

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zahradnictví



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Význam teplot poškozujících ovocné plodiny a
opatření proti takovému poškození**

Bakalářská práce

Autor práce: Eliška Kosíková

Obor studia: Zahradnictví

Vedoucí práce: Ing. Lukáš Zíka, Ph.D.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "**Význam teplot poškozujících ovocné plodiny a opatření proti tomuto poškození**" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21. 4. 2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Lukášovi Zíkovi, Ph.D. za odborné vedení mé práce. Dále pak přátelům a rodině za trpělivost a podporu.

Význam teplot poškozujících ovocné plodiny a opatření proti takovému poškození

Souhrn

Klimatická změna s sebou přináší nepředvídatelné výkyvy teplot v průběhu sezóny, zejména pak během jara. Dlouhé teplé epizody na začátku vegetace probouzí v rostlinách fyziologické pochody snižující jejich mrazuvzdornost a následná epizoda mrazíků pak ohrožuje budoucí výnos. Pozdní jarní mrazy jsou nebezpečným rizikem a limitujícím faktorem v pěstování ovocných plodin. Tato práce definovala teploty poškozující základní druhy ovocných stromů a popsala možnosti ochrany proti těmto poškozením. V našich klimatických podmínkách působí největší škody nízké teploty, nicméně kvůli oteplujícímu se klimatu je na místě věnovat se i teplotám vysokým.

Mrazuvzdornost ovocných druhů se během vegetace mění, je odlišná druhově i odrůdově a klesá s postupujícím fenologickým vývojem. Nejvyšší odolnosti je dosahováno přibližně v polovině zimy, s přerušением dormance pak klesá a nejmenší je za květu či těsně po odkvětu. Jsou to právě květní pupeny, jež jsou nejvíce ohrožovány. Pro správný výběr ochranného opatření je nezbytná znalost úrovně mrazuvzdornosti pěstovaných odrůd stejně jako efektivity daného způsobu ochrany.

Největší význam při ochraně má zejména prevence, a to volba vhodné odrůdy vhodného ovocného druhu pro vybrané stanoviště. Stanovištní nároky základních ovocných druhů byly definovány. Při užívání aktivní protimrazové ochrany hraje důležitou roli předpověď počasí a pohotovost. Finanční a pracovní náročnost je často limitujícím faktorem těchto metod spolu s přísně definovanými podmínkami jejich účinnosti. Mezi alternativní metody lze zařadit postřiky ovlivňující mrazuvzdornost, výsledky jsou ale smíšené. Jako nejefektivnější metody se jeví systémy promíchávající vzduch či zadešťování.

Tato bakalářská práce zrekapitulovala nové poznatky z uvedené tematiky a vytvořila ucelený soubor, jež může být nápomocen při porozumění této problematice, která se netýká pouze komerční produkce, ale i českých samozásobitelských sadů.

Klíčová slova: poškození rostliny, ovoce, mráz, úžeh, odolnost

The importance of temperatures damaging fruit crops and measures against this damage

Summary

The climatic change carries along unpredictable temperature fluctuations during the season, particularly in spring. Long warm episodes at the beginning of vegetation awaken physiological changes decreasing the frost hardiness of crops, a following frost threatens the yield. Late spring frosts are a limiting factor in fruit production. This thesis defined the temperatures damaging the primary species of fruit crops and also described measures of protection. Low temperatures cause the most damage in our climatic conditions, however, it is necessary to pay attention to high temperatures as well due to the climatic change.

The frost hardiness of fruit crops changes during vegetation, differs between species and cultivars and decreases simultaneously with the phenological development. The most hardiness is reached approximately in mid-winter, it decreases since the interruption of dormancy and is the lowest during bloom or soon after. The flower buds are the most endangered. The knowledge of frost hardiness of grown cultivars and of the effectivity of the protecting measures is essential for the correct selection of these measures.

Prevention is of the most significance in protecting crops from frost, particularly the correct selection of cultivars of the correct species for the habitat. The habitat requirements of the primary fruit species were defined. The weather forecast and immediacy are fundamental in the usage of active protection measures. Financial and human labour demands are the limiting factors, along with the narrow span of conditions of their effectiveness. An alternative method is spraying with various substances to enhance hardiness, but the results are often mixed. Wind machines and overtree sprinklers are the most effective.

This bachelor thesis retraced the new information about this topic and created a detailed summary, which can be helpful for the understanding of this problematics, which is not only a matter of large commercial orchards, but also of the self-sufficient orchards.

Keywords: fruit crop damage, fruit, frost, sunburn, hardiness

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíl práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Nároky jednotlivých ovocných druhů na stanovištní podmínky	10
3.1.1 Jabloň domácí (<i>Malus x domestica</i> Borkh.)	11
3.1.2 Hrušeň obecná (<i>Pyrus communis</i> L.)	11
3.1.3 Kdouloň obecná (<i>Cydonia oblonga</i> Mill.)	12
3.1.4 Meruňka obecná (<i>Prunus armeniaca</i> L.)	12
3.1.5 Broskvoň obecná (<i>Prunus persica</i> L.)	14
3.1.6 Mandloň obecná (<i>Prunus amygdalus</i> L.)	15
3.1.7 Ořešák královský (<i>Juglans regia</i> L.)	15
3.1.8 Slivoň švestka (<i>Prunus domestica</i> L.)	16
3.1.9 Třešeň ptačí (<i>Prunus avium</i> L.)	17
3.1.10 Višeň obecná (<i>Prunus cerasus</i> L.)	18
3.2 Odrůdová variabilita mrazuvzdornosti	19
3.2.1 Odrůdy <i>Prunus armeniaca</i> L.	19
3.2.2 Odrůdy <i>Prunus persica</i> L.	20
3.2.3 Odrůdy <i>Prunus domestica</i> L.	20
3.2.4 Odrůdy <i>Prunus avium</i> L. a <i>Prunus cerasus</i> L.	21
3.3 Mrazová poškození jednotlivých orgánů ovocných dřevin	22
3.3.1 Poškození květních pupenů	22
3.3.2 Poškození listových pupenů	25
3.3.3 Poškození jednoletých výhonů	25
3.3.4 Poškození kmene a kosterních větví	26
3.3.5 Poškození kořenové soustavy	27
3.4 Opatření proti mrazovým poškozením	28
3.4.1 Bílení a obalování kmenů	28
3.4.2 Vliv výsadby	29
3.4.3 Šittův letní řez	29
3.4.4 Ochranné kryty	29
3.4.5 Baktericidní postřiky	30
3.4.6 Postřiky k oddálení rašení a kvetení	31
3.4.7 Postřiky ke zvýšení odolnosti proti mrazu	32
3.4.7.1 Kryoprotektivní postřiky	32
3.4.7.2 Postřiky zabraňující tvorbě ledu	33
3.4.7.3 Postřiky stimulující mrazuvzdornost, ochranné či regenerační	33
3.4.8 Vyhřívání sadů	34

3.4.9	Zamlžování sadů	36
3.4.10	Zadešťování sadů	36
3.4.11	Zavlažování sadů.....	38
3.4.12	Promíchávání vzduchu	39
3.4.13	Vyvíječe dýmu	42
3.5	Poškození a ochrana ovocných dřevin proti vysokým teplotám.....	43
3.5.1	Poškození pylu	43
3.5.2	Pokles tvorby nektaru.....	44
3.5.3	Vysychání blizen.....	44
3.5.4	Zdvojování plodů	44
3.5.5	Poškození plodů jaderovin úžehem a sklovitostí.....	44
4	Závěr	49
5	Literatura	50

1 Úvod

Teplota výrazně ovlivňuje fyziologické pochody v rostlině, mimo jiné i zakládání a diferenciaci květních pupenů, růst a vývoj letorostů a plodů. Ovocné plodiny jsou poměrně tolerantní k širokému rozpětí teplot a kolísání teploty v průběhu roku, nicméně konkrétní druhy, často i odrůdy se v této toleranci liší. V klimatickém pásmu České republiky je limitujícím faktorem zejména nízká teplota v období vegetačního klidu i vegetace, obzvláště pak v době kvetení. Jednotlivé ovocné druhy i odrůdy se liší svou odolností vůči nízkým teplotám v různých fenofázích i orgánech (Boček 2015). Rozdílná délka doby od ukončení dormance po počátek kvetení a princip fungování mrazuvzdornosti mnohých odrůd není stále objasněn (Bilavčík et al. 2021).

Sus & Nečas (2011) konstatují kolísání mrazuvzdornosti dřevin v průběhu roku dle vývojových fází, které zatím není dostatečně objasněno. Boček (2015) dále rozvíjí, že ztráta mrazuvzdornosti je způsobena i výkyvem teplot v průběhu postdormance a byla příčinou mrazových kalamit českého ovocnictví, z tohoto důvodu je pak důležité se této problematice více věnovat. Při pěstování v mírném pásmu dochází k produkčním ztrátám kvůli častému závažnému poškození květních pupenů, květů i mladých plůdků. Mráz je významným limitujícím faktorem při pěstování ovoce, v důsledku jeho působení dochází stále k významným ztrátám na produkci i přes četné snahy a výzkumy na zmírnění jeho účinků, jelikož mechanismy mrazuvzdornosti stále nejsou zcela objasněny (Rodrigo 2000).

Buchtová (2020) podotýká, že z klimatických faktorů působí mrazy největší ekonomické ztráty. K významnému poškození českých ovocných sadů mrazy došlo v letech 2011, 2016, 2017, 2019 a 2020, stává se tedy v poslední době pravidlem.

2 Cíl práce

Cílem této práce bylo vypracovat kvalitní literární rešerši, jež pokrývá tematiku teplotních poškozeních ovocných plodin a definovat teploty, při kterých k těmto poškozením dochází. Popisovány byly vysoké i nízké teploty a zároveň i stanovištní nároky základních ovocných druhů. Dílčím cílem bylo srovnat citlivost ovocných druhů i odrůd a jejich jednotlivých orgánů k nízkým teplotám a popsat projev jejich poškození, dále pak porovnat možnosti ochrany proti těmto poškozením a definovat podmínky i efektivitu jejich působení.

3 Literární rešerše

Dřeviny jsou eurytermními druhy, které snášejí poměrně široké rozpětí teplot. Teplotní optimum se pro většinu druhů nachází v rozmezí 20-25 °C, kdy mají rostliny ideální podmínky k růstu. Nízké teploty takové podmínky již neposkytují a hranice, kdy dochází k poškození z chladu, je rozdílná a druhově specifická (Gregorová et al. 2006).

Schopnost odolat extrémním podmínkám prostředí či se z nich regenerovat rozhoduje o přežití rostlin. Jedním z nejdůležitějších limitujících faktorů jsou nízké teploty, které působí jako stres, jenž může způsobit poškození vegetativních i generativních orgánů. V přirozeném prostředí klesají teploty pozvolně a ledové krystaly vznikají v mezibuněčném prostoru, nebo mezi buněčnou stěnou a protoplastem, což nemusí být nevyhnutelně fatální (Gregorová et al. 2006; Bilavčík et al. 2017).

V oblastech se střídajícím se ročním obdobím jsou rostliny pravidelně vystavovány nízkým teplotám, které přicházejí pozvolně a dochází tak k otužování rostlin. Během období růstu se rostliny neotužují (vlivem působení vysokých teplot), jsou-li pak nárazově vystaveny teplotám pod 0 °C, dochází k jejich vymrzání. V predormantním období dochází k iniciaci otužování vlivem působení teplot těsně nad nulou po dobu několika dnů až týdnů. Vyšší teploty v období dormance či postdormance úzce souvisí se ztrátou schopnosti otužování a odolnosti vůči nízkým teplotám (Bilavčík et al. 2017).

3.1 Nároky jednotlivých ovocných druhů na stanovištní podmínky

Znalost nároků jednotlivých ovocných druhů a odrůd na podmínky prostředí je nezbytná pro úspěšné pěstování těchto plodin. Převážná část území ČR má pro pěstování ovocných plodin všeobecně dobré podmínky, nicméně většina u nás pěstovaných ovocných druhů má zvýšené nároky na teplo, které je limitujícím faktorem omezujícím výnos, vitalitu a životnost našich sadů (Blažek 1998; Szügyi et al. 2015). Pro pěstitelé je důležité, aby zvolená odrůda dokázala přežít zimu a plodit. Aby toho byla plodina schopna, je nezbytná synchronizace mezi fenologickým vývojem a ročním obdobím (Westwood 1993). O dřívějším či pozdějším nástupu fenofáze rozhoduje počasí v daném roce, odrůda a stanovištní podmínky (Hájková et al. 2011).

