



ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-3-14

УДК 634.232:551.5

І. Є. Іванова¹, канд. с.-г. наук

ORCID: 0000-0003-2711-2021

М. Є. Сердюк², д-р техн. наук

ORCID: 0000-0002-6504-4093

Т. М. Тимошук³, канд. с.-г. наук

ORCID: 0000-0001-8980-7334

І. А. Кривонос¹, ст. викладач

ORCID: 0000-0001-7079-5150

В. М. Малкіна¹, д-р матем. наук

ORCID: 0000-0003-2711-2021

С. В. Басанець¹, аспірантЯ. І. Пендрак¹, аспірант¹ *Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*² *Національний університет біоресурсів та природокористування**України*³ *Поліський національний університет*

e-mail: irynaivanova2017@gmail.com, тел.: +380979684745

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТКИ ВПЛИВУ АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ
НА НАКОПИЧЕННЯ ФОНДУ СУХИХ РОЗЧИННИХ РЕЧОВИН
В ПЛОДАХ ЧЕРЕШНІ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ
ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ**

Анотація. Провідне місце серед плодкових культур Південного регіону України займає черешня. Дослідження впливу погодних факторів на формування фонду сухих розчинних речовин в плодах черешні є актуальним питанням з огляду на прогнозування потенційної збереженості плодів черешні та її використання в безвідходному ланцюзі переробки плодової сировини. Метою досліджень було розробити математичну модель прогнозування вмісту сухих розчинних речовин у плодах черешні 33 сортів трьох строків досягання залежно від погодних факторів Півдня Степової зони України для забезпечення подальшого збереження біологічної цінності плодової сировини. Визначена сильна та середня лінійна кореляційна залежність між 17 погодно-кліматичними факторами та вмістом сухих розчинних речовин для сортів черешні раннього, середнього термінів досягання та 16 параметрами клімату для сортів пізньої групи досягання. Математично обґрунтовано, що на накопичення сухих розчинних речовин у плодах черешні незалежно від терміну досягання найбільший вплив мають погодні умови останнього місяця формування плодів.

Ключові слова: плоди черешні, сухі розчинні речовини, терміни досягання, погодно-кліматичні фактори, метод головних компонент, факторний аналіз.



Постановка проблеми. Черешня (*Prunus avium* L.) є цінним фруктом з родини розоцвітих, що користується попитом і вирощується у багатьох країнах світу [1, 2, 3]. Частка її плодоносних насаджень у світовій площі дорівнює більше 3,1%. Україна за обсягами виробництва плодів черешні знаходиться на десятому місці у світі. Валовий збір її плодів у 2018 році становив близько 3,3% від загальносвітового [4, 5, 6].

За даними FAO світовий ринок плодів черешні є дефіцитним. Відповідно до науково-обґрунтованих норм, людині щорічно потрібно споживати 2 кг плодів черешні [7, 8]. Для забезпечення таких обсягів, світове виробництво черешні має сягати 14 млн тон. Зараз воно становить 4 млн тон.

Плоди черешні є популярними не тільки в Україні, а й в Угорщині, Болгарії, Туреччині. Вони першими відкривають фруктовий сезон, виступають джерелом легкозасвоюваних моноцукрів і містять потужний комплекс корисних біохімічних компонентів [9, 10, 11]. Плоди черешні характеризуються привабливим зовнішнім виглядом і смаковими якостями, а також джерелом біологічно активних чи нутрицевтичних сполук. Саме тому проблема якості плодів черешні широко обговорюється вченими в науковій літературі [12, 13, 14].

Отже, вибрана для дослідження плодова культура є візитівкою Південного регіону України. Але, в умовах зміни погодних умов, антропогенного навантаження, політичними катаклізмами пов'язаними повномасштабним вторгненням та частковою анексією Запорізької області України узгодженість біохімічних процесів у плодах культури може бути порушена та потребує поглибленого аналізу показників якості. Особливих наукових зусиль потребує аналіз впливу абіотичних факторів довкілля на накопичення сухих розчинних речовин в плодах черешні. Виходячи з цього дослідження впливу погодних факторів на формування фонду сухих розчинних речовин в плодах черешні є актуальним питанням з огляду на прогнозування потенційної збереженості плодів черешні та її використання в безвідходному ланцюзі переробки плодової сировини та розбудови переробної галузі Запорізького краю в післявоєнний період.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженнями науковців встановлено, що для кожного сорту характерний певний, генетично обумовлений біохімічний склад [15, 16]. Висока дегустаційна оцінка плодів черешні обумовлена оптимальним вмістом сухих речовин. Більша частина сухих речовин представлена сухими розчинними речовинами. А саме це вуглеводи, кислоти, азотисті сполуки,



ферменти, розчинні форми пектинів та вітамінів, фенольні сполуки, мінеральні солі, тощо [17, 18].

Діапазон сухих розчинних речовин за даними українських і закордонних науковців становить 14,61–18,98 % [12, 15, 19].

Ряд дослідників акцентують увагу на тому, що рівень вмісту сухих речовин впливає на інтенсивність та спрямованість окисно-відновних процесів при зберіганні плодової продукції та обумовлює вибір режимних параметрів процесу їх переробки [10, 20].

Рівень накопичення сухих речовин може змінюватись під впливом ґрунтових і погодних умов, врожайності, ступеня стиглості плодів. На півдні України плоди найкращих сортів черешні містять 12,1...19,9 % сухих розчинних речовин, у центральній частині країни – всього 11,3...12,8% [4, 18, 21].

Іноземними вченими також було встановлено зміну біохімічного складу і маси плодів черешні сортів різних термінів досягання залежно від регіону вирощування [19, 23, 24].

Отже, рівень вмісту сухих розчинних речовин (СРР) у плодах черешні залежить від багатьох факторів. Проте, відзначається вирішальний вплив погодних параметрів. З огляду на це, питання прогнозування вмісту СРР у плодах черешні залежно від долі участі погодних факторів є актуальним для подальшого вдосконалення технології транспортування та переробки плодової сировини.

