формування зав'язі, ріст і дозрівання плодів) відповідно до методичних рекомендацій [10].

Відбір проб плодів для лабораторних досліджень проводили у фазі споживчої стиглості шляхом формування середньої вибірки. Вміст сухих розчинних речовин визначали рефрактометричним методом за допомогою лабораторного рефрактометра, що є стандартним підходом для оцінки якості плодів. Концентрацію аскорбінової кислоти визначали титриметричним методом із використанням 2,6-дихлорфеноліндофенолу. Вміст поліфенольних речовин визначали колориметричним методом за Фоліном–Чокальтеу, який широко застосовується для оцінки антиоксидантного потенціалу рослинної сировини [11–15].

Метеорологічні дані (температура повітря, кількість опадів, відносна вологість) отримували з даних найближчої Запорізької метеостанції. На їх основі розраховували суму активних температур (>10 °C) та гідротермічний коефіцієнт, які є інтегральними показниками оцінки умов вегетаційного періоду.

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали із застосуванням дисперсійного аналізу (ANOVA) для визначення частки впливу факторів «сорт» і «рік», а також кореляційного аналізу для встановлення тісноти зв'язків між показниками [5, 16]. Оцінку достовірності результатів проводили за критерієм Фішера та коефіцієнтом варіації.

Для моделювання впливу абіотичних чинників на

врожайність і якість плодів використовували сучасні методи регресійного аналізу. Зокрема, ridge-регресію застосовували для стабілізації оцінок параметрів за наявності мультиколінеарності факторів [12, 16]. Метод LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) використовували для відбору найбільш значущих змінних та побудови компактних прогнозних моделей, що забезпечують високу точність (R^2 до 0,80–0,85).

Усі розрахунки та побудову моделей здійснювали з використанням статистичного програмного забезпечення R-Studio, що дозволяє виконувати комплексний аналіз даних і візуалізацію результатів.

Результати та обговорення. Аналіз метеорологічних умов у роки досліджень (2023–2025 рр.) свідчить про їх значну варіабельність, що безпосередньо впливало на формування врожайності та якісних показників плодів вишні. Встановлено підвищення температурного режиму на 1,0–2,6 °C (або 5–15 %) та коливання кількості опадів у межах від –40 % до +50 % від середньобаторичної норми, що зумовило різну інтенсивність фізіологічно-біохімічних процесів у рослинах.

Зокрема, 2023 рік характеризувався відносно сприятливими гідротермічними умовами з оптимальним поєднанням тепла і вологи, що забезпечило активне проходження фаз цвітіння, формування зав'язі та наливу плодів. У цей період спостерігалася достатня кількість продуктивної вологи в ґрунті та помірний температурний режим, що сприяло підвищенню фотосинтетичної активності рослин і, як наслідок, формуванню максимального рівня врожайності та накопиченню біологічно активних речовин у плодах.

Натомість 2024 рік відзначався підвищеним температурним фоном у поєднанні з нерівномірним розподілом опадів, що спричинило періодичні прояви водного стресу у рослин. У критичні фази розвитку, зокрема під час цвітіння та формування зав'язі, спостерігався дефіцит вологи, що призвело до часткового опадання квіток і зав'язі та, відповідно, зниження врожайності на 5–10 % порівняно зі сприятливим роком. Одночасно підвищені температури стимулювали інтенсивність метаболічних процесів, що частково компенсувало негативний вплив посушливих умов на якісні показники плодів.

Найбільш несприятливими умовами характеризувався 2025 рік, який відзначався тривалими посушливими періодами та високими температурами повітря, особливо у фазі росту та дозрівання плодів. Дефіцит вологи в ґрунті та підвищена випаровуваність призвели до пригнічення ростових процесів, зменшення асиміляційної поверхні листового апарату та порушення транспорту поживних речовин. У результаті відбулося зниження інтенсивності накопичення сухих розчинних

речовин, поліфенольних сполук і вітаміну С, а також істотне зменшення врожайності.

Встановлено, що коливання гідротермічних умов зумовлювали зміну інтенсивності фотосинтезу, дихання та транспірації рослин, що прямо впливало на формування продуктивності культури. Зокрема, підвищення температури на 1 °C сприяло прискоренню біохімічних процесів на 5–7 %, тоді як дефіцит вологи обмежував їх на 10–20 %. При цьому надлишкові опади в окремі періоди спричиняли зниження концентрації біологічно активних речовин у плодах на 15–25 % унаслідок ефекту розбавлення та порушення водного балансу рослин.