Přestože jsou ovocné plodiny poměrně tolerantní k rozpětí a kolísání teplot, jednotlivé druhy i odrůdy se často liší svým rozpětím tolerance. Na teplotu nejnáročnějším druhem je mandloň, která vyžaduje minimální průměrnou roční teplotu alespoň 9 °C, dále vlašské ořešáky, broskvoně a meruňky vyžadující nejméně 8,5 °C. Mezi nejméně náročné druhy patří angrešt, červené a bílé rybízky a některé odrůdy jabloní, kterým stačí průměrná roční teplota 6,5 °C (Blažek 1998). Naproti tomu Boček (2015) uvádí, že na teplotu nejnáročnějšími druhy jsou mandloně, broskvoně, meruňky a ořešák královský, které vyžadují průměrnou roční teplotu 8 °C. Dále uvádí, že mezi nejméně náročné druhy se řadí jabloně a višně, jejichž odolnější odrůdy lze pěstovat i na stanovištích s průměrnou roční teplotou 6 °C.

Důležitý je i výběr stanoviště. Při výběru se vyhýbáme mrazovým kotlinám a stanovištím vystaveným nárazovým větrům. Nejvhodněji se jeví mírné svahy se západní expozicí, naopak nevhodné jsou svahy s východní a jižní expozicí, jelikož zde může v předjaří dojít ke vzniku mrazových puklin a následně mrazových desek (Boček 2008). V minulosti byl pro výběr

správné pěstitelské lokality vypracován systém rajonizace pro hlavní ovocné druhy a jejich podnože. Byly stanoveny 4 zóny vhodnosti, kde 1. zóna poskytuje nejlepší podmínky pro pěstování, 4. zóna již vymezuje oblasti zcela nevhodné pro pěstování konkrétního ovocného druhu. Kmenným tvarům ovocných druhů byl v minulosti připisován velký produkční význam, dnes lze za současné podoby pěstitelství hranice druhů posunout, nesmí však dojít k překročení specifických ekologických nároků. V tomto systému rajonizace byl zahrnut tehdejší, poměrně úzký sortiment, a proto v současnosti slouží jen jako pomocné vodítko při pěstování ovocných druhů (Nečas et al. 2004; Boček 2015).

3.1.1 Jablň domáci (*Malus x domestica* Borkh.)

Jabloně jsou aktuálně nejpěstovanějším ovocným druhem mírného pásma, vyskytují se v tisících kultivarů, v kombinaci s varetou podnoží je lze pěstovat v různých klimatických podmínkách. Jsou domácím druhem, proto mají střední nároky na stanoviště. Jsou jedním z nejodolnějších druhů ovoce ve smyslu mrazuvzdornosti. Teplotní hranicí pro přežití stromů v zimě je teplota $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, během roku vyžadují průměrnou roční teplotu $6-9\text{ }^{\circ}\text{C}$, sady s intenzivní formou pěstování nachází teplotní optimum v rozmezí průměrných ročních teplot $7-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při výběru stanoviště volíme východní, jižní, nebo západní svahy, jelikož je pro jabloně důležitá míra oslunění. Ve vyšších pěstitelských polohách dochází častěji k vymrzání květů, proto je důležité vybrat vhodné rezistentní odrůdy (Westwood 1993; Hluchý et al. 1997; Blažek 1998; Hejný & Slavík 2003; Nesrsta 2011).

Podle pokusu Wu et al. (2019), se maximální mrazová tolerance během dormance jabloňových letorostů zvyšuje, pokud dojde k jejich podchlazení na podzim na určitou teplotu. Odebrané vzorky byly uloženy v umělých podmínkách 1-3 týdny ve stanovených teplotách. Tato doba neměla na výsledky vliv, zato teplota, ve které byly letorosty drženy, určovala jejich maximální mrazuvzdornost. Nejlepších výsledků bylo dosaženo při podchlazení na $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, maximální hodnota mrazuvzdornosti pak byla $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$, naopak nejmenší mrazuvzdornosti bylo dosaženo v prostředí se $3\text{ }^{\circ}\text{C}$, její hodnota pak byla jen $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Testované odrůdy byly pěstovány na podnoží 'Antonovka'. V jiném pokusu s odrůdami 'Gala', 'Fuji' a 'Red Delicious' bylo zjištěno, že dosahují své maximální mrazuvzdornosti v období pozdního ledna až začátku února a její hodnota odpovídá rozpětí $-38,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-41,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Salazar-Gutiérrez et al. 2016).

Blažek et al. (1998) uvádí, že květní pupeny jabloní ve fázi růžového poupěte jsou poškozovány teplotami při $-3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, otevřené květy již při $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kritické teploty poškozující generativní orgány jsou neznámé pro většinu současně užívaných odrůd (Salazar-Gutiérrez et al. 2016). Průběh počasí má významný vliv na úrodu jabloní, kterou nejvíce limitují pozdní jarní mrazy. Násadu květů ovlivňují teploty v březnu a dubnu, objem sklizně limitují teploty od května do konce srpna spolu se srážkami v období květu (Suran & Fiala 2019).

3.1.2 Hrušeň obecná (*Pyrus communis* L.)

Odrůdy hrušní mají vysoké nároky na roční sumu teplot a délku vegetace. Zejména zimní odrůdy nestíhají ve vyšších polohách vyzrát a následně jsou citlivé na poškození mrazy ve dřevě i v květu (Nesrsta 2011). V rámci tržního ovocnářství je lze pěstovat pouze v teplých a středně teplých oblastech (Blažek 1998).

Ideální podmínky pro pěstování hrušní se vyskytují na stanovištích v nadmořské výšce 200-300 m n. m. s průměrnou roční teplotou 8 °C (Hluchý et al. 1997; Hejný & Slavík 2003). Dle Koča et al. (1967) jsou optimální klimatické podmínky pro pěstování hrušní v oblastech s průměrnou roční teplotou 7,5-9 °C, dobře chráněných, s dobrou cirkulací vzduchu.

Výběr vhodné polohy je zejména důležitý pro poměrně malou mrazuvzdornost hrušní, zejména v jejich nízkém věku. Vhodné jsou polohy mírně svažité s jihovýchodní a východní expozicí, pouze ve vyšších polohách je vhodné volit i svahy s jižní a jihozápadní expozicí, jinak při této orientaci dochází k namrzání kmenů mladých stromů způsobené velkým rozdílem teplot mezi dnem a nocí. Severní svahy nejsou výhřevné a jsou tak pro hrušně nevhodné, západní svahy lze použít, pouze pokud jsou chráněny před větry (Koch et al. 1967; Blažek 1998).

Hrušně nesnáší inverzní lokality s rizikem namrzání květů a nechráněné polohy s mrazivými větry, vzhledem k jejich velké citlivosti k namrzání dřeva a kořenů. Nesmí být vysazovány do mrazových kotlin. Kvetou dříve než jabloně a jsou citlivé na vymrzání květů při výskytu pozdních jarních mrazů. Hrušně pěstované na kdouloňové podnoži jsou citlivější k vymrzání dřeva i kořenů při tuhých zimních mrazech doprovázených větry, z tohoto důvodu volíme pouze chráněná stanoviště (Kohout 1959; Červenka et al. 1967; Blažek 1998).

3.1.3 Kdouloň obecná (*Cydonia oblonga* Mill.)

Jedná se o velmi zřídka pěstovaný druh pocházející z teplých oblastí západní Asie. Spíše než pro své ovoce, které je za syrova nejedlé, jsou pěstovány jako podnože pod hrušně. Kdouloň je podobně mrazuvzdorná jako hrušeň a snese větší sucho (Duron et al. 1989).

Kdouloňe nebývají poškozovány pozdními jarními mrazy v květech, jelikož rozkvétají jako jedny z posledních ovocných druhů. Při dlouhých a tuhých zimních mrazech však hrozí poškození pupenů a dřeva při poklesu teplot pod -18 °C (Kutina et al. 1992; Hričovský et al. 2003).

3.1.4 Meruňka obecná (*Prunus armeniaca* L.)

Klimatické podmínky hrají v pěstování meruněk důležitou roli, rozhodují jak o zdravotním stavu jednotlivých orgánů a stromu jako celku, tak i o výši a pravidelnosti úrody. Průběh počasí v předjaří a na jaře každého roku ovlivňuje zdravotní stav pupenů, květů i nasazených plodů. Meruňky jsou tedy z pěstitelského hlediska rizikovým druhem. (Bažant & Litschmann 2004). Pěstování meruněk je omezeno zejména jejich špatnou přizpůsobivostí klimatu a citlivostí jednotlivých genotypů k mrazu. K zavedení nových odrůd je důležité znát přesnou hodnotu mrazuvzdornosti jejich genotypu (Hajnal et al. 2012).

Vlivem přímořského klimatu dochází na našem území ke kolísání teplot během zimy a jara, což způsobuje, že za teplých dní dochází k nastartování různých fyziologických pochodů a probuzení pupenů. Tyto pochody jsou poté narušeny příchodem studené periody, dojde pak k popraskání buněk, porušení pletiv, poškození květních pupenů a vznikají mrazové trhliny a desky. Meruňky jsou nejvíce citlivé ke kolísání teplot během květu a těsně po něm, jsou náročné na teplo zejména v období diferenciaci květních oček a dozrávání plodů (Svoboda 2000). Při výskytu teplé epizody během zimy jsou meruňky náchylné na opad květních pupenů (Westwood 1993).

Dle Bažanta & Litschmanna (2004) a Blažka (1998) se naše nejteplejší, a tedy pro výsadbu meruněk nejvhodnější oblasti ve svých podmínkách vyznačují minimálně: průměrnou roční teplotou nad 8,5 °C [dle Hluchého et al. (1997) a Hejného & Slavíka (2003) již nad 8 °C], průměrnou teplotou během vegetačního období 16 °C a ročním součtem teplot 2800 °C. Jedná se zejména o oblasti Jižní Moravy a Mělnicka. Podle Svobody (2000), Hluchého et al. (1997) a Hejného & Slavíka (2003) by měla být červencová průměrná denní teplota alespoň 18 °C. Hluchý et al. (1997), Blažek et al. (1998) a Jan (2011) dále uvádí, že se jedná o plodinu nesmírně náročnou na stanoviště, které vyhovuje expozice na jižním či jihozápadním svahu. Severní svahy je vhodné volit pouze v chráněných teplých oblastech. Meruňky zde později vykvétají a unikají tak poškození květů mrazem. K poškození pozdními jarními mrazy dochází především ve středních nadmořských výškách, kde květní pupeny vlivem rostoucích teplot opouští fázi dormance a raší příliš brzy. Z práce Středy & Rožnovského (2006) je patrné, že nástup fenofáze kvetení je rychlejší se zvyšující se průměrnou denní teplotou, měřeno od počátku roku. Meruňkám vyhovují sušší stanoviště, neboť nesnáší převlhčení půdy, nicméně zálivka během zrání plodů přispívá ke zvýšení výnosu (Westwood 1933; Hejný & Slavík 2003).

Meruňka patří mezi nejdříve kvetoucí ovocné druhy, vlivem toho je velmi citlivá na jarní mrazíky. Fenofáze kvetení nastupuje průměrně již mezi 7. až 19. dubnem (Hájková et al. 2011). Díky svému původu v kontinentálním klimatu, kde je přechod mezi zimou a jarem rychlý a bez výrazného kolísání teplot, mají meruňky poměrně krátké období dormance, které ukončují většinou okolo 20. prosince. V tuto dobu jejich květní pupeny snesou i dlouhotrvající mrazy do -20 °C, v řádu několika hodin vydrží i mrazy sahající do -25 až -30 °C (Blažek 1998; Svoboda 2000; Hejný & Slavík 2003). V druhé polovině prosince většina odrůd meruněk ukončuje dormanci a vstupuje do období postdormance, kdy je vitalita květních pupenů a jednoletých výhonů ohrožována příchodem arktických mrazů (teplota nevystoupí nad -10 °C), velkým výkyvem teplot mezi dnem a nocí či střídáním déle trvajících teplejších a studenějších period (Bažant & Litschmann 2004). V tomto období meruňky neraší pouze vlivem nízkých teplot a odolnost květních pupenů vůči mrazům se výrazně snižuje. V únoru poškodí květní pupeny mraz o teplotě -17 °C, v březnu je to již -8 °C. V řádu 2-3 hodin snesou plné květy meruněk teploty do -2,2 °C, nejcitlivější na nízké teploty jsou pak mladé plody, které jsou poškozovány již při -0,5 °C podle Svobody (2000), podle Hejného & Slavíka (2003) při -1 °C. Blažek (1998) uvádí, že květy meruněk jsou poškozovány již při -1 °C. Dle Bažanta & Litschmanna (2004) se s rostoucími teplotami na jaře odolnost květů vůči mrazu výrazně snižuje, ty poté ve stádiu růžového poupěte vymrzají při teplotách -6 až -8 °C, ve stádiu otevřeného květu při -2,5 °C. Největší mrazuvzdornosti dosahují generativní orgány meruněk v první polovině zimy, v druhé polovině zimy tato schopnost pak postupně klesá (Hajnal et al. 2012).