У багатьох наукових дослідженнях для аналізу ступеня впливу факторів на дослідний показник традиційно використовують регресійний та кореляційний аналізи. Однак, в умовах, коли кількість факторів для аналізу суттєво перевищує кількість експериментальних дослідів, застосовувати традиційні методи найменших квадратів для побудови регресійної моделі не можливо. Тому пропонується будувати модель методами факторного аналізу (метод головних компонент) [25].

Формулювання мети статті (постановка завдання). Метою досліджень було наукове обґрунтування впливу стресових погодних факторів на процес формування фонду СРР в умовах Південної степової підзони України та створення математичних моделей їх прогнозування для забезпечення подальшого збереження біологічної цінності плодової сировини у безвідходному циклі використання.

Для реалізації поставленої мети було необхідним вирішити наступні завдання (рис. 1).

Дослідження проводились впродовж 12 послідовних вегетаційних періодів з 2008 по 2009 рік. В ході експерименту використано метеорологічні данні, що надані метеостанцією м. Мелітополя, Україна.



Рис. 1. Завдання розробки математичної моделі прогнозування вмісту СРР у плодах черешні залежно від погодних факторів Півдня Степової зони України

Садівничі господарства регіону досліджень розташовано в Південній степовій підзоні України.

Для дослідження були обрані плоди черешні трьох термінів досягання (рис. 2).



Рис. 2. Модельні сорти, що взяті для дослідження

Плоди дослідної культури кожного помологічного сорту збирали у стані споживчої стиглості. На момент визначення показника якості плоди мали зовнішній вигляд та смак, властивий помологічному сорту.

Вибірка плодів для визначення вмісту СРР для кожного помологічного сорту становила 100 плодів які були зібрані з 6 дерев, що вступили в повне плодоношення. Дерев обрані для досліджень були типовими для певного помологічного сорту, одного віку, з середньою інтенсивністю плодоношення. Плоди зважували та рахували безпосередньо при збиранні [4].

Вміст СРР визначали рефрактометричним методом. Оцінка якості показника кожного помологічного сорту проводилась у 5-ти кратній повторності [26]. Відбір та підготовку проб до аналізів виконували за ДСТУ ISO 874-2002 [27]. Вміст СРР визначали рефрактометричним методом за ДСТУ ISO 2173:2007 [28].

Побудову моделей залежності формування фонду СРР черешні від погодних факторів проводили за схемою, що представлена на рис. 3.

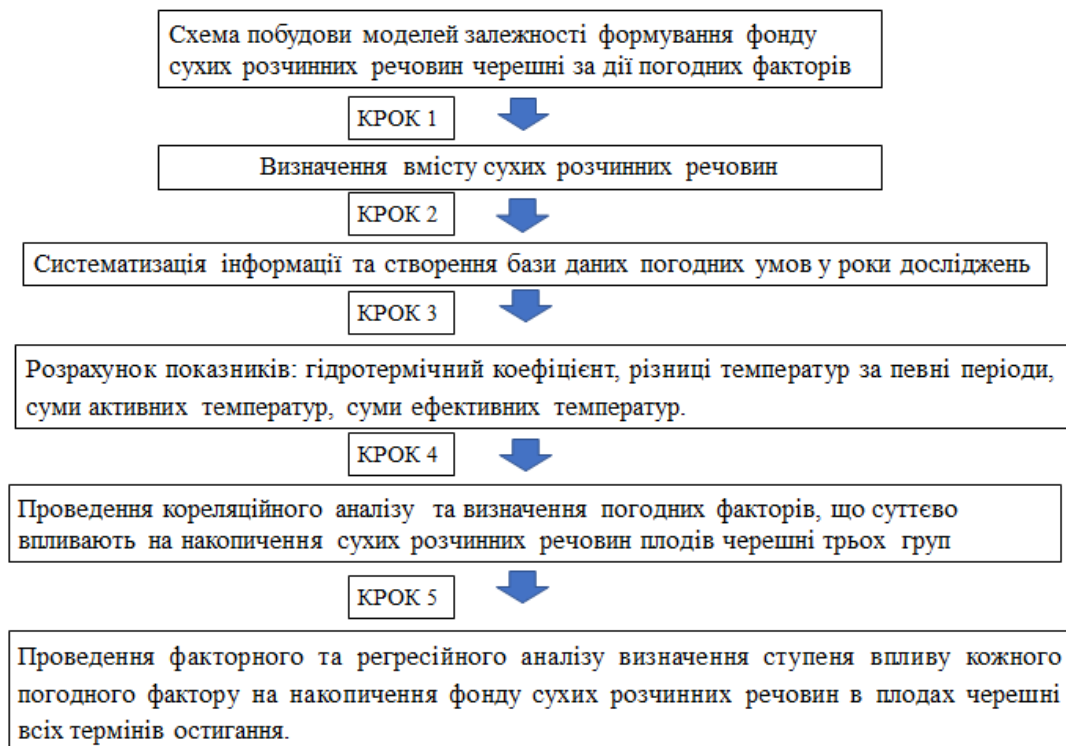


Рис. 3. Схема побудови моделей залежності формування фонду СРР черешні за дії погодних факторів

Для дослідження питання були застосовані такі інструменти статистичного аналізу як регресійний аналіз та факторіальний аналіз – метод головних компонент [25].

