

АГРОНОМІЯ

УДК 634.23; 631.52

**Характерні особливості розтріскування
поверхні плодів черешні****Шубенко Л.А.¹ , Леус В.В.² ,
Муленок Я.О.² , Донченко В.С.¹***Білоцерківський національний аграрний університет**Державний біотехнологічний університет*

Шубенко Л.А. Lidia.shubenko@btsau.edu.ua



Шубенко Л.А., Леус В.В., Муленок Я.О.,
Донченко В.С. Характерні особливості
розтріскування поверхні плодів черешні.
«Агробіологія», 2025. № 1. С. 210–220.

Shubenko L., Leus V., Mulenok Ya.,
Donchenko V. Characteristic features of
cracking of sweet cherry fruit surface.
«Agrobiologiya», 2025. no. 1, pp. 210–220.

Рукопис отримано: 28.01.2025 р.

Прийнято: 12.02.2025 р.

Затверджено до друку: 22.05.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-210-220

Розтріскування плодів черешні під час дощу призводить до значних економічних наслідків. Рівень розтріскування може сягати 100 % втрат, що зробить урожай непридатним для реалізації. Зрозумівши причину пошкодження, виробники зможуть отримувати врожаї якісних плодів черешні. Виведення високо-стійких до розтріскування сортів є основною метою більшості селекційних програм. У статті наведено результати дослідження розтріскування плодів сортів черешні різних строків досягання. У дослідженні використали плоди 12 сортів черешні вітчизняної селекції. Плоди у знімальній стиглості розміщували в ємності із дистильованою водою та витримували певний відрізок часу. Після 6-, 12- і 24-годинної експозиції визначали плоди що розтріскалися, а також встановлювали характерне пошкодження тріщинами для кожного сорту. На плодах із розтріснутою шкіркою встановлювали тип пошкодження, умовно поділивши на: біля плодоніжки, збоку і навколо верхівки плоду. В результаті спостережень розтріскування плодів черешні вдалося визначити особливості пошкоджень кожного сорту. Пошкодження типів А і В неглибоке і до повного досягання плоду може загоюватися, тимчасом пошкодження типу С глибоке, часто аж до кісточки, що й спричинює загнивання плодів. Спостереження дали змогу встановити, що для ранньостиглих сортів характерним було розтріскування збоку плоду. Плоди середньостиглих сортів розтріскувалися переважно за типом – навколо верхівки плоду. Для пізньостиглих сортів рівною мірою характерне розтріскування біля плодоніжки та навколо верхівки плоду. Проведений кореляційний аналіз впливу окремих біологічних складових плоду на стійкість шкірки до розтріскування. Встановлено обернену залежність від довжини плодоніжки, вмісту сухих розчинних речовин в плодах і масової частки кісточки. В загальному результаті серед досліджуваних сортів різних строків досягання, можна стверджувати, що найбільш стійкими до розтріскування виявилися плоди сортів ‘Млівська жовта’, ‘Міраж’, ‘Меотіда’ й ‘Амазонка’.

Ключові слова: черешня, стійкість до розтріскування, особливості пошкодження поверхні плоду, довжина плодоніжки, масова частка кісточки.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Розтріскування черешні – складне явище, з виникненням якого пов'язано кілька чинників. Сорт, підщепа, умови вирощування, наявність зрошення, розмір плодів, щільність м'якоті, товщина та еластичність шкірки і стадія розвитку плодів – одні з найчастіших чинників, що впливають на виникнення цієї проблеми.

Розтріскування плодів відбувається внаслідок низки хімічних чинників (наприклад, складу воску для кутикули), морфологія (кутикулярні переломи), фізіологія (наприклад, поляризованість метаболічних шляхів, пов'язаних з розтріскуванням черешні), а також відносна вологість повітря, вплив регуляторів росту рослин, стан поживних речовин і водного режиму дерев. Щоб уникнути або мінімізувати розтріскування, необхідно знати зазначені вище чинники та їх взаємодію [1].

Основною причиною розтріскування є поглинання шкіркою плодів дощової води, роси чи туману (поява мікротріщин біля плодоніжки). Тріщини з'являються на верхівці плодів у місці звисання крапель води, що характерно для сорту 'Лапінз'. Плоди тріскають в місцях, які найдовше були мокрими, або де ввібралася зайва волога. Інша причина тріскання плодів – швидке надмірне поглинання води кореневою системою дерева, здебільшого, через сильний дощ після посухи (спостерігаються великі тріщини на боці плоду). Після тривалих дощів перед збиранням урожаю більше плодів тріскає біля плодоніжки вгорі, а одноденний дощ під час тривалої сухої погоди провокує появу тріщин на боці плоду [2, 3]. З огляду на різні чинники, використовують кілька способів запобігання розтріскуванню. Насамперед підбирають стійкі до розтріскування сорти, враховуючи товщину шкірки, кількість продихів на одиниці площі його поверхні, щільність м'якоті і термін дозрівання тощо [4, 5].

До сьогодні дослідження з розтріскування дощем були зосереджені на відкладенні кутикули [6], мікрокрекінгу кутикули [7], аналізі стресу та деформації в шкірці [8, 9], механічних властивостях шкіри [10, 11], механізмах і шляхах руху води через шкіру [12] та через судинну систему від дерева [13].

Розтріскування вишні включає механічне пошкодження епідермісу плоду і може бути класифіковане відповідно до розміру цих тріщин. 1. Мікротріщини – це тріщини, які уражують лише окремі клітини кутикули плоду і непомітні неозброєним оком. Вважається, що макротріщини розвиваються з мікротрі-

щин [14]. Однак, недостатньо інформації про заключний етап процесу макрокрекінгу – ініціювання та поширення цих видимих тріщин на шкірі. Проблеми, пов'язані з цим типом розтріскування, проявляються під час зберігання, оскільки, підвищуючи водонепроникність плодів, вони зумовлюють швидке зневоднення і полегшують проникнення хвороботворних мікроорганізмів, що спричинюють гниття. 2. Макротріщини – це глибокі тріщини, видимі неозброєним оком, які проникають в усі шари епідермісу аж до підшкірних клітин пульпи. Цей вид пошкодження робить плоди непридатними для продажу. 3. Це тріщини, що виникають на ранній стадії розвитку плодів (які зазвичай закупорюються і ущільнюються до дозрівання плодів) – зменшують товарний вигляд та ринкову вартість плодів [15].