Mrazuvzdornost květních pupenů klesá v závislosti na jejich vývoji a roste teplotní bod zmrznutí. Čím blíže jsou pupeny k vykvetení, tím vyšší je jejich citlivost k nízkým teplotám. Meruňky jsou velmi citlivé na výskyt pozdních jarních mrazů, které vystupují jako limitující faktor při jejich pěstování v severních zeměpisných šířkách (Kaya et al. 2018). Možným řešením, jak předcházet pravidelnému poškození meruněk na jaře a tím i snižování výnosu je šlechtění genotypů s dobrou mrazovou rezistencí a opožděným nástupem do květu. Z výsledků pokusu prováděného s genotypy divokých meruněk v oblasti Cappadocia (Turecko) je patrné, že některé genotypy mají vyšší úroveň mrazuvzdornosti než komerčně užívané odrůdy (Dumanoglu et al. 2019).

3.1.5 Broskvoň obecná (*Prunus persica* L.)

I přes jejich velkou schopnost adaptability patří broskvoně mezi nejnáročnější ovocné druhy k pěstování, v závislosti jejich požadavků na mnohé agroekologické podmínky. Nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím růst, plodnost a životnost broskvoní je právě teplota jejich prostředí (Bažant et al. 2003). Na našem území se broskvoně komerčně pěstují pouze okrajově, a to ve výškových hladinách 200-250 m n. m. (Blažek 1998).

Dle Bažanta et al. (2003) a Blažka (1998) se naše k pěstování nejvhodnější oblasti, nacházející se na Jižní Moravě a ve středních Čechách, pohybují na samé hranici výnosového pěstování a vyznačují se roční izotermou 9 °C, průměrnou teplotou za vegetační období 16 °C a ročním součtem aktivních teplot 2800 °C. Vhodná stanoviště jsou na jižních, jihozápadních a jihovýchodních svazích, důležitý je odtok vzduchu a protivětrná ochrana. Severní svahy volíme pouze v teplých oblastech, kde broskvoně unikají pozdním jarním mrazům opožděným květem. Do vyšších poloh volíme rané či středně rané odrůdy (Jan 2011).

V předjaří, vlivem rostoucích teplot, dochází k probouzení pletiv a štěpení zásobních látek na jednoduché, čímž dochází ke snižování schopnosti vzdorovat mrazu. V tomto období jsou časté výkyvy teplot mezi dnem a nocí, které mohou způsobit vymrznutí květních pupenů či způsobit mrazové desky na kmenech a kosterních větvích (Bažant et al. 2003).

Mrazuvzdornost broskvoní je podmíněna mnohými vnějšími i vnitřními okolnostmi. Během období dormance, které u nás u většiny odrůd trvá do první poloviny ledna, jsou broskvoně mnohem odolnější než v následujícím období postdormance (Bažant et al. 2003). V našich podmínkách snáší některé odrůdy v období dormance teplotní poklesy na -22 až -25 °C, nejcitlivějším orgánem jsou květní pupeny, méně citlivé jsou pak listové pupeny, větve a kmen (Bažant et al. 2003). V dormantním období snesou broskvoně krátkodobě zimní mrazy až do -25 °C, nicméně teploty -24 až -28 °C způsobují poškození květních pupenů a při dlouhodobějším působení dochází k vysychání dřevní i lýkové části (Svoboda 2000). Hladík et al. (1966) uvádí krátkodobou toleranci teplot do -22 °C broskvoněmi v období dormance. Při pokusu bylo zjištěno, že minimální hodnota mrazuvzdornosti dormantních pupenů broskvoně je -21 °C a je dosažena v listopadu. Pokud se v tomto období vyskytnou mrazíky, tato hodnota se může zvýšit až na -28 °C (Proebsting 1970). V pokusu Szewczuka et al. (2007) bylo pozorováno silné poškození jednoletých výhonů broskvoně při teplotě -25 °C, letorosty však prokázaly silnou schopnost regenerace z mrazového poškození. Zároveň došlo k poškození všech květních pupenů na letorostech, což vedlo ke značnému snížení výnosu. Výsledky potvrzují hypotézu, že dormantní květní pupeny broskvoně jsou poškozovány teplotou okolo -20 °C, jejich vegetativní pupeny jsou však odolnější. Největší odolnosti dosahují broskvoně v polovině prosince, poté v závislosti na počasí klesá (Szalay et al. 2000).

Pozdní jarní mrazy představují největší nebezpečí pro vitalitu květních pupenů, a to v závislosti na fázi jejich vývoje. Růžová poupata snesou teploty až do -6 °C a jsou tak na mraz méně citlivá než plný květ, který snese teploty do -4 °C, nejvíce citlivé jsou mladé plody, které poškodí teploty pod -2 °C (Bažant et al. 2003). Svoboda (2000) uvádí, že jsou květní poupata ve stádiu růžového poupěte poškozována při -3 °C, plné květy již při -2,2 °C a mladé plůdky dokonce již při -0,6 °C. Hladík et al. (1966) konstatuje, že odrůdy se zvonkovitým typem květu lépe odolávají nízkým teplotám než odrůdy s miskovitými květy. V pokusu Reig et al. (2013)

bylo zjištěno, že středně kvetoucí broskvoně jsou citlivější k mrazu, než časně či pozdě kvetoucí odrůdy a jejich pestíky jsou náchylnější k poškození. V práci Szymajda et al. (2013) bylo zjištěno, že broskvoňové květy jsou méně mrazuvzdorné než květy meruňek za předpokladu, že nedochází k razantním výkyvům teplot. Pokud k těmto výkyvům dochází, jsou broskvoně odolnější než meruňky. Autor též upozorňuje, že částečné promrznutí květů může sloužit jako náhrada za probírku a tím v podstatě zvyšovat výslednou kvalitu plodů.

3.1.6 Mandloň obecná (*Prunus amygdalus L.*)

Mandloň v našich podmínkách patří spíše k okrajovým ovocným druhům. Její nároky na teplo jsou limitující v intenzivním ovocnictví, v extenzivním ovocnictví zastává zejména mimoprodukční hodnotu, jako zdroj nektaru a pylu pro opylovače (Hladík et al. 1966).

Stanoviště vyžaduje chráněná s průměrnou teplotou 8-9 °C na osluněných mírných svazích, nebo otevřených údolích do nadmořské výšky 250 m. Je silně ohrožena pozdními jarními mrazy z důvodu brzkého kvetení (Hladík et al. 1966).

Mandloně jsou méně mrazuvzdorné než broskvoně a vykvétají dříve, vlivem chladného a vlhkého počasí v období květu jsou výnosy minimální. Pěstují se pouze ve velmi teplých lokalitách (Westwood 1993; Miranda et al. 2005).

Dle pokusu Miranda et al. (2005) je rozdíl mezi teplotou, která poškodí 10 % a 90 % plodové násady těsně po odkvětu menší než 1,5 °C, tím je tedy mandloň značně citlivá k poklesu teplot.

3.1.7 Ořešák královský (*Juglans regia L.*)

Dle Hladíka et al. (1966) se ořešák řadí mezi teplomilné druhy. Na našem území v podmínkách intenzivního ovocnictví nejlépe prosperuje na stanovištích s průměrnou roční teplotou 9-10 °C, průměrnou teplotou vegetačního období 15-16 °C, kde v dubnu, květnu a říjnu neklesne teplota pod -2 °C a v době vegetačního klidu pod -26 °C.

Vyhovují mu chráněná stanoviště, jihozápadní a západní svahy. Na jižních svazích je nejlepší tepelný požitok, ale stromy zde zjara namrzají a často trpí suchem. Na severních svazích špatně vyžívají plody i dřevo, je zde ale menší riziko poškození namrzáním a pozdními jarními mrazy, jelikož zde nedochází k dramatickým výkyvům teplot a rašení je opožděno o 6-10 dní. Na východně exponovaných svazích je zvýšené riziko vzniku mrazových desek. Ořešák dobře roste i na rovinách, ale bývá poškozován mrazy v květu i ve dřevě (Boček 2015).

Ořešák má na rozdíl od ostatních teplomilných ovocných druhů dobrou schopnost přizpůsobit se nevhodným klimatickým podmínkám. Díky dlouhodobému pěstování ze semenáčů a přírodnímu výběru, kde jako hlavní faktor vystupuje mrazuvzdornost, se v průběhu let vytvořily četné ekotypy s nižšími nároky na teplotu (Šobek 1958). Szügyi et al. (2015, 2021) naopak podotýká nízkou adaptabilitu ořešákových odrůd, jejichž šlechtění je v současnosti velmi významné, jelikož jen málo z nich lze pěstovat kosmopolitně ve všech pěstitelských oblastech. Jen málo studií se zabývá mrazuvzdorností ořešáku.

Nejvíce škod se na ořešáku dopouští výrazné teplotní výkyvy a pozdní jarní mrazy. Již -1 °C je kritická teplota pro poškození samičích květenství i letorostů (Boček 2015). Szügyi et al. (2015) uvádí maximální teplotu mrazuvzdornosti ořešáku v maďarských klimatických podmínkách asi -30 °C, poškození jeho květů v jarním období při výskytu mrazů při -2 až

-3 °C. Strom je schopen dobře regenerovat ze starého dřeva, ale opožděný nástup do vegetace má za následek zhoršené vyžívání letorostů a tím zvýšenou náchylnost k namrzání v zimě (Westwood 1993; Boček 2015). Riziko brzkých podzimních mrazů bývá ve spojení s ořešákem často opomíjeno (Aleta et al. 2014).

Mrazuvzdornost ořešáku postupně roste v podzimním období po opadu listů, je ovšem důležitá správná nutriční výživa stromů a dostatečné vyžívání letorostů. Nejvyšší úroveň mrazuvzdornosti dosahuje v lednu, na její úrovni se kromě teploty podílí i genotyp dané odrůdy. V centrální Evropě je důležité vybírat odrůdy s opožděným rašením pupenů kvůli častému výskytu pozdních jarních mrazů (Aleta et al. 2014; Szügyi et al. 2015, 2021).

3.1.8 Slivoně švestka (*Prunus domestica* L.)

Slivoně jsou naším domácím druhem, nemají tedy zvýšené nároky na stanoviště. Odrůdy typu domácí švestky jsou dobře přizpůsobeny klimatickým podmínkám ČR oproti odrůdám pocházejícím např. z jižní Evropy (Jan 2011). Pro zvýšené nároky na vzdušnou vlhkost se hodí zejména do středních a vyšších poloh (Blažek 1998). Dále mají střední až zvýšené nároky na minimální sumu chladných dnů, po jejíž dosažení mohou vykvétat. Toto je problém zejména v teplejších oblastech, kde se může značně prodloužit nástup do květu a snížit výnos (Neumüller 2011).

Nejvhodnější stanoviště nalézají slivoně na mírných západních a jihozápadních svazích. Jižně a jihovýchodně exponovaná stanoviště nejsou vhodná z důvodu teplotních výkyvů, způsobujících mrazové desky na kmenech. Dále na jižních svazích slivoně dříve rozkvétají a jsou tak více ohroženy pozdními jarními mrazy. V teplých a sušších oblastech je vhodné pěstování i na severních svazích, kde slivoně později rozkvétají, čímž se snižuje riziko poškození květů pozdními jarními mrazy, hrozí zde ale riziko namrzání stromů za tuhých zim a také zde hůře dozrávají plody (Blažek 1998; Boček 2015). Slivoně jsou poměrně odolné v květech vůči pozdním jarním mrazům, z toho důvodu je lze vysazovat i na nechráněná stanoviště či do inverzních poloh na úpatí svahů (Blažek 1998).

Do poloh s vyšší nadmořskou výškou je vhodné zvolit rané odrůdy švestek a pološvestek, renklódy, slívy a mirabelky je vhodné pěstovat na teplých a chráněných stanovištích, ovšem s větším rizikem poškození květů pozdními jarními mrazy, na které jsou citlivější než pravé švestky. Nechráněné větrné polohy snáší pouze domácí švestky (Blažek 1998; Blažek & Kneifl 2005).

Šlechtění nových odrůd je v některých oblastech zaměřeno zejména na rezistenci vůči nízkým teplotám. Některé odrůdy snáší pokles teplot až k -30 °C (Neumüller 2011). V experimentu byla zjištěna větší odolnost květů slivoně vůči mrazu oproti květům broskvoně. Tato skutečnost je pravděpodobně způsobena schopností podchladiť vodu při nižších teplotách v semenících květů slivoně a je zřejmě podmíněna přerušením toku vody v místě mimo semeník v situaci, kdy je voda z květu odváděna do stonku, kde vzniká led (Cary 1985).

3.1.9 Třešeň ptačí (*Prunus avium* L.)

Dle Jana (2011) nejsou třešně náročné na polohy, ale jsou náročné na podmínky konkrétního stanoviště. Nesnáší pěstování na exponovaných, nechráněných stanovištích, na kterých trpí na namrzání ve dřevě i v květu vlivem výskytu pozdních jarních mrazů.

