

VLIV INFEKCE PNRSV A PDV NA MRAZUODOLNOST VIŠNÍ

THE INFLUENCE OF PRUNUS NECROTIC VIRUS AND PLUM DWARF VIRUS ON FROST RESISTANCE OF SOUR CHERRY

Liliia Pavliuk¹, Iryna Riaba², Viktoriia Kryvoshapko², Mykola Bublyk²,
Kateryna Udovychenko²

¹ VÝZKUMNÝ A ŠLECHTITELSKÝ ÚSTAV OVOCNÁŘSKÝ HOLOVOUSY s.r.o.,
Holovousy 129, 508 01, Česká republika

² Ústav zahradnictví Národní akademie věd, Oddělení virologie, zlepšování zdraví a reprodukce
ovocných dřevin a drobného ovoce, Sadova 23, Kyjev, 03027 Ukrajina

email: liliia.pavliuk@vsuo.cz, ORCID ID: 0000-0002-5357-9322

ABSTRAKT

Tento článek představuje výsledky stanovení vlivu virové infekce na mrazuodolnost odrůd višně ukrajinského šlechtění. Byly použity odrůdy 'Ksenia' a 'Boguslavka'. Bylo srovnáváno poškození pletiv pupenů a výhonů při teplotách 4 °C, -25 °C, -30 °C na rostlinách infikovaných virem (PNRSV u odrůdy 'Ksenia', PDV u odrůdy 'Boguslavka') a rostlinách zdravých. Stupeň poškození mrazem byl klasifikován na stupnici od nuly (bez poškození) do pěti (100% poškození pletiv). V každé variantě bylo testováno 10–34 pupenů a 3–14 výhonů. Bylo zjištěno, že viry PDV a PNRSV mají negativní vliv na mrazuodolnost pletiv pupenů. Při -25 °C dosáhl průměrný stupeň poškození pletiv pupenů 3,2 bodu u odrůdy 'Ksenia' (PNRSV) a 4,1 bodu u odrůdy 'Boguslavka' (PDV). Při -30 °C byl stupeň poškození pupenů obou odrůd 4,2 bodu. Na pletivech výhonů se stejné teploty projevovaly méně. Nejvyšší poškození bylo zaznamenáno v pletivech kambia infikované odrůdy 'Boguslavka' při -30 °C a nejnižší bylo ve vzorcích kůry infikované odrůdy 'Ksenia' (0,8 bodu při -25 °C).

Klíčová slova: *Prunus cerasus*, pupen, výhon, kůra, kambiální pletiva, xylém, střední válec

ABSTRACT

This article presents the results of testing the effect of virus infection on the frost resistance of sour cherry varieties of Ukrainian breeding. 'Ksenia' and 'Boguslavka' varieties were used. Damage to the tissues of buds and shoots at temperatures of 4 °C, -25 °C, -30 °C was compared on plants infected with viruses (PNRSV in the variety 'Ksenia', PDV in the variety 'Boguslavka') and healthy plants. The degree of frost damage was classified on a scale from zero (no damage) to five (100% tissue damage). In each variant, 10–34 buds and 3–14 shoots were tested. It was found that the PDV and PNRSV viruses have a negative effect on the frost resistance of bud tissues. At -25°C, the average degree of bud tissue damage reached 3.2 points in the variety 'Ksenia' (PNRSV) and 4.1 points in the variety 'Boguslavka' (PDV). At -30 °C, the degree of damage to the buds of both varieties was 4.2 points. The same temperatures had a less impact on the tissues of the shoots. The highest damage was recorded

in cambium tissues of the infected 'Boguslavka' variety at $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, and the lowest was in bark samples of the infected 'Ksenia' variety (0.8 points at $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Keywords: *Prunus cerasus*, PNRSV, PDV, bud, shoot, bark, cambium, xylem, pith