У зв'язку з тим, що кількість погодних факторів $x_j, j = 1..25$ у нашому випадку перевищує кількість спостережень (y_{1i}, y_{2i}, y_{3i} , де $i=1..12$ роки досліджень) застосувати класичну схему дослідження регресійного аналізу недоцільно. Так як в наших дослідженнях багато між факторних коефіцієнтів кореляції які близькі до ± 1 це каже про наявність ефекту мультиколеніарності у нашому випадку перевищує кількість спостережень (y_{1i}, y_{2i}, y_{3i} , де $i=1..12$ роки досліджень) застосувати класичну схему дослідження регресійного аналізу недоцільно. Так як в наших дослідженнях багато між факторних коефіцієнтів кореляції які близькі до ± 1 це каже про наявність ефекту

мультиколеніарності. Дослідження ступеня впливу кожного з факторів та виявлення найбільш впливових було проведено методом головних компонент. Метод головних компонент допоможе скоротити велику кількість перемінних за рахунок побудови штучних факторів (головних компонент – $PC_i, i = 1 \dots n$). Головні компоненти - лінійна комбінація вихідних факторів, x_i які не корелюють між собою. Визначають набір головних компонент, якій може виділити з перемінних максимальну дисперсію [25, 29].

Аналіз статистичних даних проводити за наступною схемою представленою на (рис. 4)

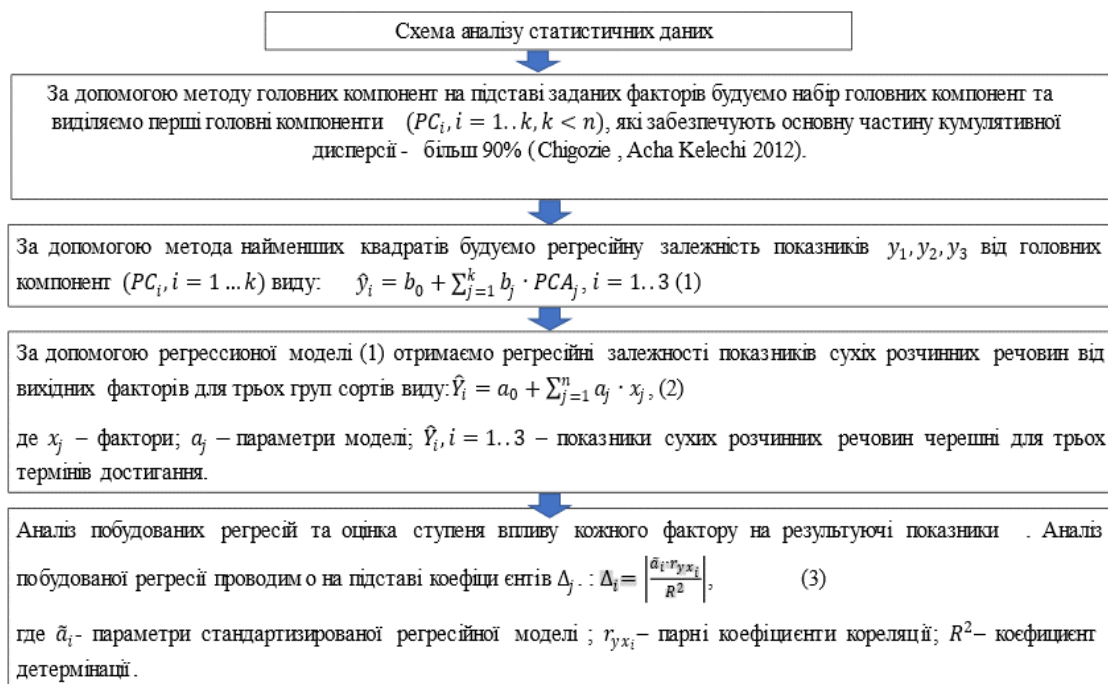


Рис. 4. Схема аналізу статистичних даних

Для виконання статистичного аналізу застосовували засоби сучасних комп'ютерних технологій Data Mining - програмне середовище RStudio.

Основна частина. Середній сортовий вміст СРР у плодах черешні 33 досліджених сортів, вирощених в умовах Південної степової підзони України, був на рівні 16,7%. Середній вміст СРР у плодах черешні групи сортів раннього терміну досягання знаходився на рівні 15,3% (рис. 5), тобто був на 8,4% нижчим порівняно з середнім сортовим значенням. У групи сортів раннього терміну досягання максимальний середній вміст СРР зафіксований у плодах черешні сорту Рубінова рання. Він був на рівні 16,8%.

У плодах черешні груп сортів середнього та пізнього термінів досягання середній вміст СРР перевищував середнє сортове значення

відповідно на 1,8 та 7,2% (рис. 6, 7). Серед сортів двох інших груп найбільшим середнім вмістом СРР характеризувалися плоди сортів Талісман та Дачниця, Крупноплідна та Удівительна. Вони накопичували 18,5–18,6% СРР.