Třešně ke své prosperitě potřebují teplá a slunná stanoviště lokalizovaná zejména na jihozápadním, jihovýchodní, nebo jižním svahu v nadmořské výšce 200-400 m n. m., maximálně však 600 m n. m. Jižní svahy jsou zejména vhodné, jelikož jsou dostatečně výhřevné. Třešně vyžadují průměrnou roční teplotu alespoň 7,5 °C (Bakša & Smatana 1990; Blažek 1998). Boček (2015) uvádí maximální vhodnou nadmořskou výšku pro tržní pěstování třešně 500 m n. m. a průměrnou roční teplotu alespoň 6,5 °C, ideálně však 7,5-9 °C. Hluchý et al. (1997) souhlasí se stanovištními nároky, ale namítá, že jihovýchodní expozice není pro třešně vhodná, jelikož zde často dochází ke střídání teplot v zimním období a v předjaří, což má za následek popraskání kmenů. Boček (2008) dodává, že pro třešně je někdy vhodné volit i svahy se severní expozicí, jelikož zde později nakvétají, čímž se snižuje riziko jejich poškození pozdními jarními mrazy, na které jsou citlivé.

Třešně reagují na brzké podzimní mrazy schodem listů a předčasným ukončením vegetace, což má za následek nedostatečnou hladinu zásobních látek v pletivech, která negativně ovlivňuje jejich odolnost vůči zimním mrazům. Zimní mrazy působí největší škodu při nedostatečné sněhové příkrývce a při prudkém střídání teplot. Škoda jimi způsobená se odráží od délky jejich trvání a jejich intenzity (Bakša & Smatana 1990; Yu & Lee 2020). V pokusu Szewczuka et al. (2007) bylo pozorováno jen malé poškození dormantních pupenů na jednoletých výhonech třešně při teplotě -25 °C. K poškození jsou náchylnější mladé stromky, nicméně při zahájení vegetativního růstu nebyl pozorován žádný defekt způsobený mrazem a zároveň kvetení bylo poměrně hojné. Pokus byl prováděn jako vyhodnocení stavu plodin v reakci na velmi chladnou zimu roku 2005/2006 v oblasti Dolního Slezska v Polsku.

Vážné hospodářské ztráty způsobují zejména pozdní jarní mrazy, které zastihují třešně pravidelně v době kvetení. Květy třešně poškozuje mrazy pod -2 °C (Bakša & Smatana 1990), Blažek (1998) uvádí poškození květů třešně nízkými teplotami již při -1 °C. Tyto mrazy mohou způsobit značné ztráty na výsledném objemu produkce třešně jak u malopěstitelů, tak i v případě komerčního ovocnářství. Kritické teploty poškozující generativní orgány nejsou známy pro většinu nových odrůd třešně. Mrazuvzdornost květních pupenů roste od konce podzimu do poloviny ledna, poté dojde k jejich deaklimatizaci a snížení rezistence k chladu po zbytek zimního a jarního období. Při pokusu byla nejvyšší hodnota tolerance mrazu dosažena při teplotě -21 °C. Dříve kvetoucí odrůdy jsou méně odolné než později kvetoucí odrůdy (Salazar-Gutiérrez et al. 2014).

Miranda et al. (2005) ve své práci konstatuje vyšší mrazuvzdornost třešně v období dormance v porovnání s broskvoněmi, ovšem po počátku nalévání pupenů a jejich vývinu se jejich odolnost snižuje a je nižší než u broskvoní.

3.1.10 Višeň obecná (*Prunus cerasus* L.)

Dle Kamenického & Kohouta (1957) mají višně stejné stanovištní nároky jako třešně. Jan (2011) uvádí, že višně mají nižší stanovištní nároky než třešně a jsou více rezistentní vůči nízkým teplotám.

Vykvétají později než třešně, tedy nebývají v takové míře poškozovány pozdními jarními mrazy. Prosperitu nachází na jihovýchodních, jižních a jihozápadních svazích. Nicméně vzhledem ke své větší mrazuvzdornosti ve dřevě i generativních orgánech je lze s úspěchem pěstovat i ve vyšších polohách, na severních i západních svazích, v návětrných i inverzních polohách. Díky své husté a často převísle koruně přistiňující kmen trpí oproti třešním méně na mrazové praskliny. Višně vykazují vyšší mrazuvzdornost než třešně (Kamenický & Kohout 1957; Westwood 1993; Blažek 1998). Ve vyšších polohách však dávají nižší výnosy a dožívají se kratšího věku (Hejný & Slavík 2003).

3.2 Odrůdová variabilita mrazuvzdornosti

Znalost odolnosti vůči mrazu generativních orgánů odrůd jednoho druhu v různých fenofázích je esenciální pro správný výběr zejména aktivní protimrazové ochrany (Bilavčík et al. 2021). Výsledky laboratorních testů zkoumajících odolnost vůči mrazu různých odrůd jednotlivých druhů jsou nástrojem pro popis těchto odrůd, který je nezbytný pro správný výběr odrůdového zastoupení vhodného do konkrétních podmínek sadu (Szalay et al. 2017).

Na počátku 20. století došlo na našem území k významné mrazové kalamitě, která prověřila odolnost tehdejšího ovocného sortimentu. Na Valašsku tehdy klesly teploty až k $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$, největší teplotní extrém $-42,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ byl naměřen v Litvínovicích u Českých Budějovic (11. 2. 1929) (Krška 2009; Vlček 2011). Vlček (2011) dále uvádí, že v tomto období na Valašsku zmrzlo 22 % jablek, 37 % hrušní i višní, 40 % třešní, 44 % švestek a 90 % ořešáků. V reakci na to byl vytvořen nový doporučený sortiment, jež měl zahrnovat mrazově odolnější odrůdy. Z jablek to byly odrůdy jako: 'Gdanský hranáč', 'Ontario', 'Průsvitné letní', 'Jadernička moravská'. Z hrušek 'Clappova máslovka' či 'Boscova lahvice', ze švestek 'Domácí' či 'Wangenheimova'. Sus & Blažek (2002) konstatují dobrou mrazuvzdornost švestky 'Domácí' i 'Wangenheimovy', jsou ale citlivější k napadení šarkou (plum pox virus). Dle Kutiny et al. (1992) je 'Průsvitné letní' velmi odolné zejména ve dřevě, v květech ovšem méně.

3.2.1 Odrůdy *Prunus armeniaca* L.

Bilavčík et al. (2021) prováděl laboratorní pokus měření krystalizační aktivity na šesti odrůdách meruněk v různých fázích vývoje. Teplota krystalizační aktivity koreluje s teplotou poškození generativního orgánu. Výběr odrůd byl proveden tak, aby byla zastoupena v ČR nejvíce pěstovaná odrůda 'Leskora', dále novinky z českého šlechtění 'Sophinka', 'Betinka', 'Candela' a odolné kanadské odrůdy 'Harcot' a 'Harogem'. Odebrány byly jednoleté, asi 20 cm dlouhé letorosty s generativními orgány, které byly umístěny do chladicího boxu s poklesem teploty $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ za minutu, a byl sledován počátek krystalizační aktivity u jednotlivých odrůd. Výsledky pokusu viz tab. 1.

Tab. 1: Teploty počátku krystalizační aktivity u jednotlivých odrůd meruněk. Zpracováno dle (Bilavčík et al. 2021).

Odrůda	Počátek krystalizační aktivity [$^{\circ}\text{C}$] v jednotlivých fenologických fázích generativních orgánů		
	Rašení pupenů	Růžové poupě	Květ
Betinka	-14,9	-4,7	-3,5
Candela	-13,6	-5	-4,1
Harcot	-10,2	-4,3	-4,9
Harogem	-13,9	-5,5	-4,4
Leskora	-14,8	-5,1	-4,7
Sophinka	-12,5	-4	-3,8

Z tab. 1 je patrný trend klesání mrazuvzdornosti v různých fenofázích v rámci odrůd. Průměrná teplota krystalizace ve stádiu rašení pupenů byla $-13,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, ve stádiu růžového poupěte $-4,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ a ve stádiu kvetení $-4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zajímavý je výsledek u odrůdy 'Harcot', jež měla nejnižší úroveň mrazuvzdornosti ze všech testovaných odrůd ve fázi rašení pupenů, v

nejcitlivější fázi kvetení však měla mrazuvzdornost nejvyšší. K opačné situaci došlo u odrůdy 'Betinka', jejíž mrazuvzdornost byla nejvyšší při rašení, ale nejnižší za květu. Kanadské odrůdy 'Harcot' a 'Harogem' jsou velmi mrazuvzdorné za květu a nejhodněji pěstovaná odrůda v ČR, 'Leskora', je v mrazuvzdornosti na stejné úrovni.

Kanadský šlechtitelský program v Harrow, Ontario uvedl řadu odrůd vyznačujících se vysokou mrazuvzdorností. Jako zástupce lze uvést odrůdy 'AC Haroblush', 'AC Harostar', 'AC Harojoy'. Ve zkušebních pokusech byly tyto odrůdy porovnávány s vysoce mrazuvzdornou odrůdou 'Goldcot' a jejich výsledky byly obdobné. Zatímco odolnost v dormantních květních pupenech odrůdy 'Goldcot' byla průměrně $-29,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, u odrůdy 'AC Haroblush' bylo naměřeno $-27,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, u 'AC Harostar' $-28,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a u 'AC Harojoy' $-28,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Layne & Hunter 2003a, 2003b, 2003c). Autoři dále uvádí, že 'AC Harostar' je méně mrazuvzdorný než 'AC Haroblush', ale více než 'Harogem' či 'Veecot', což je středně mrazuvzdorná odrůda. 'AC Harojoy' je též odolnější než 'Veecot'. Dle Ames & Maggiani (2013) je nejodolnější odrůdou tohoto šlechtitelského programu odrůda 'Harlayne', jejíž mrazuvzdornost v květních pupenech dosahuje až $-34,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Český šlechtitelský program přinesl odrůdy 'Darina', 'Bergeron LE-2' (vyselektovaný klon původně francouzské odrůdy), 'Leala', 'Ledana' a 'Lejuna', jež se vyznačují vysokou mrazuvzdorností ve dřevě, v pupenech i květech. Středně odolné české odrůdy jsou pak 'Karola' a 'Kráska' (Sus et al. 2003).

3.2.2 Odrůdy *Prunus persica* L.

Callahan et al. (1991) tvrdí, že kombinace mrazuvzdornosti a vysoké kvality plodů je cílem ve šlechtění broskvoní, avšak koexistence těchto dvou vlastností je klasickými metodami těžko dosažitelná. Některé aspekty mrazuvzdornosti totiž mohou být nekompatibilní s aspekty konzumní kvality plodů.

Sus et al. (2003) uvádí jako citlivou broskvoňovou odrůdu 'Burbank July Elberta'. Jako odolnější pak uvádí 'Cresthaven', 'Envoy', 'Favorita', 'Morettini 3', 'Halehaven', 'Harbringer', 'Harbritte', 'Krasava', 'Lednická Žlutá' a 'Redwin'. Layne (1989) uvedl nové kultivary ('Harson', 'Harrow Beauty' a 'Harcrest'), jež byly porovnány se středně odolnou odrůdou 'Redhaven' v mrazuvzdornosti květních pupenů a jednoletých výhonů. Dle výsledků testu jsou tyto odrůdy stejně či více odolné v porovnání s kontrolou. Z pokusu Szalay et al. (2018) byla průměrná mrazuvzdornost odrůdy 'Redhaven' ve stádiu plného květu $-3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Z pětiletého testu tak vychází jako středně odolná, odolnější byla odrůda 'Piroska' ($-5\text{ }^{\circ}\text{C}$), méně odolná byla odrůda 'Venus' ($-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Tato odrůda byla nejméně mrazuvzdorná i v dormantních květních pupenech, v průměru za dva roky byla její odolnost měřená 15. prosince $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, u odrůdy 'Redhaven' pak $-20,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Szalay et al. 2000).

3.2.3 Odrůdy *Prunus domestica* L.

Nejvyšší mrazuvzdornosti dosahují slivoně pravděpodobně v polovině ledna, kdy květní pupeny např. odrůdy 'Čačanska Lepotica' poškodí mráz o $-22,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, 'Stanley' $-24,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 'Besztercei' $-26,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Szalay et al. 2017). Neumüller (2011) považuje odrůdu 'Čačanská Lepotica' za velmi citlivou k mrazu, zároveň ji i odrůdu 'Stanley' považuje za velmi náchylné

k tvorbě zdvojených plodů, což připisuje změně klimatických podmínek. Sus & Blažek (2002) a Kutina et al. (1991) uvádí, že odrůda 'Čačanska Lepotica' je dobře odolná proti zimním i jarním mrazům, 'Stanley' je středně odolný proti pozdním jarním mrazům. Jako další mrazuvzdorné odrůdy švestek a pološvestek uvádí: 'Anna Spät', 'Čačanska Najbolja', 'Čačanska Rana', 'Gabrovská', 'Tuleu Gras', 'Valjevka' a 'Vlaška'. Poslední odrůda rozkvétá později, čímž uniká poškození pozdními jarními mrazy. Jako citlivou odrůdu zmiňují 'Lützelsachenskou', jež je citlivá na zimní i jarní mrazy. Slíva 'Bryská' je odolná vůči mrazům, naopak 'Malvazinka' a 'Ruth Gerstetter' jsou citlivé na zimní mrazy, avšak květy 'Malvazinky' jsou dost odolné. Renklódy 'Oulinská', 'Wazonova' a 'Zelená renklóda' jsou citlivé na poškození mrazem.

