

УДК 634.11:664.8.03:[631.811.98:631.547.66/.67]
DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.2.34>

ЕТИЛЕН-АКТИВНІСТЬ ТА КОМПОНЕНТИ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЯБЛУК СОРТУ РЕНЕТ СИМИРЕНКА ЗАЛЕЖНО ВІД РЕЖИМУ ОХОЛОДЖЕННЯ, ОБРОБКИ ДЕРЕВ ЕТИЛЕНПРОДУЦЕНТОМ І ПЛОДІВ ІНГІБІТОРОМ ЕТИЛЕНУ

Дрозд О. О. – доктор сільськогосподарських наук,
доцент кафедри харчових технологій
Уманського національного університету
ORCID ID: 0000-0002-2419-7624
Scopus-Author ID: 56487799800

Мельник О. В. – доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри плодівництва і виноградарства
Уманського національного університету
ORCID ID: 0000-0002-6707-5731
Scopus-Author ID: 56487335100

Ременюк Л. М. – випускник аспірантури
Уманського національного університету

Стаття присвячена дослідженню змін активності емісії етилену і вмісту компонентів хімічного складу яблук сорту Ренет Симиренка впродовж тривалого холодильного зберігання залежно від режиму охолодження, обробки дерев етиленпродуцентом (Етефон) і плодів інгібітором етилену (1-метилциклопропен).

Дослідження в сезонах зберігання 2012/2013 і 2013/2014 рр. в Уманському національному університеті садівництва. За два тижні до очікуваного збору врожаю насадження обробляли фізіологічно-активною речовиною Етефон (етрел, 180 г/га) з додаванням КАНО (калійна сіль α -нафтилоцтової кислоти, 20 г/га), контрольні ділянки обприскували водою. Яблука заготовляли з настанням збиральної стиглості. У день збирання частину плодів охолоджували за температури 5 ± 1 °C та відносної вологості повітря 90–95 % і наступного дня обробляли 1-МЦП (СмартФреш, 0,068 г/м³). Іншу частину яблук експонували упродовж трьох діб за температури 16 ± 1 °C з наступним охолодженням до 5 ± 1 °C та обробкою 1-МЦП. Далі продукцію шість місяців зберігали в холодильній камері КХР-12М за температури 2 ± 1 °C і відносної вологості повітря 90–95 %. Під час збирання, після двох, чотирьох і шести місяців зберігання визначали етилен-активність, вміст сухих розчинних речовин, титрованих і аскорбінової кислот.

Встановлено, що за передзбиральної обробки дерев Етефоном та затримання охолодження, під час шестимісячного зберігання, етилен-активність плодів зростає усемеро, без обробки Етефоном – утричі. У той же час показник оброблених 1-МЦП яблук не перевищує 1,8 мкл/кг · год., незалежно від обробки дерев етиленпродуцентом і режиму післязбирального охолодження.

Упродовж перших чотирьох місяців зберігання вищий вміст сухих розчинних речовин за обробки дерев Етефоном і тридобового затримання охолодження. За післязбиральної обробки 1-МЦП активність процесів у плодах уповільнена, що забезпечує на кінець зберігання на 0,9 % вищий рівень сухих розчинних речовин.

Відсутність обробки етиленпродуцентом і негайне охолодження плодів після збирання забезпечують вищий вміст титрованих і аскорбінової кислот під час зберігання, а обробка яблук 1-МЦП забезпечує в 1,7 раза вищий вміст титрованих кислот, у тому числі в 2,9 раза – аскорбінової. Під час зберігання залежність вмісту титрованих і аскорбінової кислот від етилен-активності яблук обернено-лінійна.

Ключові слова: яблука, Ренет Симиренка, Етефон, режим охолодження, 1-метилциклопропен, зберігання, етилен-активність, компоненти хімічного складу.