ÚVOD

Podle Státní statistické služby Ukrajiny byla v roce 2022 celková plocha višňových plantáží 20,8 tisíc hektarů, což je asi 35 % celkové plochy všech peckovin. Jejich celková sklizeň dosahuje 180,2 tis. tun, díky čemuž se Ukrajina řadí na třetí místo v produkci višně na světě (FAOSTAT). Klima Ukrajiny umožňuje pěstování této kultury po celé zemi, protože zahrnuje tři agroklimatické zóny – step, lesostep a les. Průměrné teploty v lednu klesají od $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ na jižním Krymu do $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ na severu Ukrajiny, od $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ na západě do $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ na východě země. Nejteplejší zima je na jihozápadním a jižním pobřeží Krymu, kde průměrné teploty v lednu dosahují $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Leden je nejchladnější měsíc, rekordní minusové teploty byly zaznamenány v některých letech v lednu až únoru s hodnotami od -26° do $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Boychenko *et al.*, 2017).

Nízká zimní teplota a jarní mrazy patří mezi nejdůležitější abiotické faktory, které mohou ovlivnit produktivitu ovocných plodin (McCartney *et al.*, 2003). Višeň je považována za mrazuodolnou plodinu, v podmínkách Ukrajiny může nadzemní část této rostliny odolat poklesu teploty na $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ a pupeny -28 až $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Zamorskyi a Zamorska, 2021). Škody způsobené nízkými teplotami však závisí na mnoha faktorech, jako je odrůda, podnož, provedení agrotechnických opatření, zdravotní stav, délka expozice nízkým teplotám (Demirsoy *et al.*, 2022). Je třeba poznamenat, že virové a bakteriální infekce rostliny ji činí zranitelnou vůči jarním mrazům, což následně vede k negativním důsledkům během tvorby plodů (Paliwal a Andrews, 1979; Pallas *et al.*, 2012; Kytaiev a Kryvoshapka 2016; Samara *et al.*, 2017; Prasad *et al.*, 2022). Na Ukrajině jsou nejčastějšími virovými patogeny peckovin virus nekrotické kroužkovitosti slivoně (*Prunus necrotic ringspot virus*, PNRSV) a virus zakrslosti slivoně (*Prune dwarf virus*, PDV), jejich podíl na mateřských plantážích višně a třešně je 11,8 a 8,7 %. Tyto viry jsou ve srovnání s jinými viry peckovin nejběžnější na světě (Mandic *et al.*, 2007; Pérez-Sánchez *et al.*, 2015; Pérez-Sánchez *et al.*, 2017; Upadyshev *et al.*, 2017; Pavliuk *et al.*, 2019).

Ztráty na výnosech višně způsobené PDV mohou dosáhnout až 50 %, virus může omezit i růst mladých stromků. Zatímco pod vlivem PNRSV klesá výnos o 20–60 %, zpožďuje se dozrávání plodů a zvyšuje se citlivost rostlin na nepříznivé abiotické faktory. Komplexní infekce těmito viry vede k redukci květních pupenů a k tvorbě bezlistých výhonů (Pallas *et al.*, 2012; Kamenova *et al.*, 2019). Neexistují však žádné údaje o vlivu virové infekce PNRSV a PDV na mrazuodolnost odrůd višně. V našich předchozích studiích (Pavliuk *et al.*, 2021) byla zjištěna variabilita ukrajinských izolátů těchto patogenů a bylo zjištěno, že izolát PNRSV (MT828889) patří ke kmenu PV–96, který je schopen způsobit slabé až středně silné příznaky choroby (Pallas *et al.*, 2012). Naproti tomu izolát PDV (MT828888) se vyznačuje odlišností od ostatních známých izolátů od 85,9 do 94,9 %. Cílem naší práce bylo proto prozkoumat vliv ukrajinských izolátů těchto patogenů na mrazuodolnost květních pupenů a jednotlivých pletiv výhonů odrůd višně ukrajinského šlechtění.