Форма плодів може відігравати важливу роль у розтріскуванні плодів вишні. Зразки з плодами серцевидної форми мають більше заглиблення навколо плодоніжки, і краплі дощу можуть залишатися там довше, даючи можливість більшого поглинання води через шкіру. Це означає, що якщо сорт генетично детермінований (на основі структури і товщини кутикули та вмісту цукру) для помірної стійкості до розтріскування та має серцевидну форму, висока ймовірність того, у плодів буде розтріскування навколо плодоніжки [16].

Щоб краще зрозуміти феномен розтріскування, необхідно знати фази розвитку плоду. Перша фаза характеризується швидким збільшенням величини плоду. Друга збігається з клітинною диференціацією, тривалість якої залежить від сорту (ранній або пізній). Остання передбачає подальше зростання об'єму плоду, і включає приблизно від десяти до двадцяти діб до повного дозрівання. Період найбільшої чутливості до розтріскування відбувається в момент забарвлення і переходу до дозрівання плодів за наявності вологи або сильних дощів [17].

Характеристика плоду також відіграє важливу роль у стійкості до розтріскування, наприклад, розмір плоду, його форма, щільність, вміст цукру і характеристики епідермісу (еластичність і вміст воску). Плоди більшого розміру і з більш твердою м'якоттю є сприйнятливішими до розтріскування [18], як і плоди з високим вмістом цукру [13]. Конформація епідермісу плоду також досить важлива, адже кутикула припиняє свій ріст, тимчасом м'якоть продовжує збільшувати свій об'єм навіть на останніх стадіях дозрівання [19].

Останніми роками, працюючи здебільшого з черешнею, було досягнуто значного прогресу в розумінні механічної основи розтріскування – глибоких макротріщин, які розривають шкірку і проникають глибоко в м'якоть. Такі макротріщини піддають внутрішню частину плоду швидкій і катастрофічній деградації.

Розтріскування плодів черешні тісно пов'язане з вибором сорту. Наразі дуже мало сортів з певною стійкістю до розтріскування, серед них 'Регіна', 'Кордія' та 'Лапінс', що мають середню толерантність, тимчасом більшість культивованих сортів дуже чутливі до цієї фізіопатії [20].

За сприйнятливістю до розтріскування певні сорти можна поділити на: сприйнятливість більше 40 % – 'Нью Стар', 'Гарнет', 'Сем', 'Сільвіа'; сприйнятливість 40–20 % – 'Селесте', 'Бінг', 'Ламберт', 'Лейт Марія'; сприйнятливість 20–10 % – 'Самміт', 'Ван Самберст'; помірна 10 % – 'Лапінз', 'Світ Харт'; підвищена стійкість – 'Кордія', 'Регіна' [21].

У літературі описано три типи тріщин: навколо плодоніжки, апікальні і бічні. Ушкодження, що належать до перших двох категорій проявляються у плодах до зміни кольору. Ці ушкодження можуть зажити, якщо вони відбуваються в момент зміни кольору, тимчасом за повного дозрівання, тканини не в змозі реагувати, і пошкодження не загоюються. З іншого боку, пошкодження на плодах забезпечують доступ і поширення патогенних мікроорганізмів, таких як моніліоз, сіра гниль і ризопус. Третій тип, глибокі тріщини, що поширюються на основну частину плоду в будь-якому напрямку і часто проникають глибоко від поверхні до кісточки, є найбільш шкідливим, як фізично, так і економічно. Невеликі тріщини в основі та верхівковому кінці плодів можуть виникати або на дуже ранній стадії або за багато діб до дозрівання плодів та збору врожаю [22].

Дослідження, проведені різними вченими, показують, що тип розтріскування не може бути вираженням окремого процесу, а скоріше може бути проявом різних шляхів поглинання води [23, 18].

Типи утворення тріщин можуть залежати від конкретного етіологічного чинника та форми плодів. Однак проблему можна значною мірою звести до мінімуму, знаючи причину і, відповідно, застосовуючи певні методи, серед яких головне значення мають регулювання зрошенням, захисні накриття насадження та мінеральні добрива.

Більшість розтріскувань плодів пояснюється прямим чи локальним поглинанням води через шкірку плодів, менша частка плодів розтріскується, навіть коли насадження повністю захищені дощовими укриттями. Хоча багато дослідників займалися цим складним явищем, основні механізми розтріскування плодів залишаються незрозумілими [24, 25].

Метою досліджень було визначити тип розтріскування шкірки плодів черешні залежно від сорту та тривалості змочення водою поверхні плодів. За допомогою лабораторних досліджень встановити стійкість плодів черешні до розтріскування піддаючи їх періодичному зануренню у дистильовану воду.

Матеріал і методи дослідження. Об'єктами досліджень були плоди черешні вітчизняних сортів різних строків досягання: ранньостиглі – 'Дар Млієва', 'Зоряна', 'Мліївська жовта', середньостиглі – 'Аборигенка', 'Альонушка', 'Міраж', 'Мелітопольська крупчаста', 'Меотіда', пізньостиглі – 'Аборигенка', 'Бірюза', 'Донецький угольок', 'Дрогана жовта'. Лабораторні дослідження проводили впродовж трьох років на кафедрі генетики, селекції і насінництва сільськогосподарських культур БНАУ.