Drozd O. O., Melnyk O. V., Remeniuk L. M. Ethylene activity and chemical parameters of reinette simirenko apples depending on the cooling mode, treatment of trees with ethephon and fruits with ethylene inhibitor

The article is devoted to the study of changes in the activity of ethylene emission and chemical parameters of Reinette Simirenko apples during storage depending on the cooling delay, tree treatment with Ethephon and apple treatment with 1-MCP. Research in the storage seasons 2012/2013 and 2013/2014 at Uman National University of Horticulture. Fourteen days before the expected harvest, trees of late-winter cv. Reinette Simirenko were sprayed with Ethephon (ethrel, 180 g/ha) with the addition of NAA to prevent fruit drop (potassium salt of α -naphthylacetic acid, 20 g/ha); control areas were sprayed with water.

The apples were collected in the stage of early harvest maturity. On the day of harvest, one part of the fruits was cooled at a temperature of 5 ± 1 °C and a relative humidity of 90–95 % and the next day treated with 1-MCP (SmartFresh, 0.068 g/m³). The other part of the apples was exposed for three days at a temperature of 16 ± 1 °C with subsequent cooling to 5 ± 1 °C and treatment with 1-MCP. The fruits were stored for six months in a KHR-12M refrigerating chamber at a temperature of 2 ± 1 °C and a relative humidity of 90–95 %. During harvesting, after two, four and six months of storage, ethylene activity, dry soluble solids, titratable and ascorbic acid content were determined.

It has been established that with pre-harvest tree treatment with Ethephon and delayed fruit cooling, the ethylene activity of fruits during six-month storage increased sevenfold, and without treatment with Ethephon this indicator increased threefold. At the same time, the rate of 1-MCP-treated apples does not exceed 1.8 $\mu\text{l/kg} \cdot \text{h}$, regardless of the treatment with an ethylene producer and post-harvest cooling regime.

During the first four months of storage, the content of dry soluble substances was higher when trees were treated with Ethephon and the fruit was delayed in cooling for three days. Fruit treatment with 1-MCP slowed down the decrease in the content of dry soluble substances and provided a 0.9 % higher content at the end of storage.

The lack of tree treatment with an ethylene producer and immediate fruit cooling after picking ensure a higher content of titratable and ascorbic acids in the fruits during storage. Post-harvest treatment of apples with 1-MCP provides a 1.7-fold higher content of titrated acids, including 2.9-fold higher content of ascorbic acid. During storage, the dependence of the content of titrated and ascorbic acids on the ethylene activity of apples is inversely linear.

Key words: apple, Reinette Simirenko, Ethephon, cooling delay, 1-methylcyclopropene, storage, ethylene emission, chemical parameters.

Постановка проблеми. Етилен посідає важливу роль у життєдіяльності плодових рослин [1], покращує смак і аромат яблук під час дозрівання [2]. У плодових насадженнях етиленпродуцент Етефон (етрел) застосовують для проріджування зав'язі і покращення забарвлення яблук [3]. У той же час, обприскування дерев Етефоном підвищує етилен-активність і передзбиральне дозрівання плодів [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вміст та співвідношення сухих розчинних речовин, органічних кислот, вітамінів – основні біохімічні показники харчової цінності, що визначають смак плодів [5]. Протягом перших двох – трьох місяців холодильного зберігання вміст сухих розчинних речовин зазвичай зростає, надалі знижуються, а органічних кислот, зокрема природного антиоксиданту аскорбінової (вітамін С), – неухильно зменшується [6, 7, 8].

Зважаючи на загрозу ранньоосінніх заморозків і небажаний брудно-коричневий рум'янець, у середній кліматичній зоні України яблука пізньозимового сорту Ренет Симиренка нерідко збирають передчасно, що негативно впливає на смак плодів.

Післязбиральне дозрівання плодів прискорюють експозицією при підвищеній температурі після збирання, однак добове затримання з охолодженням на 10 діб скорочує тривалість зберігання. Післязбиральна обробка інгібітором етилену 1-метилциклопропеном (1-МЦП) компенсує негативний вплив затримання післязбирального охолодження [9], уповільнюючи втрату сухих розчинних речовин та органічних кислот [10], зокрема аскорбінової [11].