MATERIÁLY A METODY

Výzkum byl prováděn v letech 2020 a 2021 na Oddělení virologie, zlepšování zdraví a reprodukce ovocných dřevin a drobného ovoce Ústavu zahradnictví Národní akademie věd (Kyjev, Ukrajina). Pro experiment byly vybrány dvě odrůdy višně: 'Kseniia' s infekcí PNRSV a 'Boguslavka' s PDV, jako kontroly byly použity stejné odrůdy bez virové infekce. Pro studii byly použity jednoleté výhony se stejnou růstovou vitalitou. Vzorky byly odebrány v období vegetačního klidu, v lednu, kdy byla teplota vzduchu nižší než $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zkoumané odrůdy byly pěstovány na podnoži višně mahalebka (*Prunus mahaleb*), ve sponu $5 \times 3\text{ m}$.

Mrazuodolnost pupenů a kambálních pletiv višně byla zjišťována při anatomických a mikroskopických studiích laboratorní metodou umělého vytváření nízkých teplot (Bublyk *et al.*, 2013) při teplotách $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a variantně při teplotě $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jako kontrolní vzorek byly použity stejné odrůdy višně bez virové infekce. Pro studii bylo použito celkem 265 vzorků pupenů a 149 vzorků výhonů (Tabulka 1).

Tabulka 1. Materiál a podmínky výzkumu

Table 1. Material and conditions of the research

| Odrůda ¹ | Teplota $^{\circ}\text{C}$ ² | Pupeny ³ | | Výhony ⁴ | |
|---------------------------|---|---|----------------------------------|---|----------------------------------|
| | | Zdravé rostliny (κ) ⁵ | Infikované rostliny ⁶ | Zdravé rostliny (κ) ⁵ | Infikované rostliny ⁶ |
| 'Ksenia' | 4 | 17 | 28 | 14 | 14 |
| | -25 | 32 | 22 | 14 | 14 |
| | -30 | 28 | 16 | 14 | 14 |
| 'Boguslavka' | 4 | 18 | 24 | 14 | 14 |
| | -25 | 10 | 34 | 14 | 3 |
| | -30 | 16 | 20 | 14 | 6 |
| Celkem⁷ | | 265 | | 149 | |

1) Variety, 2) Temperature, 3) Buds, 4) Shoots, 5) Healthy plants, 6) Infected plants, 7) Total

Rozsah poškození byl stanoven podle následující stupnice:

0 – bez poškození;

1 – mírná změna barvy, poškození do 20 %, hranice pletiv jsou jasně viditelné;

2 – střední poškození pletiv (40 %);

3 – střední poškození pletiv s jasným zhnědnutím hranic na styku s ostatními pletivy (60 %);

4 – těžké poškození pletiv: hnědé pletivo s černými okraji u hranic s ostatními pletivy (80 %);

5 – úplné odumření pletiva, nemožnost vizuálně oddělit jedno pletivo od druhého (100 %).

V našem případě jsme procento postižených pletiv určovali podle změny barvy ze světle zelené na hnědou.

Statistické zpracování výsledků bylo provedeno pomocí softwaru pro zpracování dat MS Excel s výpočtem směrodatné odchylky a T-testu.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Poškození generativních orgánů rostlin nízkými teplotami obvykle vede k vnitřním a vnějším morfologickým abnormalitám, které negativně ovlivňují normální vývoj plodů nebo dokonce způsobují pokles plodnosti. Defekty pupenů způsobené nízkými teplotami se mohou projevit ve formě fasciace prašníku, za těchto podmínek květ dále roste a vyvíjí se, ale takový plod obvykle opadne (Rodrigo, 2000).

Na základě analýzy našich výsledků můžeme říct, že infikované vzorky měly vyšší stupeň poškození nízkými teplotami (Tabulka 2). V neinfikovaných orgánech ve stavu hluboké dormance bylo pozorováno poškození pupenů na úrovni 1,2 u odrůdy 'Ksenia' a na úrovni 1,0 u odrůdy 'Boguslavka', zatímco u infikovaných rostlin při 4 °C bylo poškození pupenů vyšší o 0,3 bodu ('Ksenia', PNRSV) a 0,8 ('Boguslavka', PDV). Významné poškození pletiv bylo zaznamenáno při zmrazení infikovaných vzorků pupenů při teplotě -25 °C. U odrůdy 'Ksenia' byl tento ukazatel ohodnocen na 3,2 bodu, což je o 1,8 bodu více než u zdravého vzorku, a u odrůdy 'Boguslavka' 4,1 bodu, což je rozdíl od neinfikovaného vzorku o 2,2 bodu.

