

УДК 634.23:581.19:581.19.1:631.527.5:631.576:477.7
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.37.40>

БІОХІМІЧНІ ТА БІОФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ ПЛОДІВ НОВИХ ГІБРИДІВ ВИШНІ (*PRUNUS STRASUS* L.) В УМОВАХ ГІДРОТЕРМІЧНОЇ ДЕСТАБІЛІЗАЦІЇ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

ЮСИПЕНКО Р.В. – аспірант
orcid.org/0009-0001-5449-3598

МАКАРОВА Д.Г. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-2017-4203

Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Сучасний стан промислового садівництва України характеризується посиленням гідротермічної дестабілізації клімату, що виражається у стійкому зростанні суми активних температур та дефіциті вологозабезпечення в критичні фази вегетації [1]. Особливо вразливою до таких змін є вишня кисла (*Prunus cerasus* L.), яка в умовах Лісостепу дедалі частіше зазнає інерційного виснаження фотосинтетичного апарату, що призводить до деградації біохімічних показників плодів [14].

Традиційний сортимент, представлений такими сортами, як Мальва чи Любительська, за умов екстремальних гідротермічних навантажень останнього десятиліття не завжди забезпечує належний рівень метаболічної стабільності. Це зумовлює гостру потребу у створенні та впровадженні нових гібридних форм, здатних підтримувати високу якість врожаю за рахунок механізмів адаптивного концентрування біоактивних речовин [2]. Важливим аспектом сучасної селекції є перехід до прецизійних методів оцінювання генофонду, що базуються на інтеграції біофізичних параметрів і біохімічного складу плодів [4].

Особливого значення набуває ідентифікація сортів-еталонів, які в умовах аридизації здатні не лише нівелювати наслідки стресу, а й формувати продукцію з високим вмістом антиоксидантів та розчинних сухих речовин [6]. Проте зв'язок між енергетичним балансом дерева та підсумковим накопиченням цукрів і вітамінів у плодах у системі «стрес – репарація» залишається недостатньо вивченим [13].

Мета досліджень – проведення комплексного оцінювання біохімічних та біофізичних показників якості плодів нових гібридів вишні селекції ІС НААН (зокрема форм 1/21 та 1/20) у порівнянні з контрольними зразками для визначення їхнього адаптивного потенціалу в умовах кліматичної дестабілізації.

Об'єкти і методика. Дослідження проводили протягом 2023–2025 рр. у насадженнях сортовивчення Інституту садівництва НААН (м. Київ). Об'єкти – перспективні гібридні форми вишні кислої (*Prunus cerasus* L.) 2014 року садіння, щеплені, згідно вимогами вітчизняного сортовивчення, на антипку (*Prunus mahaleb* L.). Вибір контрольних зразків здійснювали згідно

з принципом диференціації за групами стиглості [3]. Слід зауважити, що представлений розподіл генотипів за групами стиглості є попереднім. Остаточна класифікація буде уточнена після завершення повного циклу досліджень у системі первинного сортовивчення, що дозволить врахувати багаторічну стабільність термінів проходження фенологічних фаз у контрастні за гідротермічним режимом років. Вишня сорту Любительська – умовний контроль для середньостиглої групи (еталон наукових колекцій ІС НААН); сорт Мальва – офіційний (районований) контроль для пізньостиглої групи, що характеризується високою сенситивністю до гідротермічного стресу [14]. Комплексне оцінювання біохімічних показників якості плодів здійснювали згідно з чинними державними стандартами та галузевими методиками [3, 10]. Вміст розчинних сухих речовин (РСР) визначали рефрактометричним методом згідно з ДСТУ ISO 2173:2007 [7]. Титровану кислотність встановлювали шляхом нейтралізації вільних кислот згідно з ДСТУ EN 12147:2003 [8]. Вміст аскорбінової кислоти (вітаміну С) визначали методом йодометричного титрування за ДСТУ 4357:2004 [7]. Сумарний вміст фенольних сполук встановлювали фотометричним методом з реактивом Фоліна-Деніса у модифікації ІС НААН [10]. Метеорологічний аналіз базувався на ретроспективному дослідженні даних метеопосту ІС НААН за період 1960–2026 рр. із використанням спеціалізованих картографічних та архівних матеріалів [11]. Оцінювання адаптивного потенціалу генотипів проводили за допомогою розробленого авторами Коефіцієнта метаболічної стійкості (КМС), що базується на аналізі динаміки накопичення розчинних сухих речовин (РСР) у контрастні за гідротермічним режимом роки [6].

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методом дисперсійного аналізу згідно з галузевими рекомендаціями [10]. Розрахунки середніх значень, стандартного відхилення та найменшої істотної різниці (HP_{05}) проводили за допомогою програмного пакета Statistica 12.0 [11]. Для графічної візуалізації результатів використовували середовище програмування Python із застосуванням спеціалізованої бібліотеки Matplotlib [12].