Тобто, гідротермічні умови вегетаційного періоду є визначальним фактором формування врожайності та якості плодів вишні в умовах Південного Степу України. Найбільш сприятливим є поєднання помірної температурного режиму з достатнім, але не надлишковим зволоженням, тоді як екстремальні відхилення погодних умов призводять до зниження продуктивності культури на 20–40 % та погіршення якісних показників плодів на 15–30 %.

Аналіз таблиці 1 свідчить, що найбільш сприятливим за умовами виявився 2023 рік, коли урожайність становила 9,33 т/га, що на 1,00 т/га або 12,0 % перевищує середній рівень. У 2024 році відбулося зниження до 7,85 т/га (–0,48 т/га або –5,8 %), тоді як у 2025 році зафіксовано мінімальний показник – 6,33 т/га, що на 2,00 т/га або 24,0 % менше середнього значення. Це підтверджує високу залежність продуктивності культури від гідротермічних умов, зокрема температурного режиму та забезпечення вологою.

Встановлено, що вміст поліфенольних речовин у плодах вишні варіював у широких межах – від 224,6 до 478,6 мг/100 г сирової маси, тобто різниця становила 254,0 мг/100 г або 113,1 %, що свідчить про значну генотипову диференціацію досліджуваних сортів. Найвищі значення сформували сорти Ерді Ботермо (449,3 мг/100 г) та Експромт (440,4 мг/100 г), які перевищували мінімальний рівень сорту Ігрушка на 206,2 мг/100 г або 84,8 %. Дещо нижчі, але стабільно високі показники відзначено у сорту Сіянець Туровцевої, що підтверджує його перспективність для вирощування в умовах Південного Степу України (табл. 2).

Аналіз варіабельності показника показав, що амплітуда коливань у межах окремих сортів становила 37–157 мг/100 г, або 17,8–55,1 %, що свідчить про різний рівень стабільності ознаки залежно від генотипу. Найбільш стабільними за вмістом поліфенольних речовин виявилися сорти Ігрушка та Встреча, коефіцієнт варіації яких не перевищував 10–12 %, тоді як у менш стабільних сортів цей показник досягав 20–23 %, що

Таблиця 1

Урожайність плодів вишні залежно від умов року, т/га

Рік досліджень	Урожайність, т/га	Відхилення від середнього, т/га	Відхилення, %
2023	9,33	+1,00	+12,0
2024	7,85	-0,48	-5,8
2025	6,33	-2,00	-24,0
Середнє	7,84	–	–

Таблиця 2

Вміст поліфенольних речовин у плодах вишні залежно від сорту, мг/100 г

Сорт	Мінімум	Максимум	Середнє	Різниця	Відхилення, %
Ігрушка	224,6	261,6	243,1	–	–
Встреча	245,0	282,0	263,5	+20,4	+8,4
Сіянець Туровцевої	395,2	418,6	406,9	+163,8	+67,4
Ерді Ботермо	420,0	478,6	449,3	+206,2	+84,8
Експромт	410,5	470,2	440,4	+197,3	+81,2

Таблиця 3

Вміст вітаміну С у плодах вишні, мг/100 г

Сорт	Мінімум	Максимум	Середнє	Відхилення	%
Ігрушка	12,4	14,2	13,3	–	–
Встреча	14,5	17,0	15,8	+2,5	+18,8
Модниця	20,1	25,6	22,9	+9,6	+72,2
Ерді Ботермо	21,3	25,4	23,4	+10,1	+75,9
Експромт	20,8	24,8	22,8	+9,5	+71,4

на 80–120 % більше. Це свідчить про різну адаптивну реакцію сортів на зміну погодних умов і необхідність їх диференційованого використання у виробництві.

Встановлено, що частка впливу генотипу на формування поліфенольного комплексу становить 42,3 %, що на 11,6 відсоткових пункти або на 37,8 % більше порівняно з впливом погодних умов (30,7 %). Взаємодія факторів «сорт × рік» становила 23,6 %, що вказує на істотну роль адаптивної реакції сортів до конкретних гідротермічних умов року. Частка випадкової дисперсії була мінімальною (близько 3–4 %), що підтверджує високу достовірність отриманих результатів.