Tabulka 2. *Stupeň poškození generativních pupenů višně v letech 2020 a 2021*

Table 2. *Degree of damage to generative sour cherry buds in 2020 and 2021*

| Odrůda ¹ | Teplota °C ² | Zdravé rostliny (κ) ³ | Infikované rostliny ⁴ | P |
|---------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------|
| 'Ksenia' | 4 | 1,2± 0,2 | 1,5±0,2 | <0,05 |
| | -25 | 1,7± 0,3 | 3,2±0,6 | <0,01 |
| | -30 | 3,2± 0,6 | 4,2±0,5 | <0,01 |
| 'Boguslavka' | 4 | 1± 0,03 | 1,8±0,3 | <0,01 |
| | -25 | 1,9± 0,4 | 4,1± 0,7 | <0,01 |
| | -30 | 2,1±0,6 | 4,2±0,5 | <0,01 |

1) Variety, 2) Temperature, 3) Healthy plants, 4) Infected plants

Při teplotě -30 °C se poškození pupenů zvýšilo. Ve vzorcích zdravých rostlin to bylo 2,1 a 3,2 bodu u odrůd 'Boguslavka' a 'Ksenia', zatímco infikované varianty vykázaly stejný výsledek – 4,2 bodu. Podle údajů z dostupné literatury je průměrné procento úhynu třešňových pupenů při -25 °C 67 % (Ozherelieva a Liakhova, 2019), přičemž byly zaznamenány rozdíly v závislosti na odrůdě a podnoži. Stojí za zmínku, že mrazuodolnost odrůd višně se může lišit v závislosti na volbě podnože, přičemž višně turecká mahalebka patří mezi podnože s nejvyšší mrazuodolností (Demirsoy *et al.*, 2022). Lze tedy předpokládat, že v naší studii měla podnož vliv i na mrazuodolnost pupenů zdravých rostlin.

Stupeň poškození výhonů byl stanoven na základě prohlídky řezů kůry, kambia, xylému a středního válce (Tabulka 3). Na rozdíl od pletiv pupenů byly výhony nízkými teplotami poškozeny méně a stupeň poškození napadených rostlin nepřesáhlo 2,9 bodu. U vzorků odrůdy 'Ksenia' bez umělého zamrazování činil rozdíl mezi poškozením kůry 0,3 bodu, zatímco poškození ostatních pletiv pouze 0,1 bodu. Se zvýšením záporné teploty jsme pozorovali zvýšení plochy poškozených pletiv. U odrůdy 'Ksenia' při -25 °C se rozdíl mezi infikovanými a zdravými rostlinami pohyboval od 0,1 do 0,9 bodu a při -30 °C od 0,1 do 0,4 bodu v závislosti

na typu pletiva. Největší poškození při umělém zmrazení bylo způsobeno na pletivech středního válce – 2,1 bodu u infikovaných rostlin a 2,0 bodu u zdravých rostlin. Toto poškození bylo pozorováno v obou variantách záporných teplot. Vzorky pletiv 'Boguslavka' bez zmrazení byly poškozeny v rozmezí 1–1,7 bodu, nejvíce bylo poškozeno pletivo středního válce – 1,7 bodu u infikovaného vzorku. Podobně jako u předchozí odrůdy bylo zaznamenáno zvýšení bodového hodnocení při $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Za zmínku stojí, že střední válec měl při obou teplotách stejné poškození – 1,9 bodu, bez ohledu na virologický stav.