Мета дослідження – оцінка етилен-активності і вмісту хімічних компонентів у плодах за вдосконаленої технології зберігання яблук пізньозимового сорту Ренет Симиренка з передзбиральною обробкою дерев Етефоном, затриманням післязбирального охолодження й обробкою плодів інгібітором етилену 1-МЦП.

Дослідження в сезонах зберігання 2012/2013 і 2013/2014 рр. проводили в Уманському національному університеті садівництва. Насадження яблуні пізньозимового сорту Ренет Симиренка – на карликовій підщепі М.9 зі схемою садіння $4,0 \times 1,0$ м, із залуженням міжрядь і чистим паром у пристовбурних смугах. За два тижні до очікуваного збору врожаю дерева обробляли фізіологічно-активною речовиною Етефон (етрел, 180 г/га) з додаванням КАНО (калійна сіль α -нафтилоцтової кислоти – для запобігання передчасному опаданню плодів, 20 г/га), контрольні ділянки обприскували водою; витрата робочої рідини – 300 л/га. Планування, ведення досліду й обробку результатів здійснювали загальноприйнятими методами [12].

Яблука заготовляли з настанням збиральної стиглості, беручи до уваги індекс Стрейфа [13]. З типових дерев відбирали однорідну за ступенем стиглості продукцію вищого товарного сорту за ГСТУ 01.1-37-160:2004 та вміщували в ящики № 75 (ГОСТ 10131-93), поділені на три частини – повторності (по 7 кг) перегородинками з цупкого паперу.

У день збирання частину плодів охолоджували за температури 5 ± 1 °С та відносної вологості повітря 90–95 % і наступного дня обробляли 1-МЦП (СмартФреш, 0,068 г/м³); іншу частину експонували упродовж трьох діб за температури 16 ± 1 °С з наступним охолодженням до 5 ± 1 °С й обробкою 1-МЦП.

Для обробки ящики з яблуками ставили в газонепроникний контейнер з плівки завтовшки 200 мк і циркуляцією повітря автономним вентилятором, куди вміщували склянку з дистильованою водою й обчисленою на одиницю об'єму контейнера дозою порошкоподібного препарату (з розрахунку 0,068 г/м³, рекомендація виробника). Після 24-годинної експозиції контейнер згортали і плоди ставили на зберігання в холодильну камеру КХР-12М за температури 2 ± 1 °С і відносної вологості повітря 90–95 %. Яблука з необроблених дерев, без обробки 1-МЦП та без триденної експозиції – контроль.

Інтенсивність виділення плодами етилену (у мкл/кг · год.) визначали в динаміці портативним газоаналізатором ІСА-56 з електрохімічним детектором (International controlled atmosphere ltd., Великобританія) з точністю $\pm 0,2$ ppm у діапазоні 0...100 ppm [14]. Вміст сухих розчинних речовин, титрованих кислот й аскорбінової кислоти оцінювали після збирання та двох, чотирьох і шести місяців зберігання. Вміст сухих розчинних речовин визначали рефрактометром РПЛ-3М за ДСТУ ISO 2173:2007, титрованих кислот – у перерахунку на яблучну – за ГОСТ 25555.0-82, аскорбінової кислоти – титрометричним методом за ГОСТ 24556-89, з триразовим повторенням.

Температуру в камері контролювали спиртовими термометрами й автоматично, відносну вологість повітря – гігрометром. Результати досліджень обробляли дисперсійним аналізом за програмою «Statistica-12».