Попередньо були розраховані індекси розтріскування плодів черешні [25]. Плоди збирали за досягнення товарної зрілості за кольором, відбирали без дефектів та однорідні за кольором і розміром. П'ятдесят плодів з плодоніжкою були занурені в 2 л контейнери, наповнені водою (20 ± 1 °C) на 6; 12; 24 години. Після 6-, 12- і 24-годинної експозиції визначали плоди що розтріскалися, а також встановлювали характерне пошкодження тріщинами для кожного сорту. Індекси розтріскування розраховували за такою формулою:

$$(24a + 12b + 6c) \times 150/100,$$

де а, b і с – кількість тріснутих плодів через 6, 12 і 24 години відповідно; загальна кількість занурених плодів = 50; максимальне розтріскування, $50 \times 3 = 150$. Пошкодження умовно ділили на типи: А – біля плодоніжки; В – навколо верхівки плоду; С – збоку плоду.

Для визначення щільності плодів користувалися напівавтоматичним приладом із самописцем КСТ-4 та пристроєм навантаження з тензорезисторними датчиками і плунжером діаметром 6 мм з автоматичним контролем глибини його входження в зразок [25]. Перед визначенням щільності шкірку з плодів черешні не видаляли. Товщину шкірки плоду визначали мікрометром.

Результати дослідження та обговорення. Під час спостережень за розтріскуванням плодів черешні вдалося визначити особливості пошкоджень кожного сорту.

Пошкодження типів А і В було неглибоким і могло загоюватися, тимчасом пошкодження типу С глибоке, часто аж до кісточки, що й спричинювало навіть загнивання плодів. Для ранньостиглих сортів (рис. 1) більш характерним було розтріскування збоку плоду (70–100 %), менше розтріскувалися плоди біля плодоніжки

ки (30–40 %). Крім того, 100 % плодів сорту ‘Зоряна’ розтріскувалися лише збоку.

Плоди сорту ‘Мліївська жовта’ практично порівну розтріскувалися навколо плодоніжки і біля верхівки. Плоди сорту ‘Дар Млієва’ більше розтріскувалися збоку, ніж навколо плодоніжки.

У групі середньостиглих сортів розтріскування біля плодоніжки спостерігалось лише для сорту ‘Міраж’, частка якого становила 100 % (рис. 2).

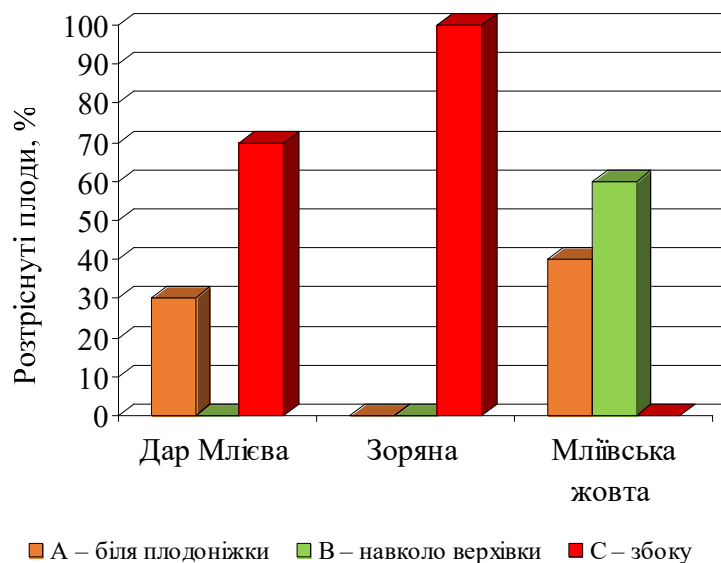


Рис 1. Особливості розтріскування плодів ранньостиглих сортів черешні, (середнє за 2021–2023 рр.).

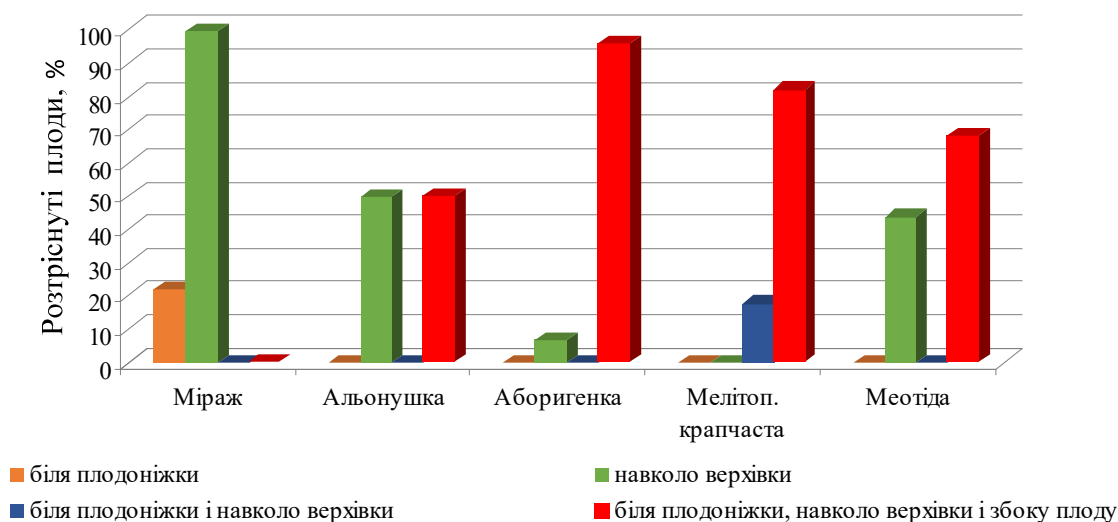


Рис 2. Особливості розтріскування плодів середньостиглих сортів черешні, (середнє за 2021–2023 рр.).