Na základě analýzy údajů z našich studií můžeme předpokládat, že PDV a PNRSV mají větší negativní vliv na pupeny a poškozují až 84 % jejich pletiv, zatímco poškození výhonů činilo maximálně 58 %. Je třeba poznamenat, že poškození pletiv pupenů větší než 50 % (2,5 bodu) je považováno za kritické a 80 % (4 body) za fatální. Zatímco výše popsané poškození pletiva výhonů nemá kritický vliv na vegetaci rostliny. Existují však také studie, ve kterých virová infekce zvýšila odolnost vůči nízkým teplotám. Například virus mozaiky okurky (CMV) (Xu *et al.*, 2008) a virus kadeřavosti tabáku (TRV) (Fernández-Calvino *et al.*, 2014) vyvolaly u rostlin odolnost vůči chladu. Studie vlivu viru šarky švestky (PPV), konkrétně kmene D, na odolnost broskvoní odrůd 'Brighton' a 'Allstar' vůči mrazu ukazují, že patogen neměl vliv na odolnost vůči chladu. V obou případech bylo při teplotě vzduchu $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ pozorováno 100% odumření pupenů. Mezi testovanými odrůdami nebyl zjištěn žádný rozdíl (Samara *et al.*, 2017).

Statistická analýza získaných dat na základě T–testu také ukazuje, že rozdíl při srovnání infikovaných a neinfikovaných vzorků pletiv pupenů je významný, což potvrzuje negativní vliv patogenů na mrazuvzdornost. Zatímco při analýze dat získaných při zmrazování vzorků pletiv výhonu není tento rozdíl všude pozorován.

Tabulka 3. Stupeň poškození různých pletiv výhonů višně v letech 2020–2021

Table 3. Degree of damage to different sour cherry shoot tissues in 2020–2021

| Odrůda ¹ | Teplota °C ² | Kůra ³ | | P | Kambiólní pletiva ⁴ | | P | Xylém ⁵ | | P | Střední valec ⁶ | | P |
|---------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------|--------------------------------|---------------------|-------|---------------------|---------------------|-------|----------------------------|---------------------|-------|
| | | Zdravé rostliny (κ) ⁷ | Infikované rostliny ⁸ | | Zdravé rostliny (κ) | Infikované rostliny | | Zdravé rostliny (κ) | Infikované rostliny | | Zdravé rostliny (κ) | Infikované rostliny | |
| 'Ksenia' | 4 | 0,7±0,04 | 1±0,03 | <0,01 | 0,9±0,007 | 1,2±0,03 | <0,01 | 1,1±0,0 | 1,1±0,03 | >0,05 | 1,2±0,01 | 1,2±0,02 | >0,05 |
| | -25 | 0,7±0,04 | 0,8±0,02 | >0,05 | 1,4±0,09 | 1,7±0,03 | >0,05 | 1,1±0,1 | 2±0,05 | <0,01 | 2,0±0,06 | 2,1±0,06 | >0,05 |
| | -30 | 1,8±0,01 | 2,2±0,02 | <0,01 | 1,9±0,02 | 2±0,11 | >0,05 | 1,9±0,02 | 2±0,05 | >0,05 | 2±0,02 | 2,1±0,01 | >0,05 |
| 'Boguslavka' | 4 | 1±0,05 | 1,4±0,14 | <0,01 | 1±0,01 | 1,7±0,12 | <0,01 | 1±0,01 | 1,6±0,11 | <0,01 | 1,2±0,02 | 1,7±0,02 | <0,01 |
| | -25 | 1±0,03 | 1,8±0,00 | <0,01 | 1,9±0,02 | 2,3±0,00 | <0,01 | 1,7±0,12 | 2,1±0,00 | <0,01 | 1,9±0,01 | 1,9±0,00 | >0,05 |
| | -30 | 1,9±0,02 | 2,3±0,18 | >0,05 | 2,2±0,02 | 2,9±0,17 | <0,05 | 1,6±0,03 | 2,6±0,72 | <0,05 | 1,9±0,01 | 1,9±0,01 | >0,05 |

1) Variety, 2) Temperature, 3) Bark, 4) Cambium, 5) Xylem 6) Pith 7) Healthy plants 8) Infected plants

ZÁVĚR

Získané výsledky ukazují, že viry PDV a PNRSV negativně ovlivnily odolnost pletiv květních pupenů při teplotách $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a způsobily poškození 3,2 a 4,2 bodu u odrůdy 'Ksenia' a 4,1 a 4,2 bodu u odrůdy 'Boguslavka'. Takové poškození je fatální a znemožňuje vývoj plodů z poškozených pupenů. To následně vede ke snížení výnosu. Současně byla méně poškozena pletiva výhonů infikovaných rostlin – od 0,8 do 2,9 bodu v závislosti na pletivu, odrůdě a teplotě a neměla zásadní vliv na další růst a vývoj stromu.