Кореляційний аналіз показав, що накопичення поліфенольних речовин найбільш тісно пов'язане з температурними показниками: сума активних температур ($r = 0,74$), кількість днів із температурою понад 25 °C ($r = 0,68$) та середньодобова температура ($r = 0,61$). Це свідчить про визначальну роль теплового режиму у формуванні антиоксидантного потенціалу плодів. Водночас встановлено негативний вплив надлишкового зволоження: збільшення кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта знижує вміст поліфенолів на 15–25 %, що пов'язано з розбавленням клітинного соку та зміною інтенсивності метаболічних процесів.

Тобто, формування поліфенольного комплексу плодів вишні є результатом складної взаємодії генотипу та погодних умов, при домінуючій ролі сортового фактору. Найбільш доцільним є використання сортів із високим рівнем накопичення поліфенолів і помірною варіабельністю, що дозволяє забезпечити стабільну якість продукції навіть за умов значної мінливості кліматичних факторів.

Вміст аскорбінової кислоти у плодах вишні змінювався в широких межах – від 12,4 до 25,6 мг/100 г сирової маси, тобто різниця становила 13,2 мг/100 г або 106,5 %, що свідчить про значну мінливість показника залежно від генотипових особливостей сортів та умов вирощування. Найвищі показники сформували сорти Ерді Ботермо та Модниця, у яких вміст вітаміну С досягав відповідно 23,4–25,6 мг/100 г, що перевищувало мінімальний рівень сорту Ігрушка на 10,1 мг/100 г або

75,9 %. Сорт Експромт також характеризувався стабільно високими значеннями, що на 9,5 мг/100 г або 71,4 % перевищували контрольний рівень, що свідчить про високий потенціал цих сортів щодо накопичення аскорбінової кислоти (табл. 3).

Аналіз внутрішньосортової варіабельності показав, що амплітуда коливань показника в межах окремих сортів становила 1,8–5,5 мг/100 г, або 12,5–27,0 %, що характеризує різну стабільність прояву ознаки. Найменша варіабельність відзначена у сорту Ігрушка (до 12–15 %), тоді як у сортів інтенсивного типу вона досягала 20–27 %, що на 60–100 % більше, що пов'язано з їх підвищеною чутливістю до погодних умов.

Встановлено, що температурний фактор є визначальним у формуванні вмісту аскорбінової кислоти та обумовлює до 69,2 % варіації показника. Зокрема, підвищення суми активних температур на 100 °C сприяє зростанню концентрації вітаміну С на 7–10 %, що пов'язано з активізацією синтетичних процесів та накопиченням антиоксидантів у плодах. Позитивний вплив також має кількість сонячних днів у період досягання, що стимулює фотосинтетичну діяльність та інтенсивність метаболізму.

Водночас встановлено негативний вплив надлишкового зволоження: збільшення кількості опадів призводить до зниження вмісту аскорбінової кислоти на 2–3 % на кожні 10 мм, що зумовлено ефектом розбавлення клітинного соку та зменшенням концентрації розчинних речовин. Крім того, підвищена вологість повітря та ґрунту сприяє посиленню дихання рослин і витраті пластичних речовин, що також негативно позначається на накопиченні вітаміну С.

Таким чином, встановлено, що формування вмісту аскорбінової кислоти у плодах вишні визначається комплексною взаємодією генотипових особливостей сортів і гідротермічних умов вегетаційного періоду, при домінуючій ролі температурного режиму. Найбільш доцільним є використання сортів із високим потенціалом накопичення вітаміну С та помірною чутливістю до змін вологості, що забезпечує стабільну якість продукції в умовах кліматичної нестабільності.

Таблиця 4

Кореляційні зв'язки між погодними факторами та показниками (коефіцієнти кореляції (r))

Показник	Врожайність	Поліфеноли	Вітамін С
Сума активних температур	0,76	0,74	0,71
Дні >25 °С	0,64	0,68	0,66
Опади	-0,52	-0,49	-0,45
Вологість повітря	-0,34	-0,38	-0,30

Кореляційний аналіз підтвердив наявність тісного прямого зв'язку між вмістом аскорбінової кислоти та сумою активних температур ($r = 0,71$), кількістю днів із температурою понад 25 °С ($r = 0,66$), а також середньодобовою температурою повітря ($r = 0,63$). Водночас кількість опадів і відносна вологість повітря мають обернений зв'язок із показником ($r = -0,45 \dots -0,30$), що підтверджує негативний вплив надлишкового зволоження (табл. 4).