Виклад основного матеріалу. Під час зберігання етилен-активність плодів без обробки 1-МЦП постійно зростала, на що подіяла передзбиральна обробка дерев Етефоном та післязбиральне охолодження яблук. Найвищу активність наприкінці зберігання – 20 мкл/кг·год. – зафіксовано для оброблених Етефоном й охолоджених із затримкою плодів, дещо нижчу – 18 мкл/кг·год. – у негайно охолоджених яблук (рис. 1, зліва). За відсутності передзбиральної обробки етилен-активність

оохолоджених із затримкою плодів у 1,5 раза, а негайно оохолоджених – у 1,2 раза нижча, порівняно з показником оброблених Етефоном. За обробки яблук 1-МЦП показник не перевищує рівня 1,8 мкл/кг·год., незалежно від обробки дерев етиленпродуцентом і наявності післязбирального оохолодження.

У початковий період зберігання у плодах дещо зростав вміст сухих розчинних речовин, надалі суттєво знижуючись (рис. 1, справа).

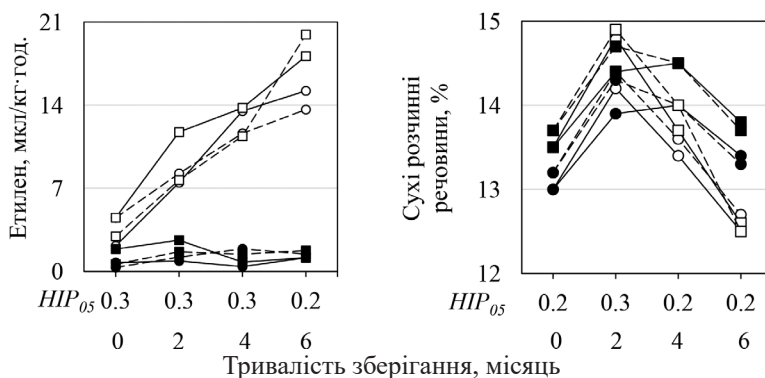


Рис. 1. Динаміка виділення етилену (зліва) і зміна вмісту сухих розчинних речовин (справа) яблук сорту Ренет Симиренка, залежно від перед- і післязбиральної обробки, під час зберігання (середнє 2012–2013 рр.):

негайне оохолодження:

—○— без Етефону, без 1-МЦП;

—●— без Етефону, з 1-МЦП;

—□— з Етефоном, без 1-МЦП;

—■— з Етефоном, з 1-МЦП.

тридобове затримання оохолодження:

--○-- без Етефону, без 1-МЦП;

--●-- без Етефону, з 1-МЦП;

--□-- з Етефоном, без 1-МЦП;

--■-- з Етефоном, з 1-МЦП.

Після двох місяців найвищий (14,9 %) рівень показника виявлено в оброблених Етефоном плодах і на 0,5–0,7 % менше – без такої обробки, незалежно від режиму оохолодження. В оброблених 1-МЦП плодах рівень сухих розчинних речовин знижувався менш інтенсивно, сягнувши на кінець шестимісячного зберігання значень 13,7–13,8 % для оброблених та 13,3–13,4 % – необроблених Етефоном яблук, незалежно від режиму оохолодження. Показник плодів без обробки 1-МЦП відповідно на 1,1–1,3 та 0,6–0,9 % нижчий.

Одразу після збирання вищим рівнем титрованих кислот вирізнялися негайно оохолоджені плоди з необроблених Етефоном дерев (рис. 2, зліва).

Застосування обробки етиленпродуцентом і тридобового затримання оохолодження прискорили зниження титрованої кислотності під час зберігання. На кінець шести місяців зберігання вміст титрованих кислот у необроблених Етефоном і негайно оохолоджених плодах знизився в 2,4 раза, оохолоджених із затриманням – в 3,1 раза, відносно початкового значення. У той же час обробка 1-МЦП уповільнила процес відповідно в 1,6 та 1,9 раза.

Передзбиральна обробка дерев Етефоном прискорила зниження вмісту органічних кислот під час зберігання в негайно оохолоджених яблуках в 3,6 раза й оохолоджених із затриманням – в 3,8 раза, відносно початкового значення. За обробки цих плодів 1-МЦП рівень показника зменшився відповідно в 1,9 і 2,2 раза.