PODĚKOVÁNÍ

Tato studie byla provedena v rámci úkolů 19.01.02.01.F "Rozvoj teoretických základů systémů reprodukce a certifikace sadebního materiálu ovocných dřevin, drobného ovoce a okrasných plodin na bezvirové bázi" (0116U000653, 2016–2020) a 14.00.03.03.F "Rozvoj biotechnologických základů tvorby, reprodukce a kontroly kvality sadebního materiálu ovocných plodin a drobného ovoce" (0121U108148, 2021–2025). Vznik tohoto článku byl realizován za finanční podpory Ministerstva zemědělství ČR (projekt RO 1524). Autoři vyjadřují poděkování týmu VŠÚO za podporu ukrajinských vědců a poskytnutí možnosti pokračovat ve vědecké činnosti.

LITERATURA

- BOYCHENKO, S. G.; KARAMUSHKA, V. I.; TISHCHENKO, O. V. a MOHNACH, R. Y. Environmental threats to the biodiversity in Kiev from climate changes. Online. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2017, no. 12, p. 104–111. Dostupné z: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.12.104>. [cit. 2024-02-28].
- BUBLYK, M. O.; PATYKA, T. I.; KYTAIEV O. I.; MAKAROVA D. H.; KRYVOSHAPKA V. A.; HONCHARUK J. D. a POTANYN, D. V. *Laboratory and Field Methods Of Determining The Frost Resistance Of Fruit Breeds And Crops*. Kyiv: NAAN of Ukraine, institute of gardening. 2013. p. 26
- DEMIRSOY, H.; DEMIRSOY, L. a LANG, G. A. Research on spring frost damage in cherries. Online. *Horticultural Science*. 2022, vol. 49, no. 2, p. 89–94. Dostupné z: <https://doi.org/10.17221/91/2021-HORTSCI>. [cit. 2024-02-13].
- FAO. The Food and Agriculture Organization (FAO). © FAO 2024. Dostupné z: <https://www.fao.org/home/en/>. [cit. 2024-02-15].
- FERNÁNDEZ-CALVINO, L.; OSORIO, S.; HERNÁNDEZ, M. L.; HAMADA, I. B.; DEL TORO, F. J.; DONAIRE, L.; YU, A.; BUSTOS, R.; FERNIE, A. R.; MARTÍNEZ-RIVAS, J. M. a LLAVE, C.. Virus-Induced Alterations in Primary Metabolism Modulate Susceptibility to *Tobacco rattle virus* in *Arabidopsis*. Online. *Plant Physiology*. 2014, vol. 166, no. 4, p. 1821–1838. Dostupné z: <https://doi.org/10.1104/pp.114.250340>. [cit. 2024-02-28].
- KAMENOVA, I.; BORISOVA, A. a POPOV, A. Incidence and genetic diversity of *Prune dwarf virus* in sweet and sour cherry in Bulgaria. Online. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2019, vol. 33, no. 1, p. 980–987. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/13102818.2019.1637278> [cit. 2024-02-03].
- KYTAIEV, O. a KRYVOSHAPKA, V. Winter hardiness of sour cherries. *Gardening in Ukrainian*. 2016.
- MANDIC, B.; MATIĆ, S.; AL RWAHNIH, M.; JELKMANN, W. a MARTA, A. Viruses of sweet and sour cherry in Serbia. *Journal of Plant Pathology*. 2007, vol. 89, p. 103–108.
- MCCARTNEY, H. A.; FOSTER, S. J.; FRAAIJE, B. A. a WARD, E. Molecular diagnostics for fungal plant pathogens. Online. *Pest Management Science*. 2003, vol. 59, no. 2, p. 129–142. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ps.575> [cit. 2024-02-28].
- OZHERELIEVA, Z. E. a LIAKHOVA, A. V. Study of the frost resistance of cherries during winter thaws using the artificial freezing method. *Contemporary horticulture*. 2019, vol. 4, p. 57–64.