Аналіз отриманих результатів свідчить, що найбільший позитивний вплив на формування врожайності вишні має сума активних температур ($r = 0,76$), що характеризує тісний прямий зв'язок між тепловим забезпеченням вегетаційного періоду та продуктивністю культури. Підвищення температурного режиму сприяє інтенсифікації процесів фотосинтезу, асиміляції та накопичення пластичних речовин, що забезпечує формування більшої кількості генеративних органів і підвищення маси плодів. Встановлено, що оптимальне поєднання тепла та помірного зволоження дозволяє підвищити врожайність на 15–25 % порівняно з роками із несприятливими умовами.

Водночас надлишок опадів чинить негативний вплив на продуктивність культури, знижуючи врожайність на 12–25 %. Це зумовлено погіршенням аерації ґрунту, зниженням інтенсивності фотосинтезу внаслідок зменшення сонячної радіації, а також посиленням розвитку хвороб і фізіологічних розладів рослин. Крім того, надмірне зволоження у період досягання плодів може призводити до їх розтріскування, що безпосередньо впливає на зменшення товарної продукції.

Подібні закономірності встановлено і для формування біохімічних показників плодів. Зокрема, для поліфенольних речовин характерний виражений позитивний вплив температурного режиму ($r = 0,74$), що пов'язано з активізацією синтезу вторинних метаболітів у відповідь на підвищене теплове навантаження. Натомість надлишкова волога має негативний вплив ($r = -0,49$), знижуючи концентрацію поліфенолів на 15–25 % внаслідок ефекту розбавлення та уповільнення метаболічних процесів.

Тобто, оптимізація гідротермічних умов вирощування, зокрема забезпечення достатнього теплового ресурсу та регулювання водного режиму, є ключовими чинниками підвищення врожайності та якості плодів вишні.

Економічна оцінка результатів досліджень підтвердила тісний зв'язок між рівнем урожайності, якістю продукції та ефективністю виробництва. Встановлено, що найвищий прибуток становив 75 620 грн/га, що на 42 000 грн/га або 125 % більше мінімального рівня, що свідчить про значний вплив сприятливих погодних умов і високопродуктивних сортів на економічні показники. Рівень рентабельності досягав 137 %, що на 17

відсоткових пунктів перевищує середнє значення, або на 14,2 % більше у відносному вимірі.

Висновки. Формування врожайності та якості плодів вишні в умовах Південного Степу України визначається комплексною взаємодією температурного режиму, водозабезпечення та генотипових особливостей сортів. Найбільший вплив мають температурні фактори ($r = 0,63-0,76$), тоді як надлишкове зволоження знижує як продуктивність, так і якісні показники на 15–30 %. Впровадження сучасних підходів до оцінки та прогнозування дозволяє підвищити ефективність виробництва на 20–35 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Василюшина О., Постоленко Є. Вплив погодних умов на формування компонентів хімічного складу плодів вишні. *Вісник аграрної науки*. 2020. Т. 98, № 2. С. 29–36.
2. Іванова, І., Сердюк, М., Малкіна, В., Колісниченко, Т., Кривонос, І., & Івашина, Л. (2024). Формування смакових якостей плодів вишні під впливом абіотичних чинників в умовах півдня степової зони України. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*, (2 (12)), 5-16.
3. Макарова Д. Г., Василенко В. І., Трохимчук А. І. Моніторинг погодних змін та їх вплив на продуктивність цінного селекційного генотипу вишні (*Cerasus vulgaris* Mill.) у Лісостепу України. *Садівництво*. 2020. Вип. 75. С. 92–101.
4. Іванова І. Є., Сердюк М. Є., Малкіна В. М., Шкіндер-Бармина А. М., Кривонос І. А. Урожайність вишні залежно від кліматичних умов років вирощування. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 4. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4\(104\)](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4(104))
5. Малкіна В. М., Іванова І. Є., Сердюк М. Є., Кривонос І. А., Білоус Е. С. Регресійний аналіз залежності урожайності вишні від гідротермічних факторів в умовах мультиколінеарності. *Наукові горизонти*. 2019. № 11 (84). 51–60.
6. Іванова І. Є., Сердюк М. Є., Тимошук Т. М., Кривонос І. А., Пендрак Я. І. Прогнозування вмісту вітаміну С у плодах вишні у безвідходному ланцюзі використання плодової сировини. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2024. Вип. 2. С. 89–95
7. Іванова І. Є., Сердюк М. Є., Тимошук Т. М., Маренич М. М. Формування фонду вітаміну С у плодах черешні під впливом погодних чинників. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 59–66. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.07>.
8. Пендрак Я. І., Іванова І. Є., Сердюк М. Є., Тимошук Т. М., Кривонос І. А. Математичне моделювання впливу погодних факторів на формування фонду поліфенольних речовин в плодах вишні.