Незначна частина плодів середньостиглих сортів пошкоджувалася навколо верхівки, найбільше сорт ‘Альонушка’ (50 %), а найменше – ‘Аборигенка’ (4 %). Для середньостиглих сортів характерним було пошкодження плодів одночасно біля плодоніжки та навколо верхівки (17–96 %). У сортів ‘Альонушка’ і ‘Мелітопольська крапчаста’ більше розтріскувалися плоди одночасно за усіма трьома типами пошкоджень, що становило, відповідно 50 і 83 %.

У пізньостиглих сортів (рис. 3) розтріскування збоку плоду не зафіксоване, воно відбувалося здебільшого одночасно біля плодоніжки і навколо верхівки (35–100 %). Незначна частина плодів розтріскувалася навколо верхівки, а для сорту ‘Донецький уголок’ відбувалося пошкодження і біля плодоніжки.

В результаті спостережень встановлено, що в несприятливих умовах для сорту ‘Бірюза’ характерним було 100 % розтріскування одночасно біля плодоніжки і навколо верхівки, а також для сорту ‘Амазонка’ (87 %). Для сорту ‘Донецький уголок’ плоди значною мірою розтріскувалися навколо верхівки (48 %) та одночасно біля плодоніжки і навколо верхівки (35 %). Плоди сорту ‘Дрогана жовта’ розтріскувалися переважно біля плодоніжки (62 %).

Незалежно від зовнішніх умов, для кожного помологічного сорту розтріскування плодів відбувалося за характерним типом.

Ранньостиглі сорти виявляють схильність до розтріскування плодів за типом С – збоку; для середньостиглих характерним є розтріскування за типом В – навколо верхівки; для пізньостиглих – за двома типами одночасно – АВ – біля верхівки та навколо плодоніжки.

Як відомо [19], плоди черешні за біологічними особливостями та щільністю м'якоті поділяють на два основні типи – бігаро і гіні. Твердість плодів має значення для їх товарності. Оптимальна твердість також сприяє резистентності до фізіологічних порушень (розпад м'якоті плодів, утворення ямок) та гнилі у процесі зберігання.

З метою встановлення щільності м'якоті плодів черешні проведені дослідження по визначенню максимального рівня навантаження на плоди сортів черешні.

Плоди досліджуваних ранньостиглих сортів мали приблизно однакову щільність м'якоті – у межах 0,236–0,298 кг/см² (табл. 1). Дещо вищою щільністю характеризувалися плоди сорту ‘Зоряна’, а найбільш ніжна м'якоть була притаманна сорту ‘Мліївська жовта’. Для впровадження сорту у виробництво саме ніжна м'якоть є обмежуючим чинником, що найбільш негативно проявляється під час збирання й транспортування свіжих плодів. Загалом, плоди усіх досліджуваних ранньостиглих сортів мали спільний недолік – недостатню хрящуватість м'якоті.



Рис 3. Особливості розтріскування плодів пізньостиглих сортів черешні, (середнє за 2021–2023 рр.).

Таблиця 1 – Якісні характеристики плодів черешні різних строків достигання, (середнє за 2021–2023 рр.)

Помологічний сорт	Щільність плодів, кг/см ²	Довжина плодоніжки, см	Частка кісточки у загальній масі плоду, %	Середня маса плоду, г
Ранньостиглі сорти				
Дар Млієва	0,274	4,29	6,7	6,8
Зоряна	0,298	4,71	6,3	7,3
Мліївська жовта	0,236	4,11	5,2	6,9
Середньостиглі сорти				
Міраж	0,377	3,95	5,6	8,1
Альонушка	0,696	3,87	6,2	7,1
Аборигенка	0,913	4,71	7,7	5,9
Мелітопольська крапчаста	0,951	3,84	4,5	9,7
Меотіда	0,684	3,98	6,1	7,1
Пізнньостиглі сорти				
Бірюза	1,257	4,58	7,5	5,5
Донецький угольок	0,965	4,24	6,7	6,1
Дрогана жовта (к)	1,236	4,17	7,2	5,0
Амазонка	1,046	4,65	6,8	5,7
НІР ₀₅	0,526	0,24	0,2	1,2

Порівняно із ранньостиглими, середньостиглі сорти мали вищу щільність. Особливо вирізнявся сорт ‘Мелітопольська крапчаста’, плоди якого без помітних пошкоджень витримували навантаження до 0,951 кг/см². Плоди сорту ‘Аборигенка’ теж мали високий показник щільності м’якоті, який лише на 0,013 кг/см² поступався сорту ‘Мелітопольська крапчаста’.

Водночас важливим господарсько-біологічним показником є товщина шкірки плоду, яка має значний вплив на зменшення пошкодження м’якоті під час збирання врожаю, розтріскування плодів у дощову погоду, а також впливає на оцінку зовнішнього вигляду плодів.

В результаті досліджень у сортів черешні раннього строку достигання найбільша товщина шкірки була в плодів сорту ‘Зоряна’ (рис. 4), що мала переваги з огляду на товарність та привабливість зовнішнього вигляду під час реалізації свіжої продукції.

У групі середньостиглих сортів максимальною товщиною шкірки характеризувалися плоди сорту ‘Аборигенка’, що перевищувало решту сортів на 0,0438–0,1162 мм.

Найменша товщина шкірки була у плодів сорту ‘Міраж’, однак це не впливало на ступінь розтріскування та товарний вигляд плодів.

Плоди пізнньостиглих сортів черешні мали відносно однакову товщину шкірки, розмір якої коливався в середньому від 0,0723 для сорту ‘Дрогана жовта’ до 0,1132 мм для сорту ‘Амазонка’.

Загалом, серед досліджуваних сортів найменша товщина шкірки була у плодів середньостиглого сорту ‘Міраж’ і найбільша – у середньостиглого сорту ‘Аборигенка’.