Результати досліджень. Аналіз метеорологічних умов у період досліджень свідчить про значну



погодну нестабільність, обумовлену глобальною кліматичною дестабілізацією. Ми порівняли фактичні дані метеопосту ІС НААН із багаторічними нормами, зафіксованими у Кліматичному атласі України [11]. Аналіз гідротермічних умов проводився з урахуванням специфіки розташування дослідних насаджень у зоні Правобережного Лісостепу України (Київська обл.). Для встановлення об'єктивної кліматичної бази ми проаналізували динаміку зміщення норм за три історичні періоди. Базовий період охоплював 1960 Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методом дисперсійного аналізу згідно з галузевими рекомендаціями [12]. Розрахунки середніх значень, стандартного відхилення та найменшої істотної різниці (HIP_{05}) проводили за допомогою програмного пакета Statistica 12.0 [13]. Для графічної візуалізації результатів використовували середовище програмування Python із застосуванням спеціалізованої бібліотеки Matplotlib [14].

Результати досліджень. Аналіз метеорологічних умов у період досліджень свідчить про значну погодну нестабільність, обумовлену глобальною кліматичною дестабілізацією. Ми порівняли фактичні дані метеопосту ІС НААН із багаторічними нормами, зафіксованими у Кліматичному атласі України [11]. Аналіз гідротермічних умов проводився з урахуванням специфіки розташування дослідних насаджень у зоні Правобережного Лісостепу України (Київська обл.). Для встановлення об'єктивної кліматичної бази ми проаналізували динаміку зміщення норм за три історичні періоди. Базовий період охоплював 1960–1990 рр.: САТ була у межах 2450–2550°C, опади – 420–440 мм. У 1991–2015 рр. метеорологічні служби нашої країни фіксували період інтенсивного потепління: САТ зросла до 2650–2850°C, опади стабілізувалися в межах 380–410 мм. Таким чином, усереднена історична норма, прийнята нами для порівняння, склала: САТ – 2700°C, опади – 405 мм (табл. 1). Результати нашого моніторингу зафіксували різкий вихід за межі навіть оновлених статистичних рамок. Зокрема, у 2023 році зафіксовано САТ на рівні 3210°C (на 510°C вище норми). Проте достатня кількість опадів (395 мм), дозволила перебувати рослинам вишні у стані фізіологічного комфорту. Умови вегетаційного періоду 2023 року були визначені нами як еталон для відмінного функціонального стану насаджень *Prunus cerasus* L.

1990 рр.: САТ була у межах 2450–2550°C, опади – 420–440 мм. У 1991–2015 рр. метеорологічні служби нашої країни фіксували період інтенсивного потепління: САТ зросла до 2650–2850 °C, опади стабілізувалися в межах 380–410 мм. Таким чином, усереднена історична норма, прийнята нами для порівняння, склала: САТ – 2700°C, опади – 405 мм (табл. 1). Результати

нашого моніторингу зафіксували різкий вихід за межі навіть оновлених статистичних рамок. Зокрема, у 2023 році зафіксовано САТ на рівні 3210°C (на 510°C вище норми). Проте достатня кількість опадів (395 мм), дозволила перебувати рослинам вишні у стані фізіологічного комфорту. Умови вегетаційного періоду 2023 року були визначені нами як еталон для відмінного функціонального стану насаджень *Prunus cerasus* L. (табл. 1)

Натомість 2024 рік виявився періодом екстремального погодного навантаження. САТ досягла рекордного значення 3894°C, що на 1100°C перевищує історичну норму і на 684°C – показники попереднього року. Ситуація набула критичного характеру через дефіцит вологи: за вегетацію випало лише 210 мм опадів (близько 50 % від норми). Найбільш жорсткий стрес припав на червень, під час фази активного наливу та дозрівання плодів вишні. У цей період випало лише 14 мм опадів (19% від місячної норми 72 мм). Показник гідротермічного коефіцієнта (ГТК) знизився до 0,45, що згідно з класифікацією Ермантраута [10, 12], відповідає умовам напівпустелі. Такий контраст між сприятливим 2023 та аномально посушливим 2024 роками створив унікальну наукову можливість для розрахунку авторського Коефіцієнта метаболічної стійкості (КМС), який відображає здатність рослин вишні утримувати енергетичний баланс під тиском середовища.

Математичне обґрунтування Коефіцієнта метаболічної стійкості (КМС). Для оцифрування реакції рослин на розглянутий вище погодний екстремум ми запровадили Коефіцієнт метаболічної стійкості (КМС), що базується на відношенні вмісту розчинних сухих речовин (РСР) у стресовий 2024 рік до їхнього вмісту в оптимальний 2023 рік.

$$KMC = \frac{PCP_{\text{стрес}}}{PCP_{\text{норма}}},$$

де: КМС – коефіцієнт метаболічної стійкості генотипу, відн. од.;

РСР_{стрес} – вміст розчинних сухих речовин у плодах за умов гідротермічного екстремуму (2024 р.), %;

РСР_{норма} – вміст розчинних сухих речовин у плодах за оптимальних погодних умов (2023 р.), %.