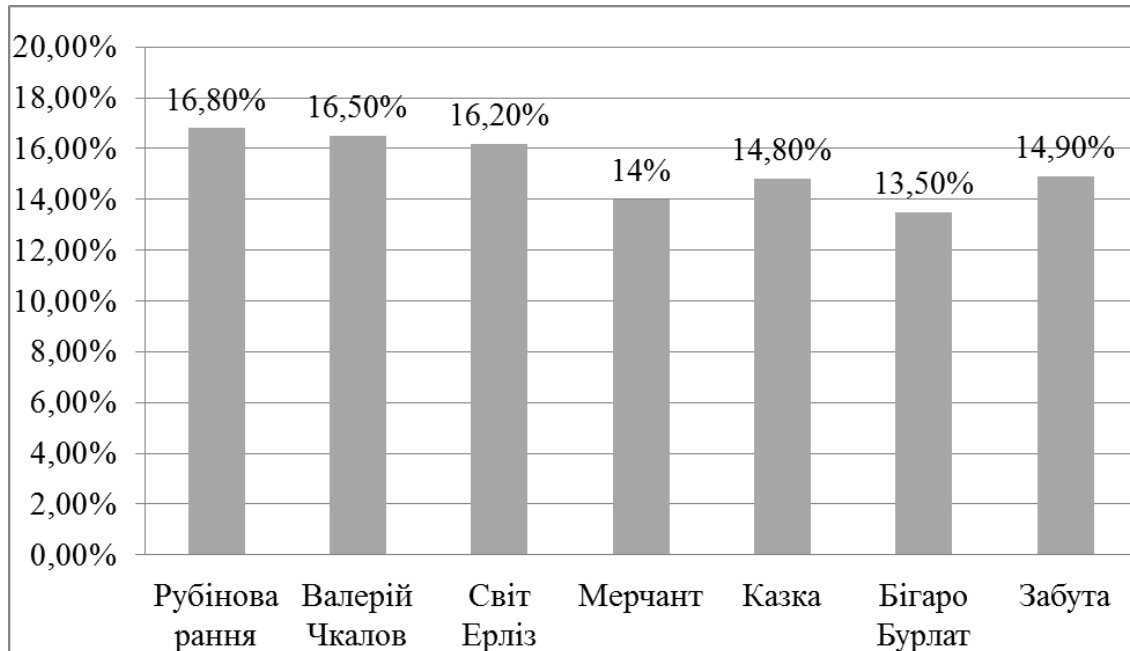


Рис. 5. Діаграма вмісту СРР у плодах черешні сортів раннього терміну досягання, % (2008 – 2019 рр.), $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$, n=5 (Примітка: середнє значення вмісту СРР у плодах черешні сортів раннього терміну досягання - 15,3%; НІР 05 – 0,416%)

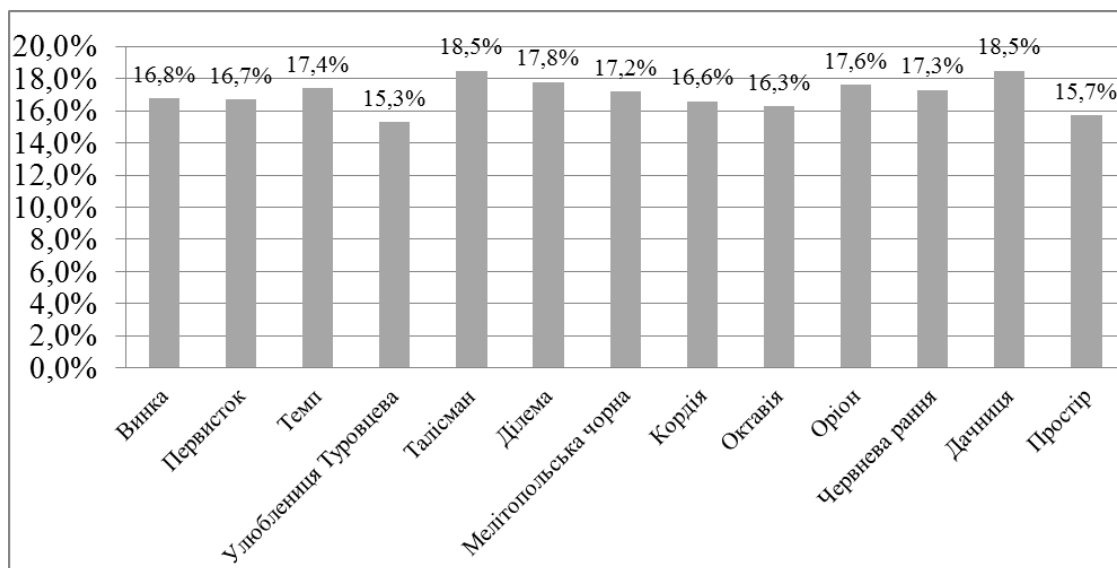


Рис 6. Діаграма вмісту СРР у плодах черешні сортів середнього терміну досягання, % (2008 – 2019 рр.), $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$, n=5 (Примітка: середнє значення вмісту СРР у плодах черешні сортів середнього терміну досягання - 17,0% ; НІР 05 – 0,455%)

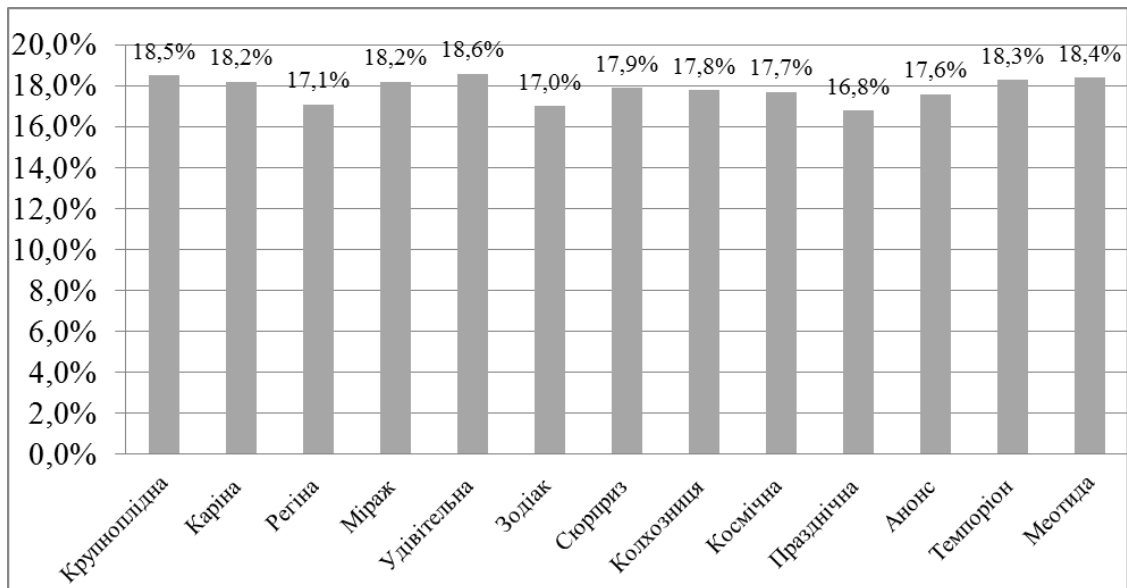


Рис 7. Діаграма вмісту СРР у плодах черешні сортів пізнього терміну достигання, % (2008 – 2019 рр.), $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$, $n=5$
(Примітка: середнє значення вмісту СРР у плодах черешні сортів пізнього терміну достигання - 17,9% ; $НІР_{05} = 0,635\%$)