- PALIWAL, Y. C. a ANDREWS, C. J. Effects of barley yellow dwarf and wheat spindle streak mosaic viruses on cold hardiness of cereals. Online. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 1979, vol. 1, no. 2, p. 71–75. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/07060667909501465>. [cit. 2024-03-15].
- PALLAS, V.; APARICIO, F.; HERRANZ, M. C.; AMARI, K.; SANCHEZ-PINA, M. A.; MYRTA, M. A. a SANCHEZ-NAVARRO, J. A. Ilarviruses of *Prunus* spp: A Continued Concern for Fruit Trees. Online. *Phytopathology*. 2012, vol. 102, no. 12, p. 1108–1120. Dostupné z: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-12-0023-RVW>. [cit. 2024-02-06].
- PAVLIUK, L.; RIABA, I.; UDOVYCHENKO, K.; TRIAPITSYNA, N. a BUBLYK, M. Phyto-virologic state of parent plantings of cherry and mazzard cherry in Ukraine. Online. *Visnyk agrarnoi nauky*. 2019, vol. 97, p. 20–26. ISSN 23089377. Dostupné z: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201907-03>. [cit. 2024-02-28].
- PAVLIUK, L.; UDOVYCHENKO, K.; RIABA, I. a BUBLYK, M. Variability of some isolates of *Prunus* necrotic ringspot virus and Prune dwarf virus infecting sour and sweet cherry in Ukraine. Online. *Acta agriculturae Slovenica*. 2021, vol. 117. Dostupné z: <https://doi.org/10.14720/aas.2021.117.1.1844>. [cit. 2024-03-14].
- PÉREZ-SÁNCHEZ, R. P.; CORTS, R. M.; BENAVIDES, P. G. a SÁNCHEZ, M. Á. G. Main viruses in sweet cherry plantations of Central–Western Spain. Online. *Scientia Agricola*. 2015, vol. 72, p. 83–86. Dostupné z <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0140>. [cit. 2024-01-15].
- PÉREZ-SANCHEZ, R. P.; CORTS, R. M. a GOMEZ-SANCHEZ, M. Sour and duke cherry viruses in South-West Europe. *Phytopathologia Mediterranea*. 2017, no. 56, p. 62–69.
- PRASAD, A.; SETT, S. a PRASAD, M. Plant–virus–abiotic stress interactions: A complex interplay. Online. *Environmental and Experimental Botany*. 2022, vol. 199. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104869>. [cit. 2024-01-28].
- RODRIGO, J. Spring frosts in deciduous fruit trees — morphological damage and flower hardiness. Online. *Scientia Horticulturae*. 2000, vol. 85, p. 155–173. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00150-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00150-8). [cit. 2024-01-15].
- SAMARA, R.; HUNTER, D. M.; STOBBS, L. W.; GREIG, N.; LOWERY, D. T. a DELURY, N. C. Impact of *Plum pox virus* (PPV–D) infection on peach tree growth, productivity and bud cold hardiness. Online. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 2017, vol. 39, no. 2, p. 218–228. ISSN 0706–0661. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/07060661.2017.1336489>. [cit. 2024-03-12].
- UPADYSHEV, M. T; METLITSKAYA, K. V a PETROVA, A. D. The prevalence of viral diseases of fruit and berry crops. *Fruit growing and viticulture of the South of Russia*. 2017, vol. 44, p. 5-16.
- XU, P.; CHEN, F.; MANNAS, J. P.; FELDMAN, T.; SUMNER, L. W. a ROOSINCK, M. J. Virus infection improves drought tolerance. Online. *New Phytologist*. 2008, vol. 180, p. 911–921. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02627.x>. [cit. 2024-02-28].
- ZAMORSKYI, V. V. a ZAMORSKA, I. L. Winter hardiness cherries depending on the type vegetative rootstock. Horticulture and Viticulture. *Technologies and Innovations*. 2021, vol. 26.