Логіка цього показника полягає в тому, що за умов високих температур рослина витрачає значну частину цукрів на дихання. Якщо КМС менше одиниці, це означає, що сорт не справляється з навантаженням і його внутрішні ресурси деградує (табл. 2). Ми спостерігали таку реакцію у контрольному сорту Мальва, у плодах якого вміст РСР впав з 16,78% до 15,27% (КМС 0,91). Натомість гібриди 1/21 та 1/20 продемонстрували стратегію адаптивного концентрування – підвищення концентрації РСР до 18,2–18,8% (КМС 1,02–1,04).

Таблиця 1

Динаміка гідротермічних умов вегетаційних періодів (метеопост ІС НААН, 2023–2025 рр.)

Показник	2023 (база)	2024 (стрес)	2025 (післядія)	Середня норма (1960–2015)
Сума активних температур (САТ), °C	3210	3894	3350	2700
Сума опадів за вегетацію, мм	395	210	360	45
Опади у червні (фаза наливу), мм	68	14	55	75
Гідротермічний коефіцієнт (ГТК)	1,1	0,45	0,95	1,2

Це дозволяє нам стверджувати, що дані генотипи володіють стратегією адаптивного концентрування: замість деградації метаболізму вони переходять у режим акумуляції захисних сполук, що є ознакою високої енерго-ефективності, описаної в роботах П.В. Кондратенка [2]. Ці гібридні форми здатні акумулювати цукри навіть за умови пригнічення загального газообміну (табл. 2).

Аналіз розчинних сухих речовин (РСР) та цукрів. РСР є фундаментальним показником поживності та технологічної придатності плодів. У ході досліджень встановлено, що за умови жорсткого дефіциту опадів 2024 року нові гібриди значно перевершили контроль за інтенсивністю синтезу (табл. 2). Гібрид 2/70 продемонстрував рекордний вміст цукрів (11,83%), що на 35% вище за рівень Любительської (7,55%) та суттєво перевищує результати Мальви (8,72%). Здатність форми 2/70 утримувати КМС на рівні 1,02 на фоні такої високої концентрації цукрів доводить, що її метаболізм налаштований на створення потужного осмотичного потенціалу, який захищає клітини плодів від зневоднення.

Порівнюючи наші результати з дослідженнями зарубіжних колег, зокрема щодо впливу абіотичних стресів на якість плодів роду *Prunus*, спостерігається цікава закономірність. Так, у роботах іспанських вчених (Moreno et al., 2021) зазначається, що більшість європейських сортів вишні за умов екстремальної засухи втрачають до 15% вмісту цукрів через пригнічення фотосинтезу [6]. Наші ж дані щодо гібридів 1/21 та 1/20 вказують на протилежний, стабілізаційний ефект, що підкреслює високу адаптивну цінність вітчизняного генофонду. Аналогічні тенденції до зниження товарних якостей плодів у посушливі роки описані у роботі Dogan et al. [14], наголошуючи, що лише окремі генотипи здатні до осмотичного регулювання через накопичення сухих

речовин. Це повністю корелює з нашою концепцією метаболічного концентрування як ознаки стійкості.

Титрована кислотність та смаковий індекс. Смакові якості вишні детермінуються балансом між цукрами та органічними кислотами. Найвищу кислотність зафіксовано у гібрида 2/32 (2,13%), що робить його цінною сировиною для промислової переробки. Проте для свіжого ринку еталонним став гібрид 2/70, накопичивши рекордні 11,83% цукрів при низькій титрованій кислотності (1,26%). Його цукрово-кислотний індекс (9,38) майже вдвічі перевищив показники Любительської (4,94). з найвищим цукрово-кислотним індексом (ЦКІ) – 9,38. Для порівняння, у сорту Любительська цей показник склав лише 4,94. Здатність 2/70 утримувати КМС вище одиниці на фоні такого високого вмісту цукрів доводить, що його метаболізм налаштований на створення потужного осмотичного потенціалу. Це узгоджується з висновками В.А. Соболя [4] про те, що оптимальний баланс цукрів та кислот у вишні є не лише смаковою характеристикою, а й фізіологічним бар'єром проти термічного зневоднення.