З метою встановлення частки впливу погодних факторів та сортових особливостей на формування фонду СРР плодів черешні був проведений двох факторний дисперсійний аналіз. Його результатами встановлено, що для всіх груп сортів, незалежно від терміну достигання, домінуючий вплив на формування фонду СРР мали погодні умови років досліджень з частками впливу для сортів групи раннього терміну достигання – 74,5%, групи середнього терміну достигання – 61,9% і групи пізнього терміну достигання – 69,4%. Вплив сортових особливостей був менш вагомим. Більш детально отримані результати дослідження викладені у роботі [25, 29].

Таким чином, отриманими раніше результатами доведена доцільність прогнозування вмісту СРР у плодах черешні за середніми значеннями для визначеної групи сортів, а не окремо для кожного помологічного сорту.

У подальшому був проведений пошук наявності кореляційних зв'язків між показником накопичення фонду СРР в плодах черешні раннього (Y_1), середнього (Y_2), пізнього (Y_3) термінів достигання, та комплексом гідротермічних умов (факторів)– X_i .

Були відібрані 25 показників погодних факторів (X_i), які в досліджений вегетаційний період можуть суттєво впливати на накопичення СРР в плодах черешні раннього (Y_1), середнього (Y_2), пізнього (Y_3) термінів достигання (табл. 1). Це термічні показники повітря ($^{\circ}C$): середня температура травня (X_1), червня (X_2); абсолютна



мінімальна температура травня (X_3), абсолютна максимальна температура травня (X_4), червня (X_5), середня максимальна температура квітня (X_6), травня (X_7), червня (X_8); середня мінімальна температура травня (X_9), червня (X_{10}); сума ефективних температур більше 15°C за рік (X_{11}); різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами квітня (X_{12}); сума активних температур за вегетаційний період (X_{13}); середня температура при цвітінні (X_{14}); середня мінімальна температура при цвітінні (X_{15}); середня максимальна температура при цвітінні (X_{16}); гідротермічний коефіцієнт при цвітінні, в.о. (X_{17}); сума ефективних температур при цвітінні (X_{18}). Показники вологості повітря (%): середня відносна вологість повітря травня (X_{19}), червня (X_{20}); абсолютна мінімальна відносна вологість травня (X_{21}), червня (X_{22}), при цвітінні (X_{23}); середня мінімальна відносна вологість повітря при цвітінні (X_{24}), середня відносна вологість повітря при цвітінні (X_{25}). Для зазначених факторів визначена наявність слабого, середнього и міцного лінійного кореляційного зв'язку, про що свідчать значення парних коефіцієнтів кореляції між значеннями кожного фактору та результуючого показника $r_{Y_1 X_i}, r_{Y_2 X_i}, r_{Y_3 X_i}$. Згідно до перевірки гіпотези о значущості коефіцієнтів кореляції за критерієм Стьюдента при рівні значущості 0,05 значимі парні коефіцієнти кореляції знаходяться в межах $|r_{Y_j X_i}| \geq 0,55, i = 1..25, j = 1 \dots 3$.

Таким чином для ранніх та середніх сортів визначено 17, пізніх - 16 погодних факторів, для яких встановлена сильна та середня лінійна кореляційна залежність з показником, що аналізується.

Згідно схеми досліджень наведеній на (рис.4) отримана регресійна модель, яка характеризує залежність показника СРР (для $\hat{Y}_1, \hat{Y}_2, \hat{Y}_3$) від погодних факторів (в стандартизованих факторах \tilde{x}_i)

$$\begin{aligned} \hat{Y}_1 = & 11,9533 + 0,30626\tilde{x}_1 + 0,1346\tilde{x}_3 + 0,3707\tilde{x}_4 + 0,0446\tilde{x}_5 + \\ & 0,3397\tilde{x}_7 + 0,34266\tilde{x}_8 + 0,1195\tilde{x}_{10} - 0,0172\tilde{x}_{12} + 0,0980\tilde{x}_{14} - \\ & 0,3792\tilde{x}_{15} - 0,0345\tilde{x}_{16} + 0,1120\tilde{x}_{18} + 0,003184\tilde{x}_{19} - 0,0329\tilde{x}_{21} - \\ & 0,0190\tilde{x}_{22} - 0,3481\tilde{x}_{15} - 0,2086\tilde{x}_{24} - 0,2238\tilde{x}_{25} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \hat{Y}_2 = & 12,8530 + 0,2431\tilde{x}_1 + 0,1800\tilde{x}_3 + 0,0242\tilde{x}_4 + 0,2355\tilde{x}_5 \\ & + 0,1486\tilde{x}_7 + 0,2646\tilde{x}_8 + 0,2562\tilde{x}_{10} + 0,0838\tilde{x}_{12} \\ & - 0,0211\tilde{x}_{14} + 0,03209\tilde{x}_{15} 0,0676\tilde{x}_{16} - 0,6099\tilde{x}_{18} \\ & - 0,03234\tilde{x}_{19} - 0,0148\tilde{x}_{21} - 0,3914\tilde{x}_{22} + 0,09913\tilde{x}_{15} \\ & - 0,1986\tilde{x}_{24} - 0,1966\tilde{x}_{25} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\hat{Y}_3 = & 13,1095 + 0,0580\tilde{x}_1 + 0,3055\tilde{x}_2 + 0,0833\tilde{x}_3 + 0,1839\tilde{x}_6 \\ & - 0,0526\tilde{x}_7 + 0,0891\tilde{x}_8 + 0,3236\tilde{x}_9 + 0,0844\tilde{x}_{10} \\ & - 0,2534\tilde{x}_{11} + 0,1379\tilde{x}_{13} + 0,1245\tilde{x}_{17} - 0,0332\tilde{x}_{18} \\ & - 0,2331\tilde{x}_{20} - 0,2869\tilde{x}_{23} - 0,3914\tilde{x}_{22} + 0,09913\tilde{x}_{15} \\ & - 0,2207\tilde{x}_{24} - 0,2531\tilde{x}_{25}\end{aligned}$$