3.2.4 Odrůdy *Prunus avium* L. a *Prunus cerasus* L.

Salazar-Gutiérrez et al. (2014) prováděl laboratorní experiment se třemi odrůdami třešně ('Bing', 'Chelan', 'Sweetheart'). Z výsledků je patrné, že v únoru poškodí květní pupeny odrůdy 'Chelan' průměrně teploty pod -20,4 °C, 'Bing' -17,8 °C a 'Sweetheart' -15,1 °C. Z toho je patrné, že z těchto odrůd je nejodolnější 'Chelan', nejcitlivější 'Sweetheart'. Srdcovky 'Kaštánka' a 'Rivan' jsou dobře odolné vůči zimním i jarním mrazům, 'Karešova' a 'Rychlice' jsou v květech citlivé. Chrupky 'Burlat', 'Granát', 'Hedelfingerská', 'Kordia' a 'Těchlovan' jsou odolné vůči zimním mrazům, ale květy jsou velmi citlivé. Naopak 'Vanda', 'Stella', 'Starking Hardy Giant', 'Sam' a 'Napoleonova' jsou velmi odolné odrůdy. Z višní jsou odolné odrůdy 'Fanal', 'Favorit' a 'Morellenfeuer'. 'Záhoračka', 'Újfehértói Fürtös', 'Morela pozdní' a 'Érdi Bötermö' jsou odolné vůči zimním mrazům, jsou však citlivější k poškození ve květech (Kutina et al. 1991; Sus & Blažek 2002).

3.3 Mrazová poškození jednotlivých orgánů ovocných dřevin

K mrazovým poškozením dochází, klesnou-li okolní teploty pod kritické hodnoty, které již poškozují pletiva rostlinných orgánů. Mrazuvzdornost plodin závisí mimo jiné i na genetické odolnosti konkrétního genotypu. Mrazuvzdornost, zejména generativních orgánů, klesá s postupujícím fenologickým vývojem. Schopnost tolerance nízkých teplot se liší v rámci druhu, odrůdy i pletiva. Rostliny poškozují tvorbou ledu vně, nebo uvnitř buněk. Intracelulární krystalizace je letální poruchami buněčných membránových systémů způsobujícími fyzické poškození buňky. Extracelulární krystalizace způsobuje dehydrataci protoplastu, která je, přesáhne-li určitou míru tolerance, letální, nicméně poskytuje ochranu před tvorbou ledu uvnitř buněk. Pletiva se brání tomuto stresu podchlazením vody v buňkách, kdy malý objem vody lze podchládit až do $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, při této teplotě již dochází ke spontánní katalýze ledu. Ve vyšších teplotách mohou jako katalyzátory figurovat např. některé bakterie nebo anorganické látky. Přežití zasaženého pletiva závisí na množství poškozených buněk, jelikož k poškození nejčastěji dochází v období jejich silného dělení, je tedy možné, že se pletiva dokáží regenerovat (Rodrigo 2000; Bilavčík et al. 2017, 2021; Yu & Lee 2020).

Pro ovocné plodiny nejkritičtějším obdobím je úsek vegetačního období mezi počátkem rašení květních pupenů a odkvětem, kdy v našich podmínkách hrozí častý výskyt pozdních jarních mrazů a jsou to právě generativní orgány, jež jsou k nízkým teplotám nejcitlivější. Obecně lze říci, že čím dříve opouštějí plodiny dormanci, tím je riziko poškození pozdním mrazem vyšší (Blažek 1998; Boček 2015). V době vegetačního klidu poškozují ovocné plodiny silné arktické mrazy, na podzim pak mohou ovocné dřeviny poškodit i mrazy mírnější povahy (okolo $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$), přijdou-li ještě před ukončením vegetace (Blažek 1998). Klesne-li teplota pod kritickou hodnotu, dojde k poškození nadzemní i podzemní soustavy, nejdříve lýka, poté nejmladších orgánů (výhony, pupeny, kořenové vlášení). Při pokračujícím poklesu teplot dojde k poškození starších orgánů (kmen, větve, kořeny). Velmi důležitou vlastností je geneticky předurčená odolnost k mrazu ovocných druhů i odrůd (Boček 2015).

Dle Blažka (1998) jsou nejcitlivějšími orgány vůči poškození nízkými teplotami zejména květní pupeny, dále listové pupeny a dřevová část výhonů a větví. V porovnání s Bočkem (2015) Blažek (1998) uvádí, že kambium a lýko jsou odolnější, nejodolnější je pak nejmladší vrstva kůry. Starší větve a kmen jsou odolnější vůči poškození než jednoleté výhony. Ovocné dřeviny po silném poškození kosterních větví, kmene či kořenů hynou. Dle Bočka (2015) jsou na mraz nejcitlivější otevřené květy a plodová násada těsně po odkvětu. Gregorová et al. (2006) uvádí, že nejodolnějšími vůči mrazu jsou kambium a nadzemní část prýtu. Dále uvádí, že o odolnosti dřevin vůči nízkým teplotám rozhoduje také odolnost kořenového systému, zejména kořenového krčku.

3.3.1 Poškození květních pupenů

Fenologický vývoj generativních orgánů ovocných druhů je přímo ovlivňován klimatem a liší se v rámci ovocných druhů (Iurea et al. 2020).

Pro nerizikové rašení a kvetení vyžadují ovocné dřeviny průměrnou denní teplotu $8-9\text{ }^{\circ}\text{C}$, k zakládání a diferenciaci květních pupenů $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Červenka et al. 1967). K poškození květních

pupenů může dojít již během zimních mrazů a projevuje se ztmavnutím pletiv na průřezu. U peckovin po zmrznutí květních pupenů dojde k jejich opadu před začátkem rašení, u ostatních ovocných druhů po zmrznutí pupeny neraší, nebo se vyvíjejí v neúplné, deformované květy, které bývají sterilní (Blažek 1998).

U květních pupenů v období dormance dochází k tvorbě ledových krystalů v krycích šupinách a ve spodní části květního lůžka, při níž dochází k přesunu vody z květního orgánu do vznikajících ledových krystalů. Květní pupeny některých druhů, mezi něž patří i jabloně, jsou poškozovány pouhou přílišnou dehydratací, jelikož v jejich meristémeh nedochází ke vzniku ledu. U broskvoní dochází jen k částečnému mimobuněčnému zmrznutí vody, její zbytek zůstává v květních meristémeh, které se podchladí. Při přílišném poklesu teplot dojde k letálnímu zmrznutí těchto podchlazených meristémů. V průběhu jejich vývoje pupeny ztrácí schopnost podchlazení, což je spojeno s rozvojem xylému a odstraněním bariér proti šíření ledu mezi prýtem a květem. Rychlost takového šíření ledu v cévních svazcích xylému broskvoní činí 7 cm/min. Bariéry proti šíření ledu se nachází mezi brachyblastem a květní stopkou a jsou přítomné u ranějších fází vývoje květních pupat, od stádia růžových pupat již nejsou tyto bariéry detekovatelné (Rodrigo 2000; Tromp et al. 2005; Bilavčík et al. 2017).

Odolnost květních pupenů vůči nízkým teplotám klesá s jejich postupujícím vývojem (Rodrigo 2000; Meng et al. 2007; Salazar-Gutiérrez et al. 2014; Szalay et al. 2017; Kaya et al. 2018; Dumanoglu et al. 2019; Wu et al. 2019; Bilavčík et al. 2021). Kritická teplota je teplota odpovídající určité úrovni poškození, je značena T_c . Teplota T_{c90} odpovídá teplotě, při které je letálně poškozeno 90 % jedinců (Sakai & Larcher 1987). Například u meruněk je hodnota T_{c90} ve fázi počátku rašení a nalévání pupenů $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, ve fázi červeného kalichu $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$, ve fázi balonového poupěte $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a v plném květu $-6,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. 10 % jedinců s květy ve stádiu plného květu poškodí již teplota $-2,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. U květu meruněk je nejcitlivější částí semeník, který je nízkými teplotami poškozen nejdříve (Proebsting & Mills 1978). Longstroth (2021) uvádí kritické teploty základních ovocných druhů, viz tab. 2.

Tab. 2: Kritické teploty fenofází pupenů základních ovocných druhů. Zpracováno dle (Longstroth 2021).

Kritické teploty [$^{\circ}\text{C}$] vývojových fází pupenů základních ovocných druhů				
Druh	Teplota	Fenologická fáze		
		Rašení	Stádium balonu	Plný květ
Jabloň	T_{c90}	-16,7	-4,4	-3,9
	T_{c10}	-9,4	-2,2	-2,2
Hrušeň	T_{c90}	-17,8	-7,2	-4,4
	T_{c10}	-9,4	-3,9	-2,2
Meruňka	T_{c90}	-18	-10	-5,6
	T_{c10}	-9,4	-4,4	-2,9
Broskvoň	T_{c90}	-17,2	-9,4	-4,4
	T_{c10}	-7,8	-3,9	-2,9
Slivoň	T_{c90}	-17,8	-5,6	-5
	T_{c10}	-10	-3,3	-2,2
Třešeň	T_{c90}	-15	-4,4	-3,9
	T_{c10}	-8,3	-2,8	-2,2
Višeň	T_{c90}	-17,8	-4,4	-4,4
	T_{c10}	-9,4	-2,2	-2,2

Z tab. 2 jsou patrné mezidruhové rozdíly v hodnotách kritických teplot poškozujících generativní orgány. Zároveň je patrný trend klesání mrazuvzdornosti a růstu citlivosti vůči nízkým teplotám s postupujícím fenologickým vývojem těchto orgánů. Nejvyšší mrazuvzdornost vykazují dormantní pupeny, nejnižší pak generativní orgány v plném květu.

Meng et al. (2007) ve svém pokusu konstatuje, že s vývojem generativních orgánů se teplota, při které dochází k podchlazení pletiv a k jejich zmrznutí, zvyšuje, tedy tím se snižuje jejich mrazuvzdornost. Mrazuvzdorná kapacita odrůd roste, čím nižší je bod podchlazení a zmrznutí pletiv v různých fázích vývoje generativních orgánů. Hodnoty těchto ukazatelů se výrazně liší v rámci odrůdy a v rámci vývojové fáze pupene. Dojde-li k překročení maximální teplotní hranice stavu podchlazení, květní orgány zmrznou a zhnědnou (viz obr. 1) po jejich opětovném roztání. Podle tohoto autora jsou v sestupném pořadí k poškození nejvíce citlivé pestíky, tyčinky a okvětní lístky. Kaya & Kose (2019) na základě svého pokusu uvádí ve vzestupném pořadí nejcitlivější části květu merunek takto: květní lůžko > květní stopka > okvětní lístky > tyčinky > pestík. Teplotní hodnota poškození v těchto částech orgánu se liší v rámci odrůdy.

Poškození generativních orgánů se často projevuje nenormálním vývojem plodů, nebo jejich opadem. Vnější projev poškození květů je jejich zhnědnutí, následné zaschnutí a opad, nicméně i květy bez zjevného vnějšího projevu mohou být poškozeny. Zasažena bývá zejména blizna, semeník a tyčinky a dojde k zastavení vývinu pestíku a opadu plodu. První projev poškození je druhově závislý. U rodu *Prunus* je nejcitlivější zárodečný vak, pokud dojde k jeho celkovému poškození, embryo se nevyvíjí a dojde k opadu plodu. Pokud jsou poškozeny pouze jeho integumenty, plod se může dále vyvíjet. Takové plody pak mohou být deformované (Rodrigo 2000).

Rozsah poškození generativních orgánů mrazem je dán jejich genetickou rezistencí. Velmi odolnými druhy jsou jabloně a slivoně (Irueta et al. 2020).



Obr. 1: Kvetoucí broskvoň davidova (*Prunus davidiana* Carr.) v Demonstrační a výzkumné stanici ČZU Praha, Troja. Korunní lístky jsou poškozeny mrazem, semeník je nepoškozen. Fotografie autorky (2. 3. 2022).

3.3.2 Poškození listových pupenů

Vegetativním pupenům není ve smyslu mrazového poškození věnováno velké pozornosti. Vegetativní pupeny se pravděpodobně nepodchlazují, ale spíše tolerují větší míru dehydratace způsobenou vznikem ledu v mezibuněčném prostoru, jsou tedy více mrazuvzdorné než generativní pupeny (Tromp et al. 2005).

Poškození listových pupenů se projevuje stejně jako u těch květních, tedy tmavnutím pletiv na průřezu, které postupuje od patky pupenu ke špičce v závislosti na úrovni poškození (Blažek 1998).