Кореляційним аналізом встановлено, що стійкість плодів до розтріскування залежить від низки чинників. Обернена залежність отримана від довжини плодоніжки. Виявилось, що із збільшенням довжини плодоніжки біля плоду кількість тріснутих плодів зростала, коефіцієнт кореляції становить $r = -0,91+0,19$ (рис. 5). Такий результат пояснюється тим, що плоди з довгою плодоніжкою менш захищені й піддаються змочуванню більш тривалий час, ніж плоди з короткою плодоніжкою, оскільки розміщуються ближче до листка, який захищає їх від надмірного змочування.

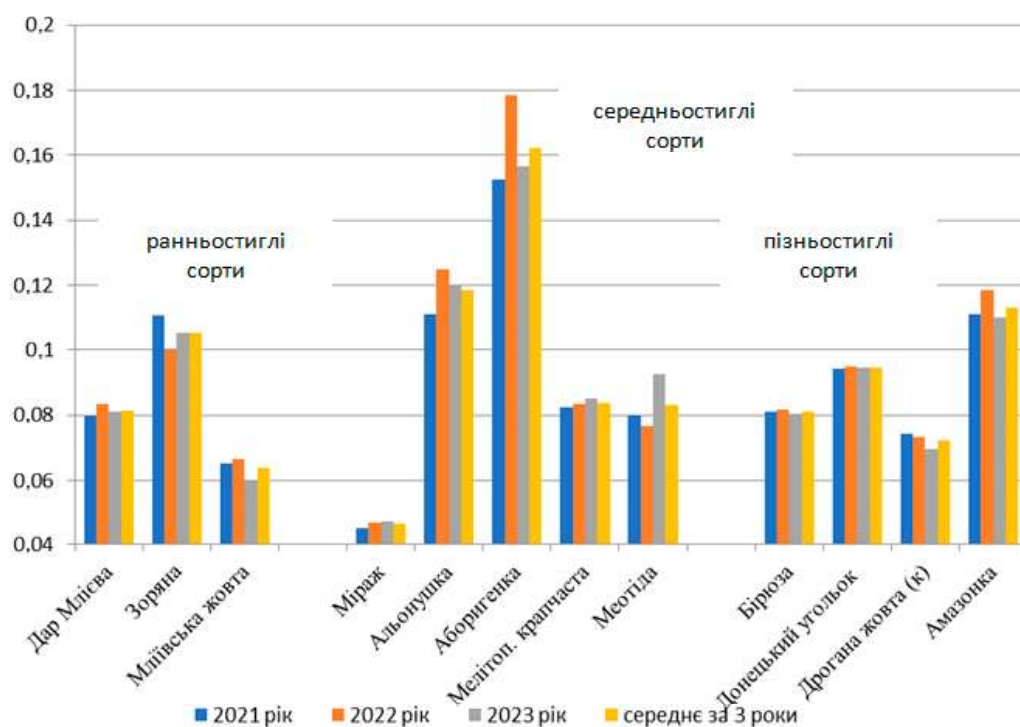


Рис 4. Товщина шкірки плоду черешні різних строків досягання, мм.

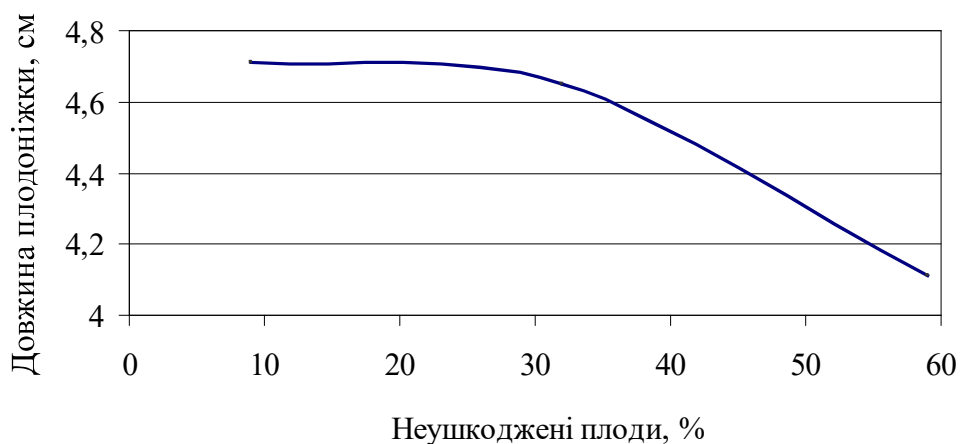


Рис 5. Розтріскування плодів черешні залежно від довжини плодоніжки.

Високий вплив проявляє також частка кісточки відносно маси плоду. У результаті кореляційного аналізу визначена обернена залежність: із збільшенням величини кісточки плоду кількість пошкоджених плодів зменшується, коефіцієнт кореляції $r = -0,70 \pm 0,15$ (рис. 6).

Загалом можна зауважити, що найбільш стійкими до розтріскування виявилися сорти

‘Мліївська жовта’, ‘Міраж’, ‘Меотіда’ й ‘Амазонка’.

Відмінності між сортами в сприйнятливості до розтріскування значні, однак немає жодного сорту повністю стійкого до цієї проблеми [26, 27]. Виведення високоякісних стійких до розтріскування сортів та ідентифікація генів, що беруть участь в стійкості, є основною метою більшості селекційних програм.