На підставі побудованих моделей для кожного фактору розраховані коефіцієнти $\Delta_i, i=1,25$ за формулою (3), Коефіцієнти Δ_i визначають частку кожного фактору в загальній дисперсії показника СРР.

Для сортів раннього та середнього термінів досягання Δ_i варіює в межах 0,12...16,06% (табл. 1).

Частка впливу фактору (Δ_i для плодів групи сортів пізнього терміну досягання)–0,84...13,98 % (табл. 2).

Для подальшого аналізу результатів досліджень фактори в залежності від значень коефіцієнтів $\Delta_i (i=1...25)$ було поділено на 3 групи.

До 1 групи відносяться фактори, що мають сильний вплив на накопичення СРР зі значенням $\Delta_i \geq 9,50\%$. Для сортів черешні раннього терміну досягання це середньомісячна, абсолютна максимальна, середня максимальна та мінімальна температури повітря травня та абсолютна мінімальна відносна вологість повітря травня (табл. 1)

Для плодів середнього терміну досягання це середньомісячна та середня мінімальна температури повітря травня, середня максимальна температура квітня, сума ефективних температур більше 15°C за рік та абсолютна мінімальна відносна вологість повітря травня (табл. 1).

Для плодів пізнього терміну досягання середньомісячна, середня максимальна та середня мінімальна температури червня, абсолютна мінімальна та середня відносна вологість повітря в період цвітіння (табл. 2).

До другої групи відносяться фактори, що мають середній вплив на накопичення СРР в плодах черешні зі значенням Δ_i від 2,00 % до 9,48 %.

До третьої відносяться інші фактори, що мають слабкий вплив на накопичення СРР зі значенням $\Delta_i \leq 2,00\%$, Сумарний відсоток долі впливу факторів цієї групи для групи сортів раннього терміну досягання становить – 5,3%, для сортів середнього терміну досягання -4,62%, для групи сортів пізнього терміну досягання – 4,18%.



Таблиця 1

Значення відносної частки впливу (Δ_i) комплексу погодно-кліматичних факторів (X_i) на накопичення фонду СРР для групи сортів черешні раннього та середнього термінів досягання

Умовне позначення фактору, (X_i)	Фактори	Частка впливу фактору (Δ_i) для груп сортів	
		рані	середні
X ₁	Середня температура травня, °С*	14,71%	13,02%
X ₃	Абсолютна мінімальна температура травня, °С	5,00%	8,17%
X ₄	Абсолютна максимальна температура травня, °С	14,23%	0,86%
X ₆	Середня максимальна температура квітня °С	1,26%	9,62%
X ₇	Середня максимальна температура травня, °С	16,06%	5,45%
X ₉	Середня мінімальна температура травня, °С	15,94%	14,18%
X ₁₁	Сума ефективних температур більше 15 °С за рік	4,58%	12,92%
X ₁₃	Сума активних температур за вегетаційний період, °С	-0,53%	3,84%
X ₁₄	Середня температура при цвітінні, °С	3,48%	-
X ₁₅	Середня мінімальна температура при цвітінні, °С	-0,87%	3,22%
X ₁₆	Середня максимальна температура при цвітінні, °С	2,83%	2,18%
X ₁₈	Сума ефективних температур при цвітінні, °С	0,12%	1,07%
X ₁₉	Середня відносна вологість повітря травня, %	0,83%	0,53%
X ₂₁	Абсолютна мінімальна відносна вологість повітря травня, %	0,57%	12,16%
X ₂₂	Абсолютна мінімальна відносна вологість повітря червня, %	9,54%	-
X ₂₄	Середня мінімальна відносна вологість повітря при цвітінні, %	6,84%	8,00%
X ₂₅	Середня відносна вологість повітря при цвітінні, %	-1,15%	1,33%

Примітка: * умовні позначення фактору (X_i) за їх нумерацією в загальних розрахунках.

Таким чином, на накопичення СРР у плодах черешні незалежно від терміну досягання найбільший вплив мають погодні умови останнього місяця формування плодів, Для сортів черешні раннього та середнього термінів досягання це погодні умови травня, пізнього – червня,



Таблиця 2

Значення відносної частки впливу (Δ_i) комплексу погодно-кліматичних факторів (X_i) на накопичення фонду СРР для групи сортів черешні пізнього терміну досягання

Умовне позначення фактору, (X_i)	Фактори	Частка впливу (Δ_i) в групі пізніх сортів
X ₁	Середня температура травня, °С*	1,87%
X ₂	Середня температура червня, °С	13,85%
X ₃	Абсолютна мінімальна температура травня, °С	2,98%
X ₅	Абсолютна максимальна температура червня, °С	8,02%
X ₆	Середня максимальна температура квітня °С	-1,47%
X ₇	Середня максимальна температура травня, °С	2,83%
X ₈	Середня максимальна температура червня, °С	13,98%
X ₉	Середня мінімальна температура травня, °С	3,11%
X ₁₀	Середня мінімальна температура червня, °С	9,49%
X ₁₂	Різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами квітня, °С	4,56%
X ₁₇	Гідротермічний коефіцієнт при цвітінні, в.о.	3,85%
X ₁₈	Сума ефективних температур при цвітінні, °С	0,84%
X ₂₀	Середня відносна вологість повітря червня, %	6,99
X ₂₃	Абсолютна мінімальна відносна вологість повітря при цвітінні, %	11,48
X ₂₄	Середня мінімальна відносна вологість повітря при цвітінні, %	7,94%
X ₂₅	Середня відносна вологість повітря при цвітінні, %	9,69%

Примітка: * умовні позначення фактору (X_i) за їх нумерацією в загальних розрахунках.