3.3.3 Poškození jednoletých výhonů

Poškození nejčastěji postihuje ty výhony, které v podzimním období nestačily vyzrát před příchodem mrazů. Nejsilněji bývá poškozována dřevní část a starší vrstva borky. Poškození se projevuje tmavnutím tkání na příčných i podélných řezech v paletě barev od tmavě oranžové, přes světle hnědou až k tmavě hnědé. Později se projeví i navenek zbarvením kůry od zelenošedé do světle hnědé až načervenalé hnědé. Při poškození výhonů u třešní dochází k jejich typickému zčervenání. Následně dojde k vysychání kůry, které se projevuje jejím scvrkáváním (Blažek 1998). Po odstranění kůry a odhalení floému se životnost výhonů určuje podle jeho zbarvení, je-li floém zelený či nazelenalý, výhon je živý. Pokud je pletivo hnědé, výhon byl nenávratně poškozen mrazem (Dongxia et al. 2020).

Výhony mají oproti pupenům lepší schopnost znovuzískání mrazuvzdornosti. V experimentu Dongxia et al. (2020) byl v umělém prostředí indukován pokles mrazuvzdornosti hrušňových výhonů zvýšením teploty prostředí na 5 °C. Po následném poklesu teplot na -7 °C byl pozorován opětovný nárůst mrazuvzdornosti výhonů. Otužený parenchym xylému je méně responzivní na teplotní nárůst a ke změně jeho činnosti je potřeba delší působení teploty, nebo vyšší teplota, než byla použita v tomto experimentu. Oproti tomu pupeny dále ztrácely svou mrazuvzdornost i v době znovuořezování, kdy byly teploty opět uměle sníženy na -7 °C. Z toho vyplývá, že i krátká etapa vyšších teplot v zimním období může přerušit dormanci a zapříčinit dělení buněk v pupenech, čímž ztratí svou mrazuvzdornost. V experimentu došlo k 99% ukončení dormance pupenů u odrůdy 'Konference', která byla z hodnocených kultivarů uznána za nejméně mrazuvzdornou. Ztráta mrazuvzdornosti je rychlejší proces než její znovuzískání, jelikož dochází k postupnému snížení její kapacity. Dojde-li ke ztrátě otužilosti v období ekodormance, klesá také kapacita znovuořezování, která je v období rašení pupenů v podstatě nulová.

3.3.4 Poškození kmene a kosterních větví

Předjarní výkyvy teplot mezi dnem a nocí mohou způsobovat vážná poranění kmenů a kosterních větví. Je-li při slunném počasí půda pokryta sněhem, odrážením světla z povrchu sněhu dochází k zahřívání korových a dřevních pletiv, která zvětšují svůj objem. Během mrazivé noci pak dochází k pnutí a smršťování pletiv, což vede ke zmrznutí kůry a praskání dřeva (Bažant & Litschmann 2004). Poškození je důsledkem ztráty otužilosti pletiv kvůli zahřívání, nebo buněčné smrti vlivem vzniku ledu v protoplastu buněk (Westwood 1993).

Při větším poškození mrazem dochází na silnějších větvích k praskání kůry a jejího odlupování od dřeva. Na příčném řezu větví je pozorovatelná mezera mezi dřevem a kambiem, které se odlučuje s kůrou (Blažek 1998).

Poškození kmene způsobují zejména zimní mrazy a jeho rozsah se odráží od stavu počasí v danou dobu, od intenzity a délky trvání těchto mrazů. Jsou-li mrazy mírné a následovány příznivými povětrnostními podmínkami, namrznutá pletiva mohou dobře regenerovat. Při působení velkých mrazů a velkých teplotních výkyvů vznikají na kmenech mrazové trhliny (viz obr. 2), které jsou důsledkem nerovnoměrného ochlazování, resp. oteplování částí pletiv, v nichž tímto vzniká napětí, které je vyrovnáno trhlinou. Vznikají zejména na jižní a jihozápadní straně kmene a větví. Mrazové trhliny jsou vstupní branou pro infekci mnohými mikroorganismy (Bakša & Smatana 1990; Westwood 1993). Gregorová et al. (2006) též uvádí, že mrazová poškození mají podobu mrazových trhlin či desek, které vznikají zejména v předjaří, kdy dochází k zahřátí a probuzení vodivých pletiv na jižní a jihozápadní straně kmene stromu a jejich následnému poškození nočními mrazy. Tato poškození se poté stávají vstupním bodem pro infekci houbových onemocnění. Boček (2008) též souhlasí a uvádí, že mrazové pukliny a mrazové trhliny vznikají v důsledku prudkého nárůstu teploty na osluněné straně v kontrastu s nízkou teplotou na zastíněné straně. Dále podotýká, že častěji vznikají na vysokokmenných tvarech stromů rostoucích v rozvolněném sponu (Boček 2015).



Obr. 2: Mrazové trhliny na jabloních rostoucích na Demonstračním a experimentálním pracovišti ČZU v Praze Suchdole. Fotografie autorky (7. 3. 2022).

3.3.5 Poškození kořenové soustavy

Jen málo studií se zabývá mrazuvzdorností kořenové soustavy, která má jiné fyziologické zákonitosti než nadzemní orgány. Klimatické modely předvídají rozsáhlé a častější pozdní jarní mrazy, které, spolu s poškozením kořenové soustavy, budou důvodem pro snížení rostlinné produkce (Ambroise et al. 2019). Dle Tromp et al. (2005) je kořenová soustava méně mrazuvzdorná než nadzemní část stromu.

Dle Cleavitt et al. (2008) je poškození kořenů způsobené nízkými teplotami v charakteru buněčné smrti spíše než mechanického charakteru. Poškození se týká většinou kořenů prvního a druhého řádu, jejichž vitalita se snižuje po odstranění sněhové pokrývky v důsledku hlubšího promrzání půdy. Strohá či sporadická sněhová přikrývka je častou záležitostí měnícího se klimatu. Poškození kořenů se projevuje zpomalením růstu nadzemních orgánů a sníženou životností.

Červenka et al. (1967) uvádí následující kritické teploty pro poškození kořenové soustavy: angrešt -18 °C , jabloň a rybíz $-15,5\text{ °C}$, mahalebka a višně $-14,5\text{ °C}$, broskvoň -11 °C , hrušeň -9 °C . Poškození podzemní části rostliny je méně pravděpodobné v období vegetace.

3.4 Opatření proti mrazovým poškozením

Nejdůležitější ochranou jsou preventivní opatření spočívající ve výběru vhodných pěstitelských oblastí a příslušných odrůd, které se vyznačují rozdílnými nároky na teplotní poměry během roku. S rostoucí nadmořskou výškou se zkracuje délka vegetační doby a zvyšuje se riziko kritického poklesu teplot. Je-li vegetační doba příliš krátká, prodlužující růst výhonů pokračuje až do podzimního období, kdy často již nedochází k jejich otužení před příchodem mrazů. Důležitým opatřením je vyvarovat se pěstování v mrazových kotlinách, ve kterých se hromadí chladný vzduch stékající ze svahů, naopak vhodným stanovištěm pro pěstování ovocných plodin je svah, ze kterého je zajištěn odtok masy studeného vzduchu pryč (Westwood 1993; Blažek 1998; Tromp et al. 2005).

Důležitým faktorem úspěšného přečkání mrazů je i zdravotní stav dřevin, ve kterém vstupují do období vegetačního klidu, který úzce souvisí s úrovní agrotechniky. Esenciální je ochrana proti chorobám a škůdcům, která souvisí s množstvím listy vytvořených asimilátů potřebných k otužení plodin. Tedy zdravotní kondice listů a celková vyvážená výživa a vitalita (bezviróznost) dřevin i probírka plodů (které v nadmíře oslabují plodinu) jsou nedílnou součástí taktiky k úspěšnému přečkání období vegetačního klidu (Westwood 1993; Blažek 1998; Tromp et al. 2005).

Teplotní bod, kdy dochází k poškozením, je důležitým faktorem pro určení, kdy začít s aplikací aktivního mrazového poškození, jeho znalost je tedy esenciální. Pro toto rozhodnutí je vhodné vycházet z horní teplotní hranice poškození (Miranda et al. 2005). V současnosti se jako protimrazové metody využívají metody užívané již v posledních dekádách 20. století a jsou zejména pasivního ochranného charakteru: výběr stanoviště a rostliny, řízení odtoku studeného vzduchu, clony a kryty plodin. Aktivní protimrazovou ochranou se rozumí ohřívání, zatešňování, zamlžování sadu, použití větrných turbín či vrtulníků. Tyto klasické metody jsou omezené, anebo drahé, z toho důvodu se v poslední době rozvíjí nové modely ke sledování vývoje mrazuvzdornosti, software k varování před poklesem teplot ke kritickým hodnotám a specificky účinné postřiky na eliminaci či oddálení mrazového poškození (Bilavčík et al. 2021).

Energetická spotřeba je rozhodujícím faktorem při výběru ochranného opatření. Ke kalkulaci této spotřeby lze použít počítačové programy reagující na různé vstupy, které vyhodnotí a porovnají mezi sebou různé metody ochrany. Příkladem takového programu je např. FrostEcon. Dalším klíčovým faktorem je charakter stanoviště. Při výběru ochranného opatření musíme vzít v úvahu klimatické podmínky, topografii a rozlohu sadu, půdní typ a vodní poměry půdy (Garmin & Lüdeling 2019).

3.4.1 Bílení a obalování kmenů

Metoda bílení kmenů vápenným mlékem či latexovou barvou má význam jako prevence proti místnímu zahřívání kmene sluncem, které může způsobit ztrátu otužilosti pletiv. Jako náhradu můžeme použít světlý technický papír, kterým obalíme kmen, nebo různé rohože. Tyto materiály odráží sluneční záření z povrchu kmene a tím snižují teplotu borky a kambia (Blažek 1998; Snyder & de Melo-Abreu 2005; Bilavčík et al. 2021). Podle Bočka (2008) je tato metoda ochrany vhodná zejména na nevhodných svažitých stanovištích s jižní a východní expozicí, na

kteřé v předjaří dochází k teplotnímu šoku a vzniku mrazových puklin a mrazových desek, jelikož na osluněné straně kmene může být teplotní rozdíl až 20 °C oproti teplotě vzduchu (Snyder & de Melo-Abreu 2005).

Nátěr je vhodné provádět na podzim, kdy je teplota vzduchu alespoň 10 °C (Snyder & de Melo-Abreu 2005). Nátěry a obaly je nutno aplikovat důkladně a co nejvýše na kmen stromu. Mezi nevýhody těchto opatření patří zejména jejich časová náročnost (Bilavčík et al. 2021).

3.4.2 Vliv výsadby

Boček (2008) uvádí i význam typu výsadby ovocného sadu a jeho vliv na působení mrazu a rozložení chladného vzduchu. V uzavřených výsadbách, kde jsou koruny stromů zapojeny, hrozí nebezpečí poškození pozdními jarními mrazy, jelikož nedochází k odvodu studeného vzduchu pod korunami stromů. Naopak je tato výsadba efektivní v zimním období, kdy koruny chrání kmeny sousedních stromů před náhlým osluněním a zahřátím, čímž předchází vzniku mrazových trhlin a desek. U otevřených výsadeb, kde je dostatečný prostor mezi korunami stromů a je umožněno proudění vzduchu do meziřadí, dochází k lepší ventilaci chladného vzduchu, čímž se snižuje riziko poškození pozdními jarními mrazy. Naopak kmeny stromů nejsou toliko chráněny a hrozí jejich poškození v zimě.

Při advekčním mrazu je více ohrožena střední až horní část svahu, teplejší vzduch se akumuluje na jeho úpatí. Naopak v případě radiálního mrazu se studený vzduch hromadí v kotlinách a teplota vzduchu roste s rostoucí výškou. Nejteplejší vzduch je pak na vrcholech svahů a jejich horní polovině (Snyder & de Melo-Abreu 2005).

3.4.3 Šittův letní řez

Speciální technika řezu meruněk, která se provádí v období intenzivního růstu letorostů první mízy (polovina května až polovina června), kdy jsou letorosty zkráceny o čtvrtinu až polovinu. Zásah podpoří rozvětvení a tvorbu předčasných letorostů, na nichž se opožděně diferencují květní pupeny, které na jaře příštího roku raší a rozkvétají později, čímž se snižuje riziko jejich poškození pozdními mrazy (Boček 2008; Bilavčík et al. 2021).

Tento řez mimo jiné urychluje nástup stromů do plodnosti, z čehož vyplývá jeho nevýhoda, tedy že jej nelze užít již u plně plodících stromů. Dále je aplikovatelný pouze v teplých oblastech, kde je zaručené vyzrání květních pupenů před příchodem vegetačního klidu (Bilavčík et al. 2021).