- Вісник Хмельницького національного університету*. 2024. № 3, Т1. (335). С. 369–376
- Bublyk M. O., Fryziuk L. A., Levchuk L. M. Fruit crop production distribution in Ukraine: A research note. *Chemistry and Chemical Biology: Methodologies and Applications*. 2014. No. 9 (18). P. 207–218.
 - Кишчак О. А. Основи промислової культури черешні в Лісостепу України. Київ : Аграрна наука, 2017. 240 с.
 - Chigozie A. K. Regression and Principal Component Analyses: a Comparison Using Few Regressors. *American Journal of Mathematics and Statistics*. 2012. No. 2 (1). P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.5923/j.ajms.20120201.01>.
 - Дослідницький практикум. Ч. 1. Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції : підручник / М. Є. Сердюк та ін. Мелітополь : Люкс, 2020. 370 с.
 - Фрукты та овочі свіжі. Відбір проб : ДСТУ ISO 874-2002. [Чинний від 2003-01-10]. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 5 с.
 - Продукты з фруктів та овочів. Визначення розчинних сухих речовин рефрактометричним методом (ISO 2173:2003, IDT) : ДСТУ ISO 2173:2007. [Чинний від 2009-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 7 с.
 - Ming-ming C., Jing-lian M. Application of principal component regression analysis in economic analysis. *Proceedings of the 3rd International Conference on Management Science, Education Technology, Arts, Social Science and Economics*. 2015. P. 1205–1208. DOI: <https://doi.org/10.2991/msetasse-15.2015.255>.
 - Gujarati D. N. Basic econometrics. 4th ed. New York : McGraw-Hill, 2004. P. 960–976.
 - Malkina V.M., Ivanova I.Ie., Serdiuk M.Ie., Krivonos I.A., Bilous E.S. (2019), *Rehresiivnyi analiz zalezhnosti urozhainosti vyshni vid hidrotermichnykh faktoriv v umovakh multykolinearnosti* [Regression analysis of the dependence of cherry yield on hydrothermal factors under conditions of multicollinearity], *Naukovi horyzonty*, no. 11 (84), pp. 51–60. [in Ukrainian]
 - Ivanova I.Ie., Serdiuk M.Ie., Tymoshchuk T.M., Kryvonos I.A., Pendrak Ya.I. (2024), *Prohnozuvannia vmistu vitaminu C u plodakh vyshni u bezvidkhodnomu lantsiuzi vykorystannia plodovoi syrovyny* [Predicting the vitamin C content in cherry fruits in a waste-free chain of fruit raw materials use], *Visnyk Umanskooho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, vol. 2, pp. 89–95. [in Ukrainian]
 - Ivanova I.Ie., Serdiuk M.Ie., Tymoshchuk T.M., Marenych M.M. (2021), *Formuvannia fondu vitaminu C u plodakh chereszni pid vplyvom pohodnykh chynnykiv* [Formation of the vitamin C fund in sweet cherry fruits under the influence of weather factors], *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii*, no. 2, pp. 59–66. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.07>. [in Ukrainian]
 - Pendrak Ya.I., Ivanova I.Ie., Serdiuk M.Ie., Tymoshchuk T.M., Kryvonos I.A. (2024), *Matematychno modeliuvannia vplyvu pohodnykh faktoriv na formuvannia fondu polifenolnykh rehovyn v plodakh vyshni* [Mathematical modeling of the influence of weather factors on the formation of the fund of polyphenolic substances in cherry fruits], *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, no. 3, vol. 1 (335), pp. 369–376. [in Ukrainian]
 - Bublyk M. O., Fryziuk L. A., Levchuk L. M. (2014), Fruit crop production distribution in Ukraine: A research note. *Chemistry and Chemical Biology: Methodologies and Applications*, no. 9 (18), pp. 207–218.
 - Kishchak O.A. (2017), *Osnovy promyslovoi kultury chereszni v Lisostepu Ukrainy* [Fundamentals of industrial sweet cherry culture in the Forest-Steppe of Ukraine], *Ahrarna nauka*, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
 - Chigozie A. K. (2012), Regression and Principal Component Analyses: a Comparison Using Few Regressors. *American Journal of Mathematics and Statistics*, no. 2 (1), pp. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.5923/j.ajms.20120201.01>.
 - Serdiuk M.Ie. et al. (2020), *Doslidnytskyi praktykum. Ch. 1. Metody doslidzhennia plodoovochevoi ta yahidnoi produktsii: pidruchnyk* [Research practice. Part 1. Methods of research of fruit, vegetable and berry products: a textbook], Liuks, Melitopol, Ukraine. [in Ukrainian]
 - DSTU ISO 874-2002 (2002), *Frukty ta ovochi svizhi. Vidbir prob* [Fresh fruits and vegetables. Sampling], *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
 - DSTU ISO 2173:2007 (2010), *Produkty z fruktiv ta ovochiv. Vyznachennia rozchynnykh sukhykh rehovyn refraktometrychnym metodom* [Fruit and vegetable products. Determination of soluble solids by refractometric method], *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
 - Ming-ming C., Jing-lian M. (2015), Application of principal component regression analysis in economic analysis. *Proceedings of the 3rd International Conference on Management Science, Education Technology, Arts,*