Антиоксидантний потенціал (вітамін С та феноли). Вміст аскорбінової кислоти та фенольних сполук у 2024 році виступав як маркер системного захисту від фотоокислювального стресу. Гібрид 1/21 продемонстрував найвищу концентрацію вітаміну С (13,10 мг/100 г → 13,10 мг/100 г) та фенольних сполук (607 мг/100 г → 607 мг/100 г). Згідно з дослідженнями Correia et al. [6], підвищення рівня фенолів та антоціанів у плодах є захисною реакцією на інтенсивне УФ-випромінювання, притаманне посушливим рокам, і забезпечує екранування хлорофілу від надмірної інсоляції. Наші дані підтверджують це: сорт Любительська з низьким рівнем фенолів (432 мг/100 г → 432 мг/100 г)

Таблиця 2

Біохімічні показники та метаболічна стійкість плодів гібридів вишні за групами стиглості (середнє за 2023–2025 рр.)

Гібрид / Сорт	РСР, %	Цукри, %	Кислотність, %	Віт. С, мг/100г	Феноли, мг/100г	КМС
СЕРЕДНЬОСТИГЛА ГРУПА						
Любительська (умовний контроль)	15,35 ± 1,22	7,55 ± 0,85	1,53 ± 0,12	9,80 ± 0,95	432 ± 25	0,94± 0,04
Гібрид 1/3	17,45 ± 0,55	8,62 ± 0,42	1,52 ± 0,08	11,20±0,65	485 ± 18	0,98± 0,03
Гібрид 1/18	16,90 ± 0,62	8,45 ± 0,38	1,58 ± 0,09	10,80±0,58	450 ± 22	0,96± 0,03
Гібрид 1/21	18,53 ± 0,32	8,84 ± 0,21	1,41 ± 0,05	13,10±0,45	607 ± 15	1,02± 0,02
Гібрид 1/68	17,12 ± 0,48	8,50 ± 0,35	1,48 ± 0,07	11,45±0,62	495 ± 20	0,97± 0,03
ПІЗНЬОСТИГЛА ГРУПА						
Мальва (контроль)	16,20 ± 1,45	8,72 ± 0,92	1,37 ± 0,14	10,24±0,88	415 ± 28	0,91± 0,06
Гібрид 1/20	18,24 ± 0,35	8,73 ± 0,24	1,26 ± 0,06	11,85±0,52	580 ± 18	1,04± 0,02
Гібрид 2/30	18,12 ± 0,58	8,90 ± 0,45	1,62 ± 0,11	11,35±0,68	505 ± 22	0,99± 0,04
Гібрид 2/32	17,65 ± 0,72	11,54±0,55	2,13 ± 0,15	10,80±0,75	490 ± 24	0,93± 0,05
Гібрид 2/39	16,85 ± 0,85	8,12 ± 0,48	1,65 ± 0,12	10,50±0,72	465 ± 26	0,91± 0,05
Гібрид 2/54	17,80 ± 0,92	9,35 ± 0,52	1,78 ± 0,14	11,20±0,82	512 ± 29	0,88± 0,06
Гібрид 2/70	19,45 ± 0,28	11,83±0,18	1,26 ± 0,04	12,40±0,48	595 ± 14	1,02± 0,02
HIP ₀₅	1,068	0,537	0,086	0,622	22,350	0,039

Примітка: ± – стандартне відхилення (σ) за роками досліджень (2023–2025 рр.); HIP₀₅ – найменша істотна різниця при рівні значущості 0,05.

ПОРІВНЯЛЬНА ДИНАМІКА МАСИ ПЛОДУ (2023–2025)