Схожа тенденція спостерігалася щодо зміни вмісту в плодах аскорбінової кислоти (див. рис. 2, справа). Суттєву втрату аскорбінової кислоти на кінець

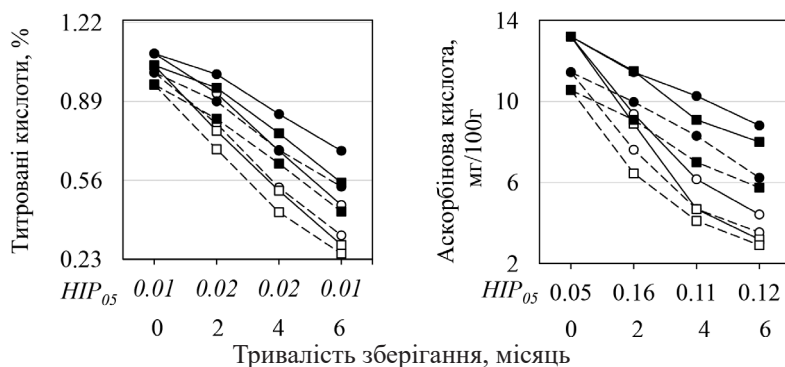


Рис. 2. Зміна вмісту титрованих (зліва) та аскорбінової (справа) кислот в яблуках сорту Ренет Симиренка, залежно від перед- і післязбиральної обробки, під час зберігання (середнє 2012–2013 рр.):

негайне охолодження:

—○— без Етефону, без 1-МЦП;

—●— без Етефону, з 1-МЦП;

—□— з Етефоном, без 1-МЦП;

—■— з Етефоном, з 1-МЦП.

тридобове затримання охолодження:

--○-- без Етефону, без 1-МЦП;

--●-- без Етефону, з 1-МЦП;

--□-- з Етефоном, без 1-МЦП;

--■-- з Етефоном, з 1-МЦП.

шестимісячного зберігання встановлено для оброблених Етефоном яблук за обох режимів охолодження – нижчий в 4,1 і 3,6 раза вміст відносно початкового, а також необроблених Етефоном з тридобовим затриманням охолодження (нижчий в 3,2 раза).

За обробки негайно охолоджених яблук 1-метилциклопропеном, без обробки дерев Етефоном, рівень аскорбінової кислоти зменшився лише в 1,5, а за обробки Етефоном – в 1,7 раза. Показник цих плодів із тридобовим затриманням охолодження знизився відносно початкового в 1,8 раза. На кінець шести місяців зберігання вищий залишковий рівень аскорбінової кислоти в негайно охолоджених й оброблених 1-МЦП плодах, незалежно від обробки дерев Етефоном.

Вищий вміст сухих розчинних речовин зафіксовано за обробки дерев Етефоном і тридобового затримання охолодження лише упродовж перших чотирьох місяців зберігання (таблиця). Обробка плодів 1-МЦП уповільнила зниження сухих розчинних речовин з другого місяця зберігання, забезпечивши на кінець на 0,9 % вищий рівень показника.

Відсутність обробки дерев етиленпродуцентом і негайне охолодження плодів після збирання забезпечили вищий вміст в плодах титрованих та аскорбінової кислот під час зберігання. Після шести місяців вміст кислот в 1,3 раза вищий у необроблених Етефоном і негайно охолоджених яблук; обробка 1-МЦП забезпечила в 1,7 раза вищий вміст титрованих кислот, зокрема в 2,9 раза – аскорбінової кислоти.

Залежність вмісту титрованих і аскорбінової кислот від етилен-активності яблук обернено-лінійна: за вищої етилен-активності вміст титрованих й аскорбінової кислот нижчий (рис. 3).