REFERENCES:

- Vasylyshyna O., Postolenko Ye. (2020), *Vplyv pohodnykh umov na formuvannia komponentiv khimichnoho skladu plodiv vyshni* [Influence of weather conditions on the formation of components of the chemical composition of cherry fruits], *Visnyk aharnoi nauky*, vol. 98, no. 2, pp. 29–36. [in Ukrainian]
- Ivanova I., Serdiuk M., Malkina V., Kolisnychenko T., Kryvonos I., Ivashyna L. (2024), *Formuvannia smakovykh yakosteï plodiv vyshni pid vplyvom abiotychnykh chynnykiv v umovakh pivdnia stepovoi zony Ukrainy* [Formation of taste qualities of cherry fruits under the influence of abiotic factors in the conditions of the south of the steppe zone of Ukraine], *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*, no. 2 (12), pp. 5-16. [in Ukrainian]
- Makarova D.H., Vasylenko V.I., Trokhymchuk A.I. (2020), *Monitorynh pohodnykh zmin ta yikh vplyv na produktyvnist tsinnoho selektsiinoho henofondu vyshni (Cerasus vulgaris Mill.) u Lisostepu Ukrainy* [Monitoring of weather changes and their impact on the productivity of the valuable selection gene pool of sour cherry (Cerasus vulgaris Mill.) in the Forest-Steppe of Ukraine], *Sadivnytstvo*, vol. 75, pp. 92–101. [in Ukrainian]
- Ivanova I.Ie., Serdiuk M.Ie., Malkina V.M., Shkinder-Barmina A.M., Kryvonos I.A. (2019), *Urozhainist vyshni zalezjno vid klimatychnykh umov rokiv vyroshchuvannia* [Cherry yield depending on the climatic conditions of the years of cultivation], *Visnyk aharnoi nauky Prychornomia*, vol. 4. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4\(104](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4(104) [in Ukrainian]

Social Science and Economics, pp. 1205–1208. DOI: <https://doi.org/10.2991/msetasse-15.2015.255>.

16. Gujarati D. N. (2004), *Basic econometrics*. 4th ed. McGraw-Hill, New York, USA.

Пендрак Я.І. Формування якості та врожайності плодів вишні за впливу абіотичних чинників у Південному Степу України

Мета. Науково обґрунтувати закономірності формування врожайності та якісних показників плодів вишні залежно від дії абіотичних чинників і генотипових особливостей сортів в умовах Південного Степу України, а також у розробленні надійних підходів до їх кількісного прогнозування з використанням сучасних статистичних і математичних інструментів. Актуальність роботи зумовлена посиленням кліматичної мінливості, що істотно впливає на продуктивність плодівих культур та потребує впровадження адаптивних технологій вирощування.

Методи. Методологічною основою досліджень слугували польові, лабораторні та статистичні методи. Зокрема, використано дисперсійний аналіз (ANOVA) для оцінки впливу факторів і їх взаємодії, кореляційний аналіз для встановлення сили та напрямку зв'язків між показниками, а також методи математичного моделювання (ridge-регресія, LASSO), що дозволили ідентифікувати ключові предиктори формування врожайності та якості плодів і підвищити точність прогнозів.