Висновки.

1. Виконано кореляційний аналіз між 25 погодними факторами (X_i) та вмістом СРР в плодах черешні раннього ($r_{Y_1 X_i}$), середнього ($r_{Y_2 X_i}$), пізнього ($r_{Y_3 X_i}$) термінів досягання. Визначена сильна та середня лінійна кореляційна залежність між 17 погодними факторами (X_i) та вмістом СРР для сортів черешні раннього, середнього термінів досягання та 16 параметрами клімату для сортів пізньої групи досягання ($|r_{Y_j X_i}| \geq 0,55, i = 1, \dots, 25, j = 1, \dots, 3$),



2. На основі методів факторного та регресійного аналізів побудовано лінійні регресійні моделі залежності накопичення фонду СРР від впливу погодних факторів для груп сортів раннього, середнього та пізнього термінів досягання,

3. На основі побудованих регресійних моделей виконано аналіз ступеня впливу погодних факторів на показник СРР шляхом розрахунку коефіцієнтів відносного впливу $\Delta_i, \%$. Найбільший вплив встановлений для групи температурних показників та показників вологості з максимальною долею участі $\Delta_i \geq 9,50\%$,

4. Математично обґрунтовано, що на накопичення СРР у плодах черешні незалежно від терміну досягання найбільший вплив мають погодні умови останнього місяця формування плодів. Для сортів черешні раннього та середнього термінів досягання це погодні умови травня, пізнього – червня.

Список використаних джерел

1. Di Matteo A., Russo R., Graziani G., Ritieni A., Di Vaio C. Characterization of autochthonous sweet cherry cultivars (*Prunus avium* L.) of southern Italy for fruit quality, bioactive compounds and antioxidant activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2016. № 97. P. 2782–2794. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8106>.

2. Gonçalves A. C., Campos G., Alves G., Garcia-Viguera C., Moreno D. A., Silva L. R. Physical and phytochemical composition of 23 Portuguese sweet cherries as conditioned by variety (or genotype). *Food Chemistry*. 2021. № 335. P. 27637. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127637>.

3. Papp N., Szilvássy B., Abrankó L., Szabó T., Pfeiffer P., Szabó Z., Nyéki J., Ercisli S., Stefanovits-Bányai É., Hegedűs A. Main quality attributes and antioxidants in Hungarian sour cherries: Identification of genotypes with enhanced functional properties. *International Journal of Food Science and Technology*. 2010. Vol. 45. P. 395–402. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02168.x>.

4. 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. № 9(18). P. 7–7.

5. Karagiannis E., Sarrou E., Michailidis M., Tanou G., Ganopoulos I., Bazakos C., Kazantzis K., Martens S., Xanthopoulou A., Molassiotis A. Fruit quality trait discovery and metabolic profiling in sweet cherry genebank collection in Greece. *Food Chemistry*. 2021. № 342. P. 128315. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128315>.

6. Кіщак О. А. Основи промислової культури черешні в Лісостепу України. Київ : Аграрна наука, 2017. 240 с.



7. Habib M., Bhat M., Dar B. N., Wani A. A. Sweet cherrios from farm to table: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017. № 57(8). P. 1638–1649. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1005831>.
8. Winkler A., Knoche M. Calcium and the physiology of sweet cherries: A review. *Scientia horticulturae*. 2019. № 245. P. 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.012>.
9. Polat A. A., Durgac C., Kamiloglu O. Determination of fruit quality parametes of sweet cherries grown in high elevation regions in Hatay, Turkey. *Acta Horticulturae*. 2009. № 795(2). P. 873–876. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.795.141>.
10. Hrotko K. Development of intensive orchard systems of stone fruit in Hungary. *Acta Horticulturae*. 2009. № 825. P. 23–30.
11. Blagov A., Christov. N., Sotirov D., Stoyanova A. Comparison of some new apple and sweet cherry cultivars under the environmental conditions of kyustendil, Bulgaria. *Acta Horticulturae*. 2009. № 825. P. 89–96. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.825.10>.
12. Ivanova I., Serdiuk M., Malkina V., Bandura I., Kovalenko I., Tymoshchuk T., Tonkha O., Tsyz O., Mushtruk M., Omelian A. The study of soluble solids content accumulation dynamics under the influence of weather factors in the fruits of cherries. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2021. Vol. 15. P. 350–359. <https://doi.org/10.5219/1554>.
13. Ivanova I., Serdiuk M., Tymoshchuk T., Bulygin S. & Moisiienko V. Assessment of sweet cherry fruit quality according to the requirements of the modern market. *Plant and Soil Science*. 2023. № 14(2). P. 21–32. <https://doi.org/10.31548/plant2.2023.21>.
14. Іванова І. Є., Сердюк М. Є., Тимощук 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>.
15. Radicevic S., Cerovic R., Mitrovic O., Gilisic I. Pomological characteristics and biochemical fruit composition of some Canadian sweet cherry cultivars. *Acta Horticulturae*. 2008. № 795(1). P. 283–286.
16. Іванова І. Є., Сердюк М. Є., Тимощук Т. М. Сортіві особливості накопичення фенольних речовин у плодах черешні в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 7(820). С. 32–39. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202107>.
17. Sansavini S., Lugli S. Sweet cherry breeding programs in Europe and Asia. *Acta Horticulture*. 2008. № 795. P. 41–58, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.795.1>.
18. Сердюк М. Є., Іванова І. Є., Малкіна В. М., Кривонос І. А., Тимощук Т. М., Євстафієва К. С. Формування сухих розчинних речовин у плодах черешні під впливом абіотичних факторів. *Scientific*



Horizons. 2020. № 3(88). С. 127–135. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-88-3-127-135>.