Висновки. За передзбиральної обробки Етефоном дерев яблуні сорту Ренет Симиренка, у поєднанні із затриманням охолодження, етилен-активність плодів під час шестимісячного зберігання зростає усемеро, без обробки Етефоном – утричі. Показник оброблених 1-МЦП яблук не перевищує 1,8 мкл/кг·год., незалежно від обробки дерев етиленпродуцентом і режиму післязбирального охолодження.

Таблиця 1

Вміст сухих розчинних речовин, аскорбінової і титрованих кислот в яблуках сорту Ренет Симиренка залежно від режиму охолодження, обробки дерев Етефоном та плодів 1-МЦП (результати дисперсійного аналізу, врожай 2012–2013 рр.)

Тривалість зберігання, міс.	Передзбиральна обробка			Післязбиральне охолодження			Доза Смарт-Фреш, г/м ³		
	Без обробки	Етефон з КАНО	HIP_{05}	Негайне	Затримка на 3 доби	HIP_{05}	0	0,068	HIP_{05}
Сухі розчинні речовини, %									
0	13,1	13,6	0,1	13,3	13,4	0,1	13,4	13,4	$F_{\phi} < F_{0,5}$
2	14,2	14,7	0,2	14,3	14,6	0,2	14,5	14,3	0,2
4	13,8	14,2	0,1	13,9	14,0	0,1	13,7	14,2	0,1
6	13,0	13,1	$F_{\phi} < F_{0,5}$	13,1	13,0	$F_{\phi} < F_{0,5}$	12,6	13,5	0,1
Титровані кислоти, %									
0	1,05	1,01	0,02	1,07	1,00	0,02	1,02	1,03	$F_{\phi} < F_{0,5}$
2	0,90	0,81	0,01	0,91	0,80	0,01	0,80	0,91	0,01
4	0,68	0,58	0,01	0,70	0,57	0,01	0,54	0,73	0,01
6	0,50	0,38	0,01	0,50	0,39	0,01	0,33	0,55	0,01
Аскорбінова кислота, мг/100 г									
0	12,30	11,9	0,02	13,20	11,00	0,02	12,10	12,10	$F_{\phi} < F_{0,5}$
2	9,60	8,80	0,08	10,10	8,28	0,08	7,88	10,49	0,08
4	7,35	6,22	0,05	7,55	6,03	0,05	4,91	8,66	0,05
6	5,75	4,96	0,06	6,11	4,60	0,06	2,52	7,19	0,06

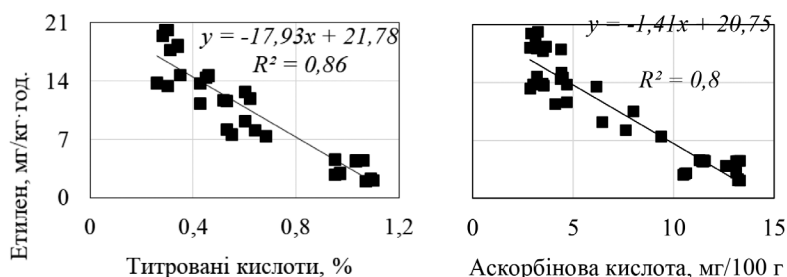


Рис. 3. Взаємозв'язок вмісту титрованих (зліва) й аскорбінової кислот (справа) в яблуках сорту Ренет Симиренка з виділенням плодами етилену

Вищий вміст сухих розчинних речовин – за обробки дерев Етефоном і тридогового затримання охолодження лише упродовж перших чотирьох місяців зберігання. Обробка плодів 1-МЦП уповільнює зниження вмісту сухих розчинних речовин, забезпечуючи на 0,9 % вищий рівень показника на кінець зберігання.