3.4.4 Ochranné kryty

Konstrukce s textilií nebo folií (viz obr. 3) vytváří nad výsadbou teplejší mikroklima odražením tepelné radiace z povrchu půdy zpět do porostu a podle způsobu zakrytí mohou i bránit odtoku teplejšího vzduchu mimo chráněný prostor (Bilavčík et al. 2021). Pokud dojde ke kondenzaci vody na povrchu krytu, je tím uvolněno latentní teplo a ochranný efekt se zvyšuje. Teplotní nárůst závisí na síle zvoleného materiálu, tenká vrstva umožní nárůst o 1 °C, silná vrstva pak až o 5 °C (Snyder & de Melo-Abreu 2005). Kryty je nutné včas odstranit, aby bylo umožněno opylování. Mezi nevýhody tohoto způsobu ochrany patří zejména jeho vysoké

pořizovací náklady. Dále špatná ventilace vzduchu může způsobit rozvoj fytopatogenních organismů (Bilavčík et al. 2021).



Obr. 3: Ochranné kryty VŠÚO Holovousy. L. Laňar pro (Bilavčík et al. 2021).

Zait et al. (2020) se zabývali využitím termálních sítí (thermal nets; spletená polyetylenová vlákna) k protimrazové ochraně na banánovníkové plantáži v Izraeli. Z výsledků jejich pozorování je patrné, že sítě s vyšší hustotou, tedy poskytující větší míru zastínění, jsou efektivnější v obraně proti mrazu. Na stanovišti, kde byla použita síť s 10% mírou zastínění, bylo po poklesu teploty k $-1,3$ °C pozorováno poškození v mnohem větším rozsahu, než u sítě poskytující 50% zastínění. Takováto síť se pak jeví jako neefektivnější.

Dalším zkoumaným krycím materiálem byly černé polyetylenové pytle, biologicky rozložitelná škrobová pěna, tenká vrstva vermikulitu, perlitu a pilin. V laboratorních podmínkách byly odebrané výhony přikryty těmito prvky a umístěny do prostředí o -5 °C, následně byla vyhodnocena úmrtnost květů. Vermikulit, perlit ani piliny nedokázaly zabránit poškození květů, naopak dobré ochranné vlastnosti poskytla škrobová pěna, která zmírnila pokles teploty v květech na pouhých -1 až $-1,5$ °C. Polyetylenové pytle ve dvou vrstvách podpořily schopnost podchlazení květů, a ačkoli jejich teplota klesla na $-4,5$ °C, nevytvořil se v nich led (Drogoudi et al. 2006).

3.4.5 Baktericidní postřiky

Některé bakterie působí jako krystalizační jádra při tvorbě ledových krystalů v podchlazené vodě na povrchu rostlinných orgánů. K tvorbě ledu stačí jediné krystalizační jádro (Bilavčík et al. 2021). K samovolnému zmrznutí podchlazené vody dochází při teplotách pod -39 °C, některé bakterie dokáží stimulovat tento proces při značně vyšších teplotách. Za tvorbu ledových jader je zodpovědný protein ukotvený na vnější straně buněčné membrány bakterií, který je schopen vnímat teplotu okolí. Není znám význam tohoto proteinu pro bakterie.

Čím delší tento protein je, tím vyšší teplota je počátkem katalýzy ledu, tedy jinak řečeno, protein těchto bakterií dokáže iniciovat zmrznutí vody při teplotách, při kterých by normálně mohla setrvat v bezpečném stavu podchlazení (Morris et al. 2004). Krystaly ledu vytvořené na povrchu rostlinného orgánu začnou průduchy či poraněními prorůstat do rostlinných pletiv (Bilavčík et al. 2021).

Postřikem a kontrolou bakteriální populace na povrchu květů lze oddálit či eliminovat jejich mrazové poškození. Postřik je nutno provést s předstihem před výrazným rozvojem bakteriální mikroflóry, která po proniknutí do rostlinných pletiv může zkonsumovat část cukerných zásob, čímž sníží odolnost těchto orgánů. Mezi nevýhody tohoto způsobu ochrany patří zejména jejich účinnost pouze při jasně daných podmínkách, tedy když květy jsou chladnější než dřevní část výhonů a jejich teplota nesmí klesnout pod -3 až -4 °C, a zároveň jejich neselektivnost (Bilavčík et al. 2021).

Je zkoumána i možnost biologické ochrany proti led-katalytickým bakteriím. V experimentu bylo pozorováno snížení mrazového poškození a pokles teploty zmrznutí na polních plodinách, na které byl v třídním předstihu naočkován kmen bakterií, které mrznutí vody nepodněcují (Mittelstädt & Schranz 2000). V minulosti bylo výzkumně využíváno geneticky modifikovaných bakterií, ze kterých byl vyjmut gen pro syntézu výše zmíněného proteinu. Tato skutečnost rozproudila debatu o nezřízeném uvolňování GMO organismů do prostředí a tím poškodila renomé této možnosti ochrany (Morris et al. 2004). Autor dále podotýká, že netečnost vůči těmto bakteriím způsobuje zbytečná poškození, neboť jen málo bylo podniknuto k efektivní kontrole jejich působení na rostlinách. Nastihuje ale možnost jejich využití v náhradě za chemické herbicidy při ničení nežádáných plevelů. Dle Snyder & de Melo-Abreu (2005) je o této metodě nedostatečné množství informací.

3.4.6 Postřiky k oddálení rašení a kvetení

Tato metoda se jeví slibnou v komplexním přístupu k ochraně proti pozdním mrazům, její efektivita však záleží na době posunutí rašení či kvetení a na délce působení mrazů. Nejúčinnější látkou se jeví etefon, aplikovaný před opadem listů (Bilavčík et al. 2021). Jeho vlivem bylo u japonských merunek (*Prunus mume*) experimentálně zjištěno oddálení kvetení o 4-11 dní (Paksasorn et al. 1995), v experimentu Crisosta et al. (1990) bylo u slivoní oddáleno kvetení o 7-16 dní v závislosti na stádiu opadu stromů. V experimentu Bilavčíka et al. (2021) na dvouletém meruňkovém stromku odrůdy 'Darina' bylo pozorováno posunutí nástupu kvetení o 3 dny. Také byl pozorován klejotok po odkvětu a autor dále konstatuje, že z tohoto důvodu se použití etefonu v zemědělské praxi neuplatňuje a doba o kterou bylo kvetení posunuto, není markantní výhodou.

Další experimentálně užitou látkou byla kyselina abscisová, která se však pro nekonzistentnost výsledků nejeví využitelně (Parker et al. 2012). Experiment s 10% a 15% roztokem sójového oleje na broskvoních prokázal jeho schopnost snížit respiraci a posunout kvetení o až 6 dní. Dále prokázal klesající násadu plodů a výnosnost, ale rostoucí velikost plodů s rostoucí koncentrací sójového oleje (Myers et al. 1996).

Bilavčík et al. (2021) konstatuje vyšší účinnost opatření kombinujících více ošetření, neboť v jeho pokusu se podzimní aplikací etefonu, nátěrem dvouletého meruňkového stromu odrůdy 'Darina' latexovou barvou a jarním postřikem sójovým olejem podařilo oddálit počátek

kvetení o 5 dnů. Autor vyzývá k testování tohoto kombinujícího opatření s cílem zvýšit jeho finanční rentabilitu, jelikož při současných možnostech aplikace latexové barvy se jeví jako finančně nákladné.

Koncept oddálení nástupu kvetení je slibná hypotéza, je třeba se ve výzkumech více zabývat substancemi, které dokáží tuto skutečnost navodit. Oddálení kvetení má význam zejména pro časně kvetoucí druhy (třešně, meruňky), ovšem pouze v případě jeho dostatečné délky (Dreisiebner-Lanz et al. 2019).

3.4.7 Postřiky ke zvýšení odolnosti proti mrazu

Myšlenka takovýchto postřiků je rozvíjena již od 50. let minulého století. V minulosti i v současnosti je testováno široké spektrum substancí (Bilavčík et al. 2021). Aplikace těchto látek je často nákladná, stejně tak je i nákladná jejich registrace pro trh. Dalším problémem je správné načasování jejich aplikace (Dreisiebner-Lanz et al. 2019).

3.4.7.1 Kryoprotektivní postřiky

Jednou variantou jsou postřiky kryoprotektivní látkou, která snižuje bod tání pletiv a teplotu krystalizace ledu v rostlinných pletivech. Největší schopnost navození této skutečnosti mají vysokoprocentní roztoky močoviny či různých polymerních sloučenin, které ale v těchto vysokých koncentracích působí na buňky rostlinných pletiv toxicky a mohou způsobit až jejich smrt (Bilavčík et al. 2021).

Experiment s postřikem netoxické látky známé pod komerčním názvem jako FreezePruf prokázal posunutí bodu, kdy dojde k poškození buněk a buněčné smrti v listech, květech i plodech testovaných subjektů. Kupříkladu až 70 % testovaných jahod, které nebyly ošetřeny přípravkem FreezePruf byly po dvou dnech v teplotě -4 °C nekrotických, zatímco až 83 % ošetřených testovaných jahod zůstalo ve vitální prodejní kondici po vystavení stejným podmínkám. Obdobných výsledků bylo dosaženo i při testování mandarinek, kdy po 6 hodinách v teplotě -9 °C zůstalo asi 60 % mandarinek živých, kdežto u neošetřeného vzorku byla životnost jen 20 %. Pozitivní výsledky jsou přikládány schopnosti přípravku zvýšit mrazovou toleranci (Francko et al. 2011). Anderson (2012) též podrobil přípravek FreezePruf testu, ale výsledky jeho experimentu na mladých sazenicích rajčat a paprik nepotvrdily žádné významné účinky tohoto prostředku.

Pokus s aplikací 10% roztoku močoviny na broskvoňové výhony těsně před kvetením potvrdil zvýšenou schopnost této vývojové fáze čelit aktuálním mrazům, nicméně s postupujícím vývojem generativních orgánů se tato schopnost rapidně snižovala (Zilkah et al. 1996).

Bilavčík et al. (2021) ve svém pokusu podrobil zkoušce různé kryoprotektivní látky aplikované na kvetoucí výhony meruňky odrůdy 'Leskora', která je nejzastoupenější odrůdou v českém ovocnářství. Ve svých výsledcích prokázal schopnost těchto látek posunout bod krystalizace ledu v pletivech a dále konstatuje budoucí výzkum těchto látek s výstupem pro komerční zemědělství.

3.4.7.2 Postřiky zabraňující tvorbě ledu

Další variantou jsou postřiky, jejichž principem je vytvoření filmu, který zamezí pronikání ledových krystalů průduchy a poraněními do pletiv rostlinných orgánů, která v důsledku poškozují (Bilavčík et al. 2021).

Pokusem s elektrostatickou aplikací celulóзовých nanokrystalů (CNC) na třešňové květy ve stádiu balonu bylo prokázáno zvýšení odolnosti pestíků, které byly poškozeny teplotami $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, kdežto CNC neošetřené květy byly poškozeny již teplotou $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. 90 % neošetřených květů vykazovalo zničené pestíky při teplotě $-5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, kdežto 90 % ošetřených květů bylo takto poškozeno až při teplotě $-7,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výsledky potvrzují velký potenciál CNC ošetření pro aplikaci v polních podmínkách, která zabezpečí výnos z plodin zvýšením mrazové odolnosti květů o $2\text{-}4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Alhamid et al. 2018).

Fuller et al. (2003) prokázali účinnost hydrofobního filmu s částicemi kaolinu aplikovaného na rajčata a citrony, který dokázal oddálit dobu proniknutí ledových krystalů vznikajících na povrchu rostlinných orgánů až o dvě hodiny, což je dobře uplatnitelné v případě krátkých jarních mrazíků.

3.4.7.3 Postřiky stimulující mrazuvzdornost, ochranné či regenerační

Výzkum se zabývá i látkami, které by stimulovaly schopnost mrazuvzdornosti. Při pokusu, kde byl aplikován oxid dusnatý na letorosty merunek, byla prokázána jeho schopnost ovlivnit antioxidační kapacitu květů a obsah rozpustných látek (zejména prolinu a cukrů), čímž stimuloval jejich mrazuvzdornost. Oxid dusnatý reguluje expresi stres responzivních genů, po jeho aplikaci došlo k redukci opadu květů a mrazového poškození a ke zvýšení poměru přeživších květů po mrazové epizodě (Pakkish & Tabatabaenia 2016). Problémem při použití této látky je jednak její dosavadní nedostatečná prozkoumanost v tomto smyslu a také její možný negativní vliv na zdraví pracovníků aplikujících prostředek, jelikož je plyn pro člověka jedovatý a může způsobit náhlou srdeční slabost (Bilavčík et al. 2021).

Lysiak et al. (2016) se zabýval vlivem 5-ALA (aminolevulinic acid) na snížení mrazového poškození u jabloňových odrůd 'Golden Delicious', 'Gala' a 'Šampion'. Postřik touto látkou se prokázal jako efektivní, mrazuvzdornost pupenů i výhonů byla skutečně navýšena a byl pozorován i kumulativní efekt tohoto opatření, neboť v průběhu let probíhajícího výzkumu byl rozdíl mezi poškozením ošetřených a neošetřených květů látkou 5-ALA markantnější.