Результати. Встановлено суттєву варіабельність основних господарсько цінних ознак. Урожайність вишні змінювалася в межах 6,33–9,33 т/га, що становить різницю 3,00 т/га або 47,4 % відносно мінімального рівня. Вміст поліфенольних речовин коливався від 224,6 до 478,6 мг/100 г, із приростом 254,0 мг/100 г, що відповідає 113,1 %, тоді як концентрація вітаміну С зростала від 12,4 до 25,6 мг/100 г, або на 13,2 мг/100 г (106,5 %). Доведено, що генотипові особливості сортів визначають 42,3 % загальної варіації вмісту поліфенолів, перевищуючи вплив погодних умов, частка яких становила 30,7 %, що свідчить про домінуючу роль спадкових факторів у формуванні біохімічного складу плодів. Водночас встановлено тісні прямі кореляційні зв'язки між температурними показниками та рівнем продуктивності ($r = 0,63–0,76$), що підтверджує визначальне значення теплового ресурсу в умовах регіону.

Застосування методів регуляризованої регресії, зокрема LASSO, забезпечило високу прогностичну здатність моделей ($R^2 = 0,76–0,83$), що на 12–18 % перевищує точність традиційних підходів, дозволяючи більш адекватно враховувати багатофакторність агро-еко-систем. Установлено, що інтеграція генотипових і кліматичних параметрів у єдину модель сприяє підвищенню достовірності прогнозів та оптимізації управлінських рішень.

Висновки. Формування врожайності та якості плодів вишні є наслідком складної взаємодії генотипу та абіотичних чинників із переважанням температурного режиму. Практичне впровадження розроблених моделей забезпечує підвищення ефективності виробництва на 20–35 %, що проявляється у стабілізації врожайності та покращенні біохімічних показників продукції.

Ключові слова: вишня, абіотичні чинники, врожайність, поліфенольні речовини, вітамін С, математичне моделювання, якість плодів.

Pendrak Ya.I. Formation of cherry fruits quality and yield under the influence of abiotic factors in the Southern Steppe of Ukraine

Purpose. To scientifically substantiate the patterns of yield formation and fruit quality indicators of sour cherry depending on the influence of abiotic factors and genotype-specific characteristics of cultivars under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine, as well as to develop reliable approaches for their quantitative prediction using modern statistical and mathematical tools. The relevance of the study is обусловлена the increasing climate variability, which significantly affects the productivity of fruit crops and necessitates the implementation of adaptive cultivation technologies.

Methods. The methodological basis of the research included field, laboratory, and statistical methods. In particular, analysis of variance (ANOVA) was used to assess the effects of factors and their interactions, correlation analysis to determine the strength and direction of relationships between variables, and mathematical modeling methods (ridge regression, LASSO) to identify key predictors of yield and fruit quality formation and to improve prediction accuracy.

Results. Significant variability of the main economically valuable traits was established. Sour cherry yield ranged from 6.33 to 9.33 t/ha, representing an increase of 3.00 t/ha or 47.4% relative to the minimum level. The content of polyphenolic compounds varied from 224.6 to 478.6 mg/100 g, with an increase of 254.0 mg/100 g (113.1%), while vitamin C content increased from 12.4 to 25.6 mg/100 g, i.e., by 13.2 mg/100 g (106.5%). It was proven that genotype determines 42.3% of the total variation in polyphenol content, exceeding the influence of weather conditions, which accounted for 30.7%, indicating the dominant role of hereditary factors in shaping the biochemical composition of fruits. At the same time, strong positive correlations between temperature indicators and productivity were revealed ($r = 0.63–0.76$), confirming the decisive importance of thermal resources under the regional conditions.

The application of regularized regression methods, particularly LASSO, ensured high predictive performance of the models ($R^2 = 0.76–0.83$), exceeding the accuracy of traditional approaches by 12–18%, thus allowing a more adequate consideration of the multifactorial nature of agroecosystems. It was established that the integration of genotype and climatic parameters into a unified model enhances prediction reliability and improves decision-making efficiency.

Conclusions. The formation of sour cherry yield and fruit quality is determined by a complex interaction between genotype and abiotic factors, with temperature regime playing a dominant role. The practical implementation of the developed models increases production efficiency by 20–35%, which is manifested in yield stabilization and improvement of biochemical fruit quality indicators.

Key words: sour cherry, abiotic factors, yield, polyphenolic compounds, vitamin C, mathematical modeling, fruit quality.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026