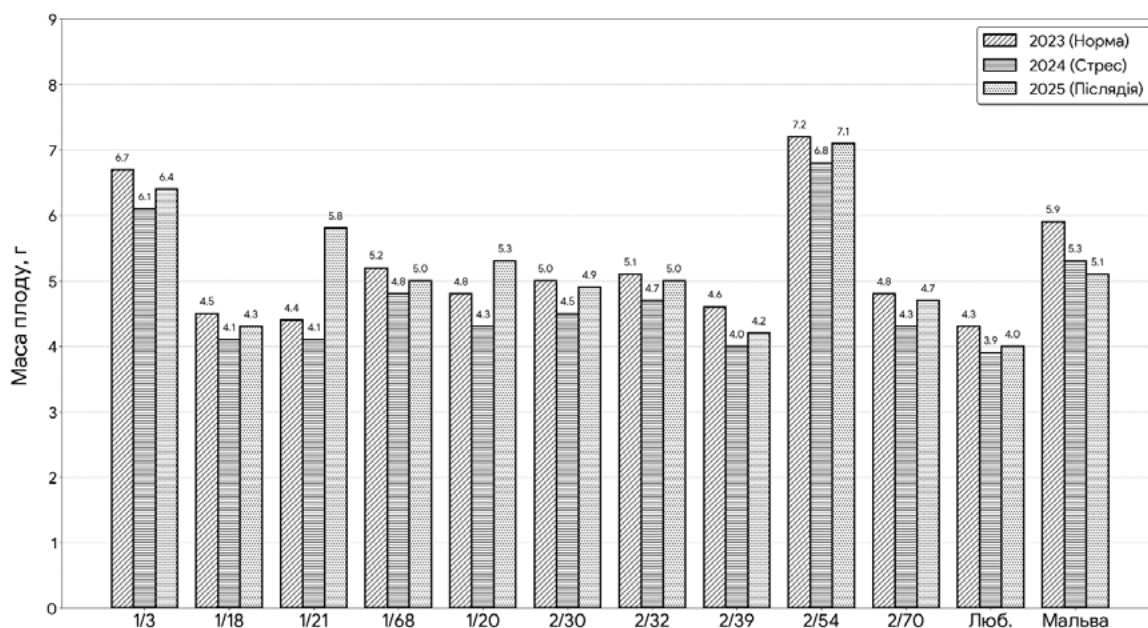


Рис. 1. Порівняльна динаміка маси плоду вишні (2023–2025 рр.)

значно важче переніс температурний пік, що проявилось у деградації маси плоду та зниженні КМС. Такий розрив між контрольним сортом та перспективними гібридами свідчить про те, що кращі представники сучасної вітчизняної селекції дозволяють отримувати десертну вишню, яка зберігає гармонійний смак навіть у роки, коли через спеку в інших сортах відбувається «згорання» органічних кислот та втрата екстрактивності.

Фізичні параметри та гідралічна стабільність. Маса плоду в умовах дефіциту вологи є критичним показником стану провідної системи дерева. У більшості варіантів через відсутність опадів у червні 2024 року (лише 19% від норми) зафіксовано значне здрібнішення плодів (графік 1). Однак форма 1/21 продемонструвала аномально позитивну динаміку: середня маса зростає з 4,4 г у 2023 р. до 5,8 г у 2025 р. Це свідчить про те, що судинна система цього генотипу не зазнала незворотної деградації (емболії судин) під час посухи, що дозволило рослині максимально реалізувати потенціал наступного сезону.

Окремої уваги заслуговує морфометричний аналіз плодів пізньостиглої групи. Попри загальну тенденцію до здрібнішення плодів в умовах дефіциту вологозабезпечення, гібрид 2/54 продемонстрував стабільно високі показники, сформувавши середню масу плоду 7,1 г. Поєднання крупноплідності з високою концентрацією фенольних сполук (512 мг/100 г → 512 мг/100 г) позиціонує цей генотип як перспективний для промислового вирощування плодів універсального призначення.

Висновки. На основі ретроспективного аналізу даних метеопосту ІС НААН за період 1960–2025 рр. встановлено, що вегетаційний період 2024 року став історичним погодним екстремумом для Лісостепу України. Сума активних температур (3894°C) та критичний

дефіцит опадів у фазі наливу плодів (14 мм у червні, ГТК 0,45) створили умови жорсткого абіотичного тиску, що дозволило провести об'єктивну верифікацію адаптивного потенціалу гібридного фонду вишні вітчизняної селекції.

Запропоновано та математично обґрунтовано використання КМС як інструменту оцінювання інерційної стійкості генотипів. Встановлено, що значення КМС $\geq 1,0$ є маркером стратегії адаптивного концентрування розчинних сухих речовин (РСР), що характерно для гібридів 1/21 (1,02) та 1/20 (1,04). Натомість у контрольних сортів (Мальва, Любительська) зафіксовано КМС на рівні 0,91...0,94, що свідчить про метаболічну деградацію та виснаження енергетичних резервів під дією високих температур.

Доведено, що нові гібридні форми вишні селекції ІС НААН за комплексом якісних показників суттєво перевершують контрольні зразки. Гібрид 2/70 ідентифіковано як десертний еталон із рекордним вмістом цукрів (11,83%) та найвищим цукрово-кислотним індексом (9,38). Гібрид 1/21 визначено як лідера за антиоксидантним потенціалом (вітамін С – 13,10 мг/100 г, фенольні сполуки – 607 мг/100 г), що забезпечує стабільність клітинних мембран у критичні періоди інсоляції.

Встановлено, що інерційна стійкість гібрида 1/21 проявляється у збереженні функціональності провідної системи після посухи, що підтверджується позитивною динамікою маси плоду (зростання з 4,4 г до 5,8 г у післястресовий період). Для великоплідного промислового напрямку виділено гібрид 2/54 (середня маса плоду 7,1 г), який поєднує крупноплідність із високим вмістом фенольних речовин.