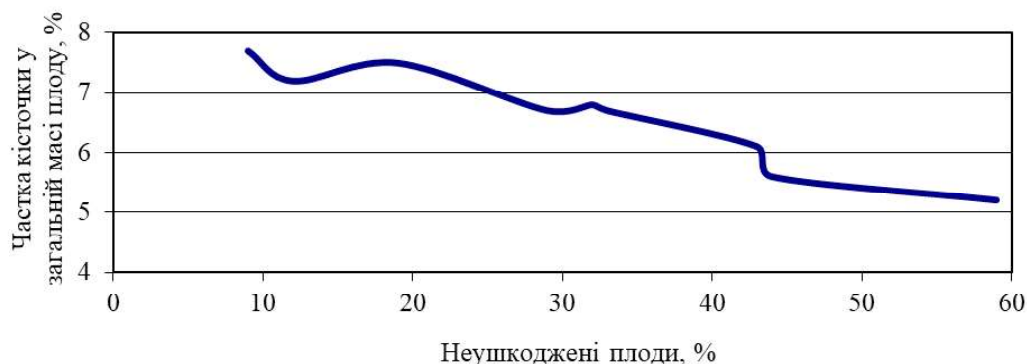


Рис 6. Розтріскування плодів черешні залежно від масової частки кісточки.

Аналогічний результат отриманий щодо зв'язку із вмістом в плодах сухих розчинних речовин: за збільшення показника кількість плодів зменшувалася, коефіцієнт кореляції $r = -0,7 + 0,13$.

Отже, за вмісту сухих розчинних речовин у плодах сортів 'Альонушка' і 'Аборигенка' в межах 17–19 % кількість непошкоджених водою плодів становила 9 % у 'Аборигенки', на противагу в сорту 'Альонушка' цілих плодів не залишилося.

Останнє можна пояснити тим, що збільшення в плодах вмісту сухих розчинних речовин спричинює зростання внутрішнього тurgору, в результаті чого клітини більше насичуються вологою й шкірка плодів, не витримуючи тиск розтріскується.

Висновок. Проблема розтріскування черешні через дощ – складне явище, на розвиток якого впливає значна кількість чинників. Незважаючи на різні альтернативи, доступні завдяки методам вирощування культури, розтріскування і раніше являло собою обмежуючий фактор для комерційного виробництва в районах, де в період збору врожаю йдуть дощі. Посадка стійких сортів є одним із найкращих варіантів зниження втрат, пов'язаних з цією проблемою. Тому пошук нових сортів з більшою стійкістю залишається пріоритетним завданням селекційних програм.

За результатами дослідження, робимо загальний висновок, що стійкість до розтріскування, прояв якого визначався помологічним сортом, знаходилася у зворотній залежності від вмісту в плодах сухих розчинних речовин, відносної маси кісточок і довжини плодоніжки. Плоди сортів черешні більше схильні до розтріскування в ділянці кріплення плодоніжки, навколо верхівки та за всіма типами

пошкоджень одночасно. Висока стійкість плодів до розтріскування виявлена у сортів 'Мліївська жовта', 'Міраж', 'Меотіда' й 'Амазонка'.

Використання технологій, що дозволять краще зрозуміти механізм, причини або генетичні чинники, які впливають на розтріскування плодів черешні, можуть бути корисними за розробки прийомів для відбору сортів з толерантністю до цієї проблеми.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Knoche M., Measham P.F. The permeability concept: a useful tool in analyzing water transport through the sweet cherry fruit surface. *Acta Horticulturae: VII International Cherry Symposium*. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1161.59
2. Knoche M., Winkler A. The mechanism of rain cracking of sweet cherry fruit. *Italus Hortus*. 2019. 26 (1). P. 59–65. DOI: 10.26353/j.itahort/2019.1.5965
3. "Cracking": fattori predisponenti e tecniche di prevenzione / S. Correia et al. *Frutticoltura* – n. 3. 2019. P. 28–36.
4. Winkler A., Peschel S., Kohrs K., Knoche M. Rain cracking in sweet cherries is not due to excess water uptake but to localized skin phenomena. *J Am Soc Hortic Sci*. 2016. 141. P. 653–660.
5. Features of the Assimilation Surface of Sweet Cherry Trees of Different Ripening Terms / L.A. Shubenko et al. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. 23(4). P. 101–106. DOI: 10.12912/27197050/150253
6. Winkler A., Fiedler B., Knoche M. Calcium physiology of sweet cherry fruits. 2020. P. 1157–1167. DOI: 10.1007/s00468-020-01986-9
7. Brüggewirth M., Winkler A., Knoche M. Xylem, phloem, and transpiration flows in developing sweet cherry fruit. 2016. P. 1821–1830. DOI: 10.1007/s00468-016-1415-4
8. Versatile high resolution oligosaccharide microarrays for plant glycobiology and cell wall research / H.L. Pedersen et al. *J Biol Chem*. 2012. 287 p.