Відсутність обробки дерев етиленпродуцентом і негайне охолодження плодів після збирання забезпечують вищий вміст титрованих й аскорбінової кислот під час зберігання плодів. За післязбиральної обробки яблук 1-МЦП вміст титрованих

кислот в 1,7 раза вищий і в 2,9 раза вищий – аскорбінової. Взаємозв'язок етилен-активності (y) яблук зі вмістом титрованих ($y = -17,93x + 21,78$, $R^2 = 0,86$) й аскорбінової кислот ($y = -1,41x + 20,75$, $R^2 = 0,88$) під час зберігання обернено-лінійний.

Подяка компанії «AgroFresh» (Польща) за надання препарату «СмартФреш».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Igbal N., Khan N. A., Ferrante A., Trivellini A., Francini A., Khan M. I. R. Ethylene role in plant growth, development and senescence: interaction with other phytohormones. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. P. 1–19. DOI: 10.3389/fpls.2017.00475
2. Qi W., Wang H., Zhou Z., Yang P., Wu W., Li Z. Ethylene emission as a potential indicator of Fuji apple flavor quality evaluation under low temperature. *Horticultural Plant Journal*. 2020. Vol. 6 (4). P. 231–239. DOI: 10.1016/j.hpj.2020.03.007
3. Duyvelshoff C., Cline J. A. Ethephon and prohexadione-calcium influence the flowering, early yield, and vegetative growth of young Northern Spy apple trees. *Scientia Horticulturae*. 2013. Vol. 151. P. 128–134. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.12.002
4. Schultz E. E., Mallmann W. L., Ludwig V., Thewes F. R., Pasquetti, B. M. R. Aminoethoxyvinylglycine, naphthalene acetic acid and ethephon: impacts on pre-harvest fruit drop, volatile compounds profile, and overall quality of 'Galaxy' apples. *Erwerbs-Obstbau*. 2023. Vol. 65 (1). P. 7–23. DOI: 10.1007/s10341-022-00691-w
5. Nistor O.-V., Botez E., Mocanu G. D., Andronoiu D. G., Macovei V. M. Study of the apple parameters variation during refrigeration storage. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 2011. Vol. 17 (4). P. 439–444.
6. Ferreira C., Ribeiro C., Nunes F. M. Effect of storage conditions on phenolic composition, vitamin C and antioxidant activity of Golden Delicious and Red Delicious apples. *Postharvest Biology and Technology*. 2024. Vol. 210(21). P. 1–8. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2023.112754
7. Jan I., Rab A., Sajid M. Storage performance of apple cultivars harvested at different stages of maturity. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 2012. Vol. 22(2). P. 438–447.
8. Lemmens E., Alos E., Rymenants M., Storme N., Keulemans W. J. Dynamics of ascorbic acid content in apple (*Malus x domestica*) during fruit development and storage. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2020. Vol. 151. P. 47–59. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.03.006
9. Kurubas M. S., Erkan M. Impacts of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest quality of Ankara pears during long-term storage. *Turkish journal of Agriculture and Forestry*. 2018. Vol. 42(2). P. 88–96. DOI: 10.3906/tar-1706-72
10. Kolniak-Ostek J., Wojdylo A., Markowski J., Siucinska K. 1-Methylcyclopropene postharvest treatment and their effect on apple quality during long-term storage time. *European Food Research and Technology*. 2014. № 239. P. 603–612.
11. Moor U., Karp K., Poldma P., Starast M. Effect of 1-MCP treatment on apple biochemical content and physiological disorders. *Acta Agronomica Hungarica*. 2007. Vol. 55(1). P. 61–70. DOI: 10.1556/AAgr.55.2007.1.7
12. Методичні рекомендації з питань зберігання і переробки плодів та ягід. К. : Укр. НДІ садівництва. 1980. 75 с.
13. Streif J. Optimum harvest date for different apple cultivars in the Bodensee area. Proceedings of a meeting working group optimum harvest date, 9–10 june. 1994. Lofthus, Norway. 1994. P. 178–183.
14. Дрозд О. О., Мельник О. В. Визначення етилен-активності плодів. *Modern research in world science: матер. XI Міжн. наук.-практ. конф.* (29–31.01.2023). Львів, 2023. С. 46–48.