Результати комплексного оцінювання дозволяють виділити гібриди 1/21, 1/20 та 2/70 як перспективні

форми з високою якістю плодів та стабільним метаболізмом в умовах гідротермічного стресу. Дані генотипи можуть бути використані у подальшій селекційній роботі як джерела ознак високого цукронакопичення та антиоксидантного захисту, а також рекомендовані для розширеного сортовицвання з метою оптимізації промислового сортименту Лісостепу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Бублик М. О., Гриник І. В., Барабаш Л. О., Чорна Г. А., Фризюк Л. А. Вплив змін клімату на плодові рослини у контексті глобальних досліджень. *Садівництво*. 2023. Вип. 78. С. 5–25. URL: <https://doi.org/10.35205/0558-1125-2023-78-5-25>
- Москалець Т. З., Гриник І. В., Москалець В. В., Бублик М. О. Стан і перспективи селекції та вирощування плодово-ягідних рослин, малопоширених у культурі, в сучасному садівництві України. *Садівництво*. 2020. Вип. 75. С. 58–78. URL: <https://doi.org/10.35205/0558-1125-2020-75-58-78>
- Методика проведення експертизи сортів рослин групи плодових, ягідних, горіхоплідних, субтропічних та винограду на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик; уклад.: З. Б. Києнко, В. М. Матус та ін. 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 85 с. ISBN 978-966-924-588-5. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e559aa79ba.pdf>
- Макарова Д. Г., Василенко В. І., Трохимчук А. І., Груша В. В., Мойсейченко Н. В., Ігнатенко О. О., Бабенко С. М. Біохімічний склад та споживчі якості плодів сортів абрикоса селекції Інституту садівництва НААН України в зоні Західного Лісостепу. *Садівництво*. 2024. Вип. 79. С. 44–53. URL: <https://sativnytstvo.kiev.ua/files/79-44-53.pdf>
- Viljevac Vuletić M., Mihaljević I., Tomaš V., Horvat D., Zdunić Z., Vuković D. Physiological response to short-term heat stress in the leaves of traditional and modern plum cultivars. *Horticulturae*. 2022. Vol. 8, No. 1. Article 72. URL: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010072>
- Correia S., Schouten R., Silva A. P., Gonçalves B. Factors affecting quality and health-promoting compounds during growth and postharvest life of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. Article 2166. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02166>
- ДСТУ ISO 2173:2007. Продукти з фруктів та овочів. Визначення розчинних сухих речовин рефрактометричним методом (ISO 2173:2003, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2009. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84755
- ДСТУ EN 12147:2003. Соки фруктові та овочеві. Визначення титрованої кислотності (EN 12147:1996, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2004. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=85258
- Murshed R., Lopez-Lauri F., Sallanon H. Effect of water stress on antioxidant systems and oxidative parameters in fruits of tomato (*Solanum lycopersicon* L., cv. Micro-tom). *Physiologia Plantarum*. 2013. Vol. 148, No. 2. P. 293–306. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01680.x>
- Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті Statistica 6.0 : методичні вказівки. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55с. URL: <https://bio.gov.ua/uk/bioenergy/publikaciyi-viddil-matematichnogo-modelyuvannya-ta-cyfrovyh-tehnologiy-v-agronomiyi>
- StatSoft, Inc. STATISTICA, version 12: data analysis software system. Tulsa, OK : StatSoft, Inc., 2013. URL: <https://statisticasoftware.wordpress.com/2013/05/15/statsoft-releases-version-12-of-statistica-software/>
- Hunter J. D. Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in Science & Engineering*. 2007. Vol. 9, No. 3. P. 90–95. URL: <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>
- Venturi M., Giovannini A., Morri M., Morandi B. Preharvest drought stress: which consequences on plant physiology and fruit quality in sour cherry? *Acta Horticulturae*. 2024. Vol. 1409. P. 453–458. URL: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2024.1409.57>
- Dogan M., Bolat I., Turan M., Kaya O. Elucidating stress responses in *Prunus* rootstocks through comprehensive evaluation under drought, heat shock and combined stress conditions. *Scientia Horticulturae*. 2025. Vol. 338. Article 113882. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113882>

REFERENCES:

- Bublyk, M.O., Hrynyk, I.V., Barabash, L.O., Chorna, H.A. and Fryziuk, L.A. (2023), "Vplyv zmin klimatu na plodovi roslyny u konteksti hlobalnykh doslidzhen" [Impact of climate change on fruit plants in the context of global research], *Sativnytstvo*, Issue 78, pp. 5–25. URL: <https://doi.org/10.35205/0558-1125-2023-78-5-25> [in Ukrainian].
- Moskalets, T.Z., Hrynyk, I.V., Moskalets, V.V. and Bublyk, M.O. (2020), "Stan i perspektyvy selektsii ta vyroshchuvannya plodovo-yahidnykh roslyn, maloposhyrenykh u kulturi, v suchasnomu sadivnytstvi Ukrainy" [State and prospects of breeding and cultivation of fruit and berry plants that are uncommon in modern horticulture of Ukraine], *Sativnytstvo*, Issue 75, pp. 58–78. URL: <https://doi.org/10.35205/0558-1125-2020-75-58-78> [in Ukrainian].
- Tkachyk, S.O. (Ed.), Kiienko, Z.B., Matus, V.M. et al. (2016), *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy plodovykh, yahidnykh, horikhoplidnykh, subtropichnykh ta vynohradu na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methodology for the examination of varieties of fruit, berry, nut, subtropical and grape crops for suitability for dissemination in Ukraine], 2nd ed., FOP Korzun D.Yu., Vinnytsia, Ukraine, 85 p. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e559aa79ba.pdf> [in Ukrainian].
- Makarova, D.H., Vasylenko, V.I., Trokhymchuk, A.I., Hrusha, V.V., Moiseichenko, N.V., Ihnatenko, O.O. and Babenko, S.M. (2024), "Biokhimichni sklad ta spozhyvchi yakosti plodiv sortiv abrykosa selektsii Instytutu sadivnytstva NAAN Ukrainy v zoni Zakhidnoho Lisostepu" [Biochemical composition and consumer qualities of apricot cultivars bred at the Institute of Horticulture of NAAS of Ukraine in the Western Forest-Steppe zone], *Sativnytstvo*, Issue 79, pp. 44–53. URL: <https://sativnytstvo.kiev.ua/files/79-44-53.pdf> [in Ukrainian].

5. Viljevac Vuletić, M., Mihaljević, I., Tomaš, V., Horvat, D., Zduñić, Z. and Vuković, D. (2022), "Physiological response to short-term heat stress in the leaves of traditional and modern plum cultivars", *Horticulturae*, Vol. 8, No. 1, Article 72. URL: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010072>
6. Correia, S., Schouten, R., Silva, A.P. and Gonçalves, B. (2017), "Factors affecting quality and health-promoting compounds during growth and postharvest life of sweet cherry (*Prunus avium* L.)", *Frontiers in Plant Science*, Vol. 8, Article 2166. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02166>
7. DSTU ISO 2173:2007 (2007), *Produkty z fruktiv ta ovochiv. Vyznachennia rozchynnykh sukhykh rechovyh refraktometrychnym metodom (ISO 2173:2003, IDT) [Fruit and vegetable products. Determination of soluble solids by refractometric method]*, Derzhspozhyvstandart Ukrainy, Kyiv, Ukraine. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=84755 [in Ukrainian].
8. DSTU EN 12147:2003 (2003), *Soky fruktovi ta ovochevi. Vyznachennia tytrovanoj kyslotnosti (EN 12147:1996, IDT) [Fruit and vegetable juices. Determination of titratable acidity]*, Derzhspozhyvstandart Ukrainy, Kyiv, Ukraine. URL: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=85258 [in Ukrainian].
9. Murshed, R., Lopez-Lauri, F. and Sallanon, H. (2013), "Effect of water stress on antioxidant systems and oxidative parameters in fruits of tomato (*Solanum lycopersicon* L., cv. Micro-tom)", *Physiologia Plantarum*, Vol. 148, No. 2, pp. 293–306. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01680.x>
10. Ermantraut, E.R., Prysiazniuk, O.I. and Shevchenko, I.L. (2007), *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh u paketi Statistica 6.0: metodychni vkazivky [Statistical analysis of agronomic experimental data using Statistica 6.0: methodical guidelines]*, PolihrafKonsaltnyh, Kyiv, Ukraine, 55 p. URL: <https://bio.gov.ua/uk/bioenergy/publikaciyi-viddil-matematychnogo-modelyuvannya-tacyfrovyh-tehnologiy-v-agronomiyi> [in Ukrainian].
11. StatSoft, Inc. (2013), *STATISTICA, version 12: data analysis software system*, StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA. URL: <https://statisticasoftware.wordpress.com/2013/05/15/statsoft-releases-version-12-of-statistica-software/>
12. Hunter, J.D. (2007), "Matplotlib: A 2D graphics environment", *Computing in Science & Engineering*, Vol. 9, No. 3, pp. 90–95. URL: <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>
13. Venturi, M., Giovannini, A., Morri, M. and Morandi, B. (2024), "Preharvest drought stress: which consequences on plant physiology and fruit quality in sour cherry?", *Acta Horticulturae*, Vol. 1409, pp. 453–458. URL: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2024.1409.57>
14. Dogan, M., Bolat, I., Turan, M. and Kaya, O. (2025), "Elucidating stress responses in *Prunus* rootstocks through comprehensive evaluation under drought, heat shock and combined stress conditions", *Scientia Horticulturae*, Vol. 338, Article 113882. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113882>

Юсипенко Р.В., Макарова Д.Г. Біохімічні та біофізичні показники плодів нових гібридів вишні (*Prunus cerasus* L.) в умовах гідротермічної дестабілізації Лісостепу України

Метою даних досліджень є оцінка адаптивного потенціалу генотипів вишні кислої за біохімічними показниками якості плодів в умовах гідротермічної

нестабільності та ідентифікація сортів із високою метаболічною стійкістю для промислового вирощування.