19. Cittadini E. D., Keulen van H., Ridder de N., Peri P. L., Rodriguez M. J. Fruit Dry Weight and quality of 'Bing' sweet cherries grown without Source Limitations. *Acta Horticulturae*. 2008. № 795(2). P. 639–644. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.795.99>.

20. Basanta M. F., Ponce N. M. A, Salum M. L., Rafo M. D., Vicente A. R., Erra-Balsolls R., Stort C. A. Compositional changes in cell wall polysaccharides from five sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars during on-tree ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014. № 62 (51). P. 12410–12427. <https://doi.org/10.1021/jf504357u>.

21. Slavin J., Lloyd B. Health benefits of fruits and vegetables. *International Review Journal*. 2012. № 3(4). P. 506–516. <https://doi.org/10.3945/an.112.002154>.

22. Chen L., Wu Y., Cheng H., Li Y., Zhao Y. A new middle ripening sweet cherry cultivar 'Linglongcui'. *Acta Horticulturae Sinica*. 2018. № 45 (7). P. 1419–1420. <https://doi.org/10.16420/j.issn.0513-353x.2017-0895>.

23. Maglakelidze E., Bobokasvili Z., Kakashvili V., Tsigriasvili L. Biological and agricultural properties of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars in Georgia. *International Journal of Science and Research*. 2017. № 6(9). P. 796–803.

24. Ivanova I., Serdiuk M., Tymoshchuk T., Havryliuk O., Tonkha V. Dynamics of the average fruit weight and the ratio of kernels to pulp in cherry fruits grown in the Southern Steppe zone of Ukraine. *Plant and Soil Science*. 2022. № 13(3). P. 27–37. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(3\).2022.27-37](https://doi.org/10.31548/agr.13(3).2022.27-37).

25. Chigozie A. K. Regression and Principal Component Analyses: a Comparison Using Few Regressors. *American Journal of Mathematics and Statistics*. № 2(1). P. 1–5. <https://doi.org/10.5923/j.ajms.20120201.01>.

26. Дослідницький практикум. Ч. 1. Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти / М. Є. Сердюк., О. П. Прісс, Н. А. Гапріндашвілі та ін. Мелітополь : Люкс, 2020. 370 с.

27. ДСТУ ISO 874-2002. Фрукти та овочі свіжі. Відбір проб [Чинний від 2003-01-10]. Київ, 2002. 5 с. (Інформація та документація).

28. ДСТУ ISO 2173:2007 Продукти з фруктів та овочів. Визначення розчинних сухих речовин рефрактометричним методом (ISO 2173:2003, IDT). [Чинний від 2009-01-01]. Київ, 2010. 7 с. (Інформація та документація).

29. 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.
<https://doi.org/10.2991/msetasse-15.2015.255>.

Стаття надійшла до редакції 05.04.2024 р.

**I. Ivanova¹, M. Serdyuk², T. Tymoshchuk³, I. Kryvonos¹, V. Malkina¹,
S. Basanets¹, Ya. Pendrak¹**

¹ **Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University**

² **National university of life and environmental sciences of Ukraine**

³ **Polissia National University**

STUDYING THE SHARE OF INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS ON THE ACCUMULATION OF DRY SOLUBLE SUBSTANCES IN CHERRY FRUITS USING THE PRINCIPAL COMPONENTS METHOD

Summary

Sweet cherry is a leading fruit crop in the Southern region of Ukraine. Weather conditions can both induce stressful phenomena and disrupt the coherence of biochemical processes in the fruit of the crop, and increase the accumulation of quality indicators. Abiotic environmental factors during the formation of sweet cherry fruit have a decisive influence on the accumulation of dry soluble substances. The study of the influence of weather factors on the formation of the fund of dry soluble substances in sweet cherry fruits is an urgent issue in view of predicting the potential preservation of sweet cherry fruits and its use in the waste-free chain of processing of fruit raw materials. The aim of the research was to develop a mathematical model for predicting the content of dry soluble substances in sweet cherry fruits depending on weather factors in the Southern Steppe zone of Ukraine to ensure further preservation of the biological value of fruit raw materials. The study of dry soluble substances content was carried out in the fruits of 33 varieties of sweet cherries of early, medium and late ripening from 2008 to 2019. Factor, correlation, and regression analyses were conducted and the principal components method was used. The coefficients of pairwise correlation between 25 weather and climatic factors and the content of dry soluble substances in sweet cherry fruits of early, middle, and late ripening were analysed. A strong and medium linear correlation between 17 weather and climatic factors and the content of dry soluble substances for sweet cherry varieties of early, medium ripening and 16 climate parameters for varieties of late ripening was determined. On the basis of factor and regression analyses, a linear regression model of the dependence of the accumulation of the fund of dry soluble substances on the influence of climatic factors for groups of varieties of 3 ripening periods was built. On the basis of the built regression models, the degree of influence of weather factors on the fruit quality index was analysed by calculating the coefficients of relative influence Δ_i . The greatest influence was established for the group of temperature and humidity indicators with the maximum share of participation $\Delta_i \geq 9.50\%$. It is mathematically substantiated that the accumulation of dry soluble substances in sweet cherry fruits, regardless of the ripening period, is most influenced by the weather conditions of the last month of fruit formation. For early and medium-ripening cherries, these are the weather conditions of May, and for late-ripening cherries are the weather conditions of June.

Keywords: sweet cherry fruit, dry soluble substances, ripening time, weather and climatic factors, principal components method, factor analysis.