REFERENCES:

1. Igbal, N., Khan, N. A., Ferrante, A., Trivellini, A., Francini, A., Khan, M. I. R. (2017). Ethylene role in plant growth, development and senescence: interaction with other phytohormones. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1–19. DOI: 10.3389/fpls.2017.00475
2. Qi, W., Wang, H., Zhou, Z., Yang, P., Wu, W., Li, Z. (2020). Ethylene emission as a potential indicator of Fuji apple flavor quality evaluation under low temperature. *Horticultural Plant Journal*, 6 (4), 231–239. DOI: 10.1016/j.hpj.2020.03.007
3. Duyvelshoff, C., Cline, J. A. (2013). Ethephon and prohexadione-calcium influence the flowering, early yield, and vegetative growth of young Northern Spy apple trees. *Scientia Horticulturae*, 151, 128–134. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.12.002
4. Schultz, E. E., Mallmann, W. L., Ludwig, V., Thewes, F. R., Pasquetti, B. M. R. (2023). Aminoethoxyvinylglycine, naphthalene acetic acid and ethephon: impacts on pre-harvest fruit drop, volatile compounds profile, and overall quality of ‘Galaxy’ apples. *Erwerbs-Obstbau*, 65 (1), 7–23. DOI: 10.1007/s10341-022-00691-w
5. Nistor, O.-V., Botez, E., Mocanu, G. D., Andronoiu, D. G., Macovei, V. M. (2011). Study of the apple parameters variation during refrigeration storage. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 17 (4), 439–444.
6. Ferreira, C., Ribeiro, C., Nunes, F. M. (2024). Effect of storage conditions on phenolic composition, vitamin C and antioxidant activity of Golden Delicious and Red Delicious apples. *Postharvest Biology and Technology*, 210 (21), 1–8. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2023.112754
7. Jan, I., Rab, A., Sajid, M. (2012). Storage performance of apple cultivars harvested at different stages of maturity. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 22 (2). P. 438–447.
8. Lemmens, E., Alos, E., Rymenants, M., Storme, N., Keulemans, W. J. (2020). Dynamics of ascorbic acid content in apple (*Malus x domestica*) during fruit development and storage. *Plant Physiology and Biochemistry*, 151, 47–59. DOI: 10.1016/j.plaphy.2020.03.006
9. Kurubas, M. S., Erkan, M. (2018). Impacts of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest quality of Ankara pears during long-term storage. *Turkish journal of Agriculture and Forestry*, 42(2), 88–96. DOI: 10.3906/tar-1706-72
10. Kolniak-Ostek, J., Wojdylo, A., Markowski, J., Siucinska, K. (2014). 1-Methylcyclopropene postharvest treatment and their effect on apple quality during long-term storage time. *European Food Research and Technology*, no 239, 603–612.
11. Moor, U., Karp, K., Poldma, P., Starast, M. (2007). Effect of 1-MCP treatment on apple biochemical content and physiological disorders. *Acta Agronomica Hungarica*, 55(1), 61–70. DOI: 10.1556/AAgr.55.2007.1.7
12. Metodychni rekomendaciji z pytan zberigannia i pererobky plodiv ta jagid. (1980). [Methodical recommendations on storage and processing of fruits and berries]. K. : Ukr. NDI sadivnyctva, 75 [in Ukrainian].
13. Streif, J. (1994). Optimum harvest date for different apple cultivars in the Bodensee area. *Proceedings of a meeting working group optimum harvest date*, 9–10 june. 1994. Lofthus, Norway, 178–183.
14. Drozd, O. A., Melnyk, A. V. (2023). Vyznachennia etylen-aktyvnosti plodiv. [Betermination of ethylene activity of fruits]. *Modern research in world science: mater. XI Mizhn. nauk.-prakt. konf. (29–31.01.2023)* [in Ukrainian].