Дослідження проводили протягом 2023–2025 рр. в Інституті садівництва НААН (м. Київ). Об'єктами слугували перспективні гібриди вишні (2014 р.с.) на підщепі антипка. Контролем слугували сорти Любительська та Мальва. Якість плодів оцінювали за загальноприйнятими ДСТУ/ISO за показниками вмісту розчинних сухих речовин (РСР), цукрів, кислотності, вітаміну С та фенольних сполук. Для оцінювання адаптивності використано авторський «Коефіцієнт метаболічної стійкості» (КМС), що відображає відношення РСР у стресовий рік (2024) до показників оптимального року (2023).

Методи. Закладка і проведення дослідів, основні обліки і спостереження проводили відповідно загальноприйнятим методикам. Статистичну обробку даних робили за допомогою стандартного набору статистичних функцій програми Microsoft Excel.

Результати. Веgetаційний період 2024 року ідентифіковано як абсолютний погодний екстремум із сумою активних температур 3894°C та критичним дефіцитом опадів у червні (14 мм, 19% від норми). За цих умов контрольний сорт Мальва продемонстрував метаболічну деградацію (КМС 0,91). Натомість гібриди **1/21**, **1/20** та **2/70** реалізували стратегію «адаптивного концентрування» (КМС 1,02–1,04), зберігши або підвищивши рівень РСР (18,2–19,4%). Гібрид **2/70** визначено як десертний еталон із рекордним вмістом цукрів (11,83%) та цукрово-кислотним індексом 9,38. Гібрид **1/21** продемонстрував найвищий антиоксидантний потенціал (феноли – 607 мг/100 г). Для великоплідного промислового напрямку виділено гібрид 2/54.

Висновки. За сукупністю біохімічних показників та метаболічної стабільності гібриди 1/20, 1/21 та 2/70 рекомендовані для розширеного промислового випробування та залучення до селекційних програм як донори ознак високої якості плодів. Генотип 2/54 ідентифіковано як цінне джерело ознаки великоплідності *Prunus cerasus* L. для створення сортів інтенсивного типу.

Ключові слова: вишня кисла (*Prunus cerasus* L.), зміни клімату, Лісостеп, метаболічна стійкість, якість плодів, посухостійкість, антиоксидантний потенціал.

Yusypenko R.V., Makarova D.H. Biochemical characteristics of fruits of new sour cherry (*Prunus cerasus* L.) hybrids under hydrothermal conditions in the Forest-Steppe of Ukraine

Purpose. The adaptive potential of high-acidity genotypes is assessed based on biochemical fruit quality indicators under conditions of hydrothermal instability, and varieties with high metabolic stability are identified for commercial cultivation.

Methods. The research was conducted between 2023 and 2025 at the Institute of Horticulture of the NAAS (Kyiv). The subjects included promising sour cherry hybrids (2014 planting) grafted on *Prunus mahaleb* L. rootstock. Cultivars 'Liubytelska' and 'Malva' served as differentiated controls for mid- and late-season groups. Fruit quality was evaluated using harmonized ISO standards for soluble solids content (SSC), total sugars, titratable acidity, vitamin C, and total phenolics. The "Metabolic Stability Coefficient" (MSC) was introduced to quantify the ratio of SSC accumulation during the extreme drought of 2024 versus the optimal season of 2023.

Results. The 2024 growing season was identified as a severe climatic anomaly, with the sum of active temperatures reaching 3894°C and a critical precipitation deficit in June (14 mm, 19% of the historical norm). Under these

conditions, the control variety 'Malva' exhibited metabolic degradation (MSC 0.91). Conversely, hybrids **1/21**, **1/20**, and **2/70** implemented an "adaptive concentration" strategy (MSC 1.02–1.04), maintaining high SSC levels (18.2–19.4%). Hybrid **2/70** emerged as a dessert benchmark with record sugar content (11.83%) and a sugar-to-acid ratio of 9.38. Hybrid **1/21** demonstrated the highest antioxidant capacity (phenolics 607 mg/100 g). Hybrid **2/54** was identified as a prominent selection for large-fruited industrial cultivation.

Findings. Based on the combination of biochemical parameters and metabolic stability, hybrids 1/20, 1/21, and 2/70 are recommended for extended industrial trials and inclusion in breeding programs as donors of high fruit quality traits. Genotype 2/54 has been identified as a valuable source of the large-fruit trait in *Prunus cerasus* L. for the development of intensive-type cultivars.

Key words: *Prunus cerasus* L., climate change, Forest-Steppe, metabolic stability, fruit quality, drought stress, antioxidant potential.

Дата першого надходження статті до видання: 14.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026