9. Knoche M., Lang A. Ongoing growth challenges fruit skin integrity. *CRC Crit Rev Plant Sci.* 2017. 36. P. 190–215.
10. Knoche M., Grimm E., Schlegel H.J. Mature sweet cherries have low turgor. *J Am Soc Hortic Sci.* 2014. 139. P. 3–12.
11. Shubenko L.A. Ustoychivost plodov cheresni k rastreskivaniyu. Issues of practice and science. Abstracts of II International Scientific and Practical Conference. London, Great Britain. 2021. P. 23–25.
12. Grimm E., Knoche M. Sweet cherry skin has a less negative osmotic potential than the flesh. *J. Am. Soc. Horticul. Sci.* 2015. 140. P. 472–479. DOI: 10.21273/JASHS.140.5.472
13. Shubenko L., Shoh S., Pavlichenko A. Content of dry soluble substances in cherries. Problems and tasks of modern science and practice. Abstracts of IX International Scientific and Practical Conference. Bordeaux, France. 2021. P. 18–19.
14. Sweet cherry flesh cells burst in non-random clusters along minor veins / T. Brinkmann et al. *Planta.* 2022. 255. 100 p. DOI: 10.1007/s00425-022-03882-7
15. Bound S.A., Close D.C., Measham P.F., Whiting M.D. Regulating crop load of ‘Sweetheart’ and ‘Van’ sweet cherry for optimal quality and reduced risk of cracking. *Acta Scientiarum.* 2017. Issue 1161. P. 91–95. DOI: 10.17660/Acta Hortic.2017. 1161.16
16. Water potential and its components in developing sweet cherry / C. Schumann et al. *J. Am. Soc. Horticul. Sci.* 2014. 139. P. 349–355. DOI: 10.21273/JASHS.139.4.349
17. Crack initiation and propagation in sweet cherry skin: A simple chain reaction causes the crack to «run» / C. Schumann et al. *PLoS ONE.* 2019. 14(7). e0219794. DOI: 10.1371/journal.pone.0219794
18. Вміст основних хімічних елементів у плодах черешні різних строків достигання / Л.А. Шубенко та ін. *Агробіологія: збірник наукових праць.* 2021. № 1 (162). Біла Церква: БНАУ, 2021. С. 168–174. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-173-179
19. Winkler A., Knoche M. Calcium and the physiology of sweet cherries: A review. *Scientia Horticulturae.* 2019. 245. P. 107–115. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.10.012
20. Winkler A., Knoche M. Penetration of sweet cherry skin by ⁴⁵Ca-salts: pathways and factors. 2021. 11142. DOI: 10.1038/s41598-021-90727-0
21. Knoche M., Lang A. Ongoing growth challenges fruit skin integrity. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 2017. 36(3). P. 190–215.
22. A comprehensive study of hygroscopic properties of calcium- and magnesium-containing salts: Implication for hygroscopicity of mineral dust and sea salt aerosols / L.Y. Guo et al. *Atmos. Chem. Phys.* 2019. P. 2115–2133. DOI: 10.5194/acp-19-2115-2019
23. Erogul D. Effect of Preharvest Calcium Treatments on Sweet Cherry Fruit Quality. *Not Bot Horti Agrobo.* 2014. 42(1). P. 150–153.
24. Winkler A., Grimm E., Knoche M. Sweet Cherry Fruit: Ideal Osmometers? *Front. Plant Sci.* 2019. 10. 164 p. DOI: 10.3389/fpls.2019.00164
25. Bilgener Ş., Demirsoy L., Demirsoy H. The effects of vapor gard, GA3 and calcium hydroxide applications on fruit cracking in ‘Türkoğlu’ sweet cherry. Etkilerinin araştırılması. III. National Horticultural Congress, Turkey. 1999. P. 828–832.
26. Winkler A., Knoche M. Calcium uptake through skins of sweet cherry fruit: Effects of different calcium salts and surfactants. *Sci. Hortic.* 2021. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109761
27. Features of growth processes of sweet cherry trees of various ripening terms in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine / L. Shubenko et al. *Scientific Horizons.* 2021. 24 (7). P. 61–67. DOI: 10.48077/scihor.24(7).2021.61-67

REFERENCES

1. Knoche, M., Measham, P.F. The permeability concept: a useful tool in analyzing water transport through the sweet cherry fruit surface. *Acta Horticulturae: VII International Cherry Symposium.* DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1161.59
2. Knoche, M., Winkler, A. (2019). The mechanism of rain cracking of sweet cherry fruit. *Italus Hortus.* no. 26 (1), pp. 59–65. DOI: 10.26353/j.ita-hort/2019.1.5965
3. Correia, S., Schouten, R., Silva, A.P., Gonçalves, S.B., BerGonzoni L. (2019). “Cracking”: fattori predisponenti e tecniche di prevenzione. *Frutticoltura.* no. 3, pp. 28–36.
4. Winkler, A., Peschel, S., Kohrs, K., Knoche, M. (2016). Rain cracking in sweet cherries is not due to excess water uptake but to localized skin phenomena. *J Am Soc Hortic Sci.* no. 141, pp. 653–660.
5. Shubenko, L.A., Shokh, S.S., Pavlichenko, A.A., Karpuk, L.M., Prymak, I.D., Filipova, L.M., Titarenko, O.S., Strutynska, Y.V. (2022). Features of the Assimilation Surface of Sweet Cherry Trees of Different Ripening Terms. *Ecological Engineering & Environmental Technology.* no. 23(4), pp. 101–106. DOI: 10.12912/27197050/150253
6. Winkler, A., Fiedler, B., Knoche, M. (2020). Calcium physiology of sweet cherry fruits. pp. 1157–1167. DOI: 10.1007/s00468-020-01986-9
7. Brüggewirth, M., Winkler, A., Knoche, M. (2016). Xylem, phloem, and transpiration flows in developing sweet cherry fruit. pp. 1821–1830. DOI: 10.1007/s00468-016-1415-4
8. Pedersen, H.L., Fangel, J.U., McCleary, B., Ruzanski, C., Rydahl, M.G., Ralet, M.C. (2012). Versatile high resolution oligosaccharide microarrays for plant glycobiology and cell wall research. *J Biol Chem.* 287 p.

9. Knoche, M., Lang, A. (2017). Ongoing growth challenges fruit skin integrity. *CRC Crit Rev Plant Sci.* no. 36, pp. 190–215.
10. Knoche, M., Grimm, E., Schlegel, H.J. (2014). Mature sweet cherries have low turgor. *J Am Soc Hortic Sci.* no. 139, pp. 3–12.
11. Shubenko, L.A. (2021). Ustoychivost plodov chershni k rastreskivaniyu. Issues of practice and science. Abstracts of II International Scientific and Practical Conference. London, Great Britain. pp. 23–25.
12. Grimm, E., Knoche, M. (2015). Sweet cherry skin has a less negative osmotic potential than the flesh. *J. Am. Soc. Horticul. Sci.* no. 140, pp. 472–479. DOI: 10.21273/JASHS.140.5.472
13. Shubenko, L., Shoh, S., Pavlichenko, A. (2021). Content of dry soluble substances in cherries. Problems and tasks of modern science and practice. Abstracts of IX International Scientific and Practical Conference. Bordeaux, France. pp. 18–19.
14. Brinkmann, T., Kuhnke, F., Grimm, E. (2022). Sweet cherry flesh cells burst in non-random clusters along minor veins. *Planta.* no. 255, 100 p. DOI: 10.1007/s00425-022-03882-7
15. Bound, S.A., Close, D.C., Measham, P.F., Whiting, M.D. (2017). Regulating crop load of ‘Sweetheart’ and ‘Van’ sweet cherry for optimal quality and reduced risk of cracking. *Acta Scientiarum.* Issue 1161, pp. 91–95. DOI: 10.17660/Acta Hortic.2017.1161.16
16. Schumann, C., Schlegel, H.J., Grimm, E., Knoche, M., Lang, A. (2014). Water potential and its components in developing sweet cherry. *J. Am. Soc. Horticul. Sci.* no. 139, pp. 349–355. DOI: 10.21273/JASHS.139.4.349
17. Schumann, C., Winkler, A., Brüggewirth, M., Köpcke, K., Knoche, M. (2019). Crack initiation and propagation in sweet cherry skin: A simple chain reaction causes the crack to «run». *PLoS ONE.* no. 14(7), e0219794. DOI: 10.1371/journal.pone.0219794
18. Shubenko, L.A., Shokh, S.S., Fedoruk, Yu.V., Mykhailiuk, D.V., Vuiko, A.M. (2021). Vmist osnovnykh khimichnykh elementiv u plodakh chershni riznykh strokiv dostyhanntia [The content of the main chemical elements in cherry fruits of different ripening periods] *Ahrobiolohiia: zbirnyk naukovykh prats [Agrobiology: a collection of scientific papers].* Bila Tserkva, BNAU, no. 1 (162), pp. 168–174. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-173-179
19. Winkler, A., Knoche, M. (2019). Calcium and the physiology of sweet cherries: A review. *Scientia Horticulturae.* no. 245, pp. 107–115. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.10.012
20. Winkler, A., Knoche, M. (2021). Penetration of sweet cherry skin by ⁴⁵Ca-salts: pathways and factors. 11142. DOI: 10.1038/s41598-021-90727-0
21. Knoche, M., Lang, A. (2017). Ongoing growth challenges fruit skin integrity. *Critical Reviews in Plant Sciences.* no. 36(3), pp. 190–215.
22. Guo, L.Y. (2019). A comprehensive study of hygroscopic properties of calcium- and magnesium-containing salts: Implication for hygroscopicity of mineral dust and sea salt aerosols. *Atmos. Chem. Phys.* pp. 2115–2133. DOI: 10.5194/acp-19-2115-2019
23. Eroglu, D. (2014). Effect of Preharvest Calcium Treatments on Sweet Cherry Fruit Quality. *Not Bot Horti Agrobi.* no. 42(1), pp. 150–153.
24. Winkler, A., Grimm, E., Knoche, M. (2019). Sweet Cherry Fruit: Ideal Osmometers? *Front. Plant Sci.* no. 10, 164 p. DOI: 10.3389/fpls.2019.00164
25. Bilgener, Ş., Demirsoy, L., Demirsoy, H. (1999). The effects of vapor gard, GA3 and calcium hydroxide applications on fruit cracking in ‘Türkoğlu’ sweet cherry. *Etkilerinin araştırılması. III. National Horticultural Congress, Turkey.* pp. 828–832.
26. Winkler, A., Knoche, M. (2021). Calcium uptake through skins of sweet cherry fruit: Effects of different calcium salts and surfactants. *Sci. Hortic.* DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109761
27. Shubenko, L., Shokh, S., Karpuk, L., Pavlichenko, A., Philipova, L. (2021). Features of growth processes of sweet cherry trees of various ripening terms in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons.* no. 24 (7), pp. 61–67. DOI: 10.48077/scihor.24(7).2021.61-67

Characteristic features of cracking of sweet cherry fruit surface

Shubenko L., Leus V., Mulenok Ya., Donchenko V.

Sweet cherry fruit cracking during the rain has significant economic consequences. The level of cracking can reach as much as 100 % of losses, making the harvest unfit for sale. By understanding the cause of the damage, growers will be able to produce crops of quality cherry fruit. The development of varieties highly resistant to cracking is the main objective of most breeding programs. The article presents the research results on sweet cherry fruit cracking of the varieties of various ripening periods. In the study, fruits of 12 varieties of domestic cherry selection were used. Fruits at shoot ripeness were placed in containers with distilled water and kept for a certain period of time. After 6, 12, and 24 hours of exposure, cracked fruits were identified and the characteristic crack damage for each variety was determined. On fruits with cracked peel, the type of damage was determined, conditionally divided into: at the pedicel, on the side and around the top of the fruit. As a result of observations of cracking of cherry fruits, it was possible to determine the peculiarities of damage of each variety. Types A and B damage is shallow and may heal before the fruit is fully ripe, while C-type damage is deep, often down to the seed, which

causes fruit rotting. Observations revealed that early maturing varieties were characterized by lateral cracking. These were tentatively divided into cracks near the peduncle, on the side, and around the top of the fruit. The observations made it possible to establish that early ripening varieties had the cracking on the side of the fruit. Fruits of medium-ripening varieties cracked mainly around the top of the fruit. Late-ripening varieties were equally characterized by cracking at the peduncle and around the fruit top.

The correlation analysis of the influence of some biological components of the fruit on peel resistance to cracking was carried out. As a general result, among the studied varieties of different ripening dates, it can be stated that the most resistant to cracking were fruits of varieties «Mlievskaya yellow», «Mirazh», «Meotida» and Amazonka'.

Key words: sweet cherry, resistance to cracking, nature of fruit surface damage, peduncle length, pit mass fraction.



Copyright: Шубенко Л.А. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

ORCID iD:

Шубенко Л.А.

Леус В.В.

Муленок Я.О.

<https://orcid.org/0000-0002-8938-9520>

<https://orcid.org/0000-0002-7417-5968>

<https://orcid.org/0000-0001-9015-852X>