Tato skutečnost je vysvětlována zlepšením nutriční výživy stromů aplikovaným postřikem.

Další testovanou látkou byla směs giberelinu a benzyladeninu (GA_{4+7} + 6-benzyladenine), komerčním názvem Promalin, jež měla v principu podpořit udržení plodové násady a výnosu na jabloních. Tato skutečnost byla navozena podporou partenokarpického vývoje plodu, tedy bez oplození. Giberelin se chová jako stimulant partenokarpického vývoje plodů, pokud je aplikován před květem a cytokinin napomáhá vývoji těchto plodů. Postřik byl aplikován během dvou mrazivých nocí. Testovaná látka se chovala rozdílně v závislosti na konkrétní odrůdě, výsledný výnos ošetřených plodin nenaplnil očekávání, plody některých odrůd byly menší oproti kontrole či došlo k jejich opadu. Je doporučeno testovat zmíněnou

látku v kombinaci s dalšími podpůrnými substancemi pro dosažení výsledků bez negativních účinků (McArtney et al. 2014).

Podle Dreisiebner-Lanz et al. (2019) jsou postřiky zlepšující mrazuvzdornost ve svém účinku značně limitované a nejsou efektivní při krutých či dlouhých mrazových epizodách. Jsou to opatření nákladná a nezaručují dostatečnou ochranu.

3.4.8 Vyhřívání sadů

Jedná se o metodu, při níž dochází ke spalování různých médií, od rostlinných zbytků a dřeva, přes vytápění naftou a plynem až po spalování parafinových svíček. V blízkosti stromů dojde ke zvýšení teploty o 2 až 4 °C, efekt je však výrazný (Bažant & Litschmann 2004). Dle Snyder & de Melo-Abreu (2005) může ohřev zvýšit teplotu až o 7 °C, v polních podmínkách je však extrémně drahý. Efektivita každého ohřevného zařízení klesá se vzdáleností, u foukacích systémů je tato efektivita závislá na rozestavení zařízení, hmotnostním průtoku a teplotě samotného foukaného vzduchu (Atam et al. 2021).

Ohřivače poskytují teplo nahrazující energetické ztráty při mrazové etapě. Efektivita je nejvyšší za působení radiálního mrazu a teplotní inverze, snižuje se za sněžení či větru. Dále je efektivnějším způsobem užití většího počtu menších ohřivačů než menšího počtu větších, jelikož při jejich užití může docházet k odtoku tepla vlivem komínového efektu a zároveň přítoku chladného vzduchu (Bilavčík et al. 2021). Na návětrnou stranu je dobré umístit dvě řady ohřivačů, do mrazových kapes je pak potřeba více těchto zařízení. Ohřivače je nutno zaktivovat ještě před nástupem kritické teploty (Westwood 1993).

V českých sadech se začínají častěji objevovat parafinové svíce, které za podmínek bezvětří a teploty -2 °C hoří přibližně 9 hodin, vyhřejí 50 m² sadu a na 1 ha sadu je jich potřeba asi 200 kusů. S klesající teplotou se jejich efektivita snižuje, při teplotě -5 °C vyhřejí pouze 29 m² a na 1 ha sadu bude potřeba 350 kusů svíci. Finanční nákladnost a náročnost na lidskou práci jsou hlavními nedostatky tohoto protimrazového opatření (Dreisiebner-Lanz et al. 2020; Bilavčík et al. 2021).

Firma Fruit Security představila nová protimrazová kamna (viz obr. 4), která spalují dřevěné či rašelinové brikety a slouží jako alternativa k parafinovým svícím. Ve srovnávacím pokusu bylo na 1 ha nainstalováno 300 ks těchto kamen a parafinových svíci tak, aby se navzájem neovlivňovaly. Z výsledků je patrné, že největší výhřevnost mají kamna, pokud spalují dřevěné brikety, ale i s rašelinovými briketami mají větší výhřevnost než svíce. Maximální teplotní nárůst u kamen byl až 6 °C, u svíci pouze 2 °C. Svíce mají oproti kamnům rychlejší zahřívací fázi a konstantní výkon, který je ale malý, zároveň jsou snadnější na manipulaci. Nejdelší zahřívací fázi vykazují kamna spalující rašelinové brikety, poskytují však maximální teplotní nárůst až 4,5 °C. Kamna z oceli mají oproti svícím delší životnost a to až 20 let. V testovacím pokusu v sadu kvetoucích broskvoní dokázala kamna s dřevěnými briketami zvýšit teplotu z -3 °C na 1 °C (Dreisiebner-Lanz et al. 2020).



Obr. 4: Protimrazová kamna Wiesel od firmy Fruit Security. Převzato z (<https://eshop.oslavan.cz/protimrazova-kamna-niro-set>).

Sad lze vyhřívat i s použitím mechanizace. Jedná se o tažené či nesené ohřívače, které spalují plyn a ventilátory je teplý vzduch vyháněn do stran, v závislosti na výkonu přibližně na vzdálenost 10-50 m. Důležité je naplánovat pojezd tak, aby každá část sadu byla zahřívána každých 8-10 min. Příkladem takové mechanizace je Frostbuster od firmy Agrofrost (Bilavčík et al. 2021).

Dle Atama et al. (2021) spalují konvenční ohřívače značné množství fosilních paliv a kvůli tomu nejsou ani ekologické, ani finančně výhodné. Autor navrhuje nový hybridní ohřívací systém vhodný pro velké sady, který kombinuje zdroj obnovitelné a neobnovitelné energie. Cílem tohoto systému je snížit náklady na protimrazovou ochranu. Solární energie ohřeje vodu, která je použita k ohřátí vzduchu, tento vzduch pak bude rozváděn systémem trubek k větrákům, které foukají na stromy. V případě nutnosti bude k ohřevu vody či přímo vzduchu použita elektrická energie ze sítě. Důležitou zásadou je efektivní sestavení rozvodné sítě, kterou je nutno omezit na nezbytné minimum, aby docházelo k co nejmenším energetickým ztrátám a zároveň ke snížení finančních nákladů. Systém je vhodný zejména pro oblasti bohatých na solární záření, jeho testování probíhalo v meruňkovém sadu v Turecku.

3.4.9 Zamlžování sadů

Vrstva 3-30 μm velkých kapiček vytváří mlhu, která izoluje porost od okolních teplot. Radiace vyzařovaná povrchem půdy je mlhou odrážena zpět do porostu, čímž nedochází k úniku tepla. Je nutné zajistit, aby nedocházelo k rychlému odpařování těchto kapek, čehož lze docílit přidáním glycerolu do vody. Mlhu lze vytvořit vysokotlakými emitory, které používají čistou vodu, nebo speciálními tryskovými motory užívajícími vodu s příměsí glycerolu. Nejlepší ochranu poskytuje hustá vrstva mlhy, která kompletně zahaluje celý porost (Snyder & de Melo-Abreu 2005; Bilavčík et al. 2021).

Metoda je efektivní, udržuje-li se mlha rovnoměrně v prostorách sadu dostatečně dlouho, tedy lze ji provádět pouze za bezvětří či při lehkém vánku. Účinnost tohoto opatření je minimální při advektivních mrazech, tedy při silných větrných podmínkách (Bilavčík et al. 2021). Nejničivější jarní mrazy však vznikají za bezvětrných podmínek (Itier et al. 1987). Opatření však funguje jen za slabých mrazů (Snyder & de Melo-Abreu 2005).

Itier et al. (1987) ve svém pokusu konstatují schopnost umělé mlhy zvýšit teplotu rostlinných pletiv, tedy snížit teplotní rozdíl mezi rostlinou a okolním vzduchem. Teplo vydávané mlhou je zdůvodňováno oteplováním klesajícího vzduchu nasycováním. V zamlženém prostředí nedochází k výrazným změnám teploty, jako v prostředí mimo ni, což je důležité, jelikož náhlá změna teploty negativně ovlivňuje schopnost podchlazení rostlinných buněk.

3.4.10 Zadešťování sadů

Metoda, při níž dochází k disperzi vody v maximální dávce 3 mm za hodinu nad korunami stromů. Při přeměně této vody na led dochází k uvolňování tepla, které snižuje teplotní pokles v prostoru sadu (Westwood 1993; Bažant & Litschmann 2004). Blažek et al. (1998) uvádí intenzitu postřiku 1,5 až 3,5 mm vody za hodinu a velikost vodních kapek 0,5 až 2 mm. Bilavčík et al. (2021) uvádí množství 40 m^3 vody na ha za hodinu při teplotě -3 až -5 $^{\circ}\text{C}$. U speciální varianty zadešťování, kde se místo rotačních trysek používají trysky překlápěcí, které stříkají vodu pouze na porost, nikoli do meziřadí, je spotřeba vody značně nižší, přibližně 15 m^3 vody na ha za hodinu. Králová (2005) uvádí postřikovou dávku 2,5-3 mm za hodinu, která se s poklesem teplot může zvýšit. Postřik musí být nepřetržitý a probíhat v celé ploše současně, má začínat při teplotě blízké se 0 $^{\circ}\text{C}$ a končit v momentě počátku tání ledu na rostlinách. Tento konvenční způsob spotřebovává více vody, než je nezbytně potřeba k ochraně cílových plodin. Zadešťování nemá probíhat za větrných podmínek, jelikož za této situace může teplota chráněných orgánů spíše klesnout pod kritickou hodnotu, než při variantě bez postřikování (Heisy et al. 1994; Blažek 1998; Králová 2005).

Dle Blažka (1998) závisí míra účinnosti této metody na stavu porostu, relativní vzdušné vlhkosti, rychlosti poklesu teploty a síle větru. V závislosti na hodnotě těchto faktorů může tato metoda zabránit škodám při poklesu teplot k -4 až -7 $^{\circ}\text{C}$ a je tím účinnější než jiné systémy ochrany. Slouží zejména k ochraně generativních orgánů v jarním období.

Podle Králové (2005) je zadešťování účinnější než ochranné obaly, zadýmování, nebo zamlžování sadů. Na povrchu květů a zárodků plodů zmrzá voda na led, čímž je uvolňováno teplo. Toto zmrzávání trvá za bezvětří asi 5 min., na povrchu vzniklého ledu je teplota 0 $^{\circ}\text{C}$, pod

ním asi $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (generativní orgány jsou vlivem tohoto opatření udržovány v teplotě okolo $0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Uvolňované teplo ohřívá objekty, které jsou v kontaktu s vodou a ledem. Opatření je vhodné zejména do oblastí s radičními mrazy v momentě, kdy je k záchraně rostlin potřeba zvýšení teploty o několik málo stupňů. Poryv větru snižuje efektivitu tohoto opatření, neboť zvyšuje evaporaci. Dalším rizikem je lámání letorostů pod tíhou ledu (Westwood 1993; Snyder & de Melo-Abreu 2005).

V pokusu Koce et al. (2000) byl testován systém s přerušovaným postřikem, založený na automatickém systému měření teploty pupenů u jabloně. Cílem pokusu bylo zredukovat množství spotřebované vody aplikací pouze nutné dávky k udržení teploty pupenů nad kritickou hladinou. Systém ve většině případů dokázal udržet teplotu pupenů nad kritickou hodnotou ($-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) a také dokázal zredukovat spotřebu vody v průměru o 72 %. V jednom z případů došlo k poklesu teploty pupenů pod kritickou hodnotu, což je přisuzováno špatnému pokrytí pupene vodou, vlivem nedostatečně rychlé rotace trysek. Z toho je patrné, že technické parametry závlahového systému užívaného k zadešťování jsou důležitým faktorem. Nicméně trend spočívající ve zvýšení teploty vlivem uvolňování latentního tepla z mrznoucí vody se potvrdil ve všech testovaných letech. Systém nebyl spouštěn tradičně před poklesem teploty pod $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ale v reakci na upravenou hodnotu kritické teploty, která se mění podle relativní vzdušné vlhkosti. Je-li vzdušná vlhkost větší než 50 %, ke kritické teplotě poškození je přičtena hodnota $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, je-li menší než 50 %, přičítá se $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Doba postřikování byla stanovena na 60 s, což je zhruba doba jedné obrátky hlavy postřikovače. Doba klidu je za mírného mrazu relativně fixní, stanovena na 3 minuty. Při krutějších podmínkách se může zkrátit. Za tuto dobu nestihne voda kompletně zmrznout před začátkem dalšího cyklu (Heisey et al. 1994; Koc et al. 2000).

Na podobném základě fungoval i pokus Ghaemi et al. (2009) zaměřený na ochranu broskvoňových květů. Kritická teplota byla $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, systém automaticky spouštěl, pokud byla teplota o $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ větší než upravená kritická teplota ($-4\text{ }^{\circ}\text{C} + 2\text{ }^{\circ}\text{C} = -2\text{ }^{\circ}\text{C}$), relativní vzdušná vlhkost byla 38 % v průběhu pokusu. Systém ale vypnul až tehdy, byla-li teplota naměřená na větvi v blízkosti květu v 1,5 m výšky o $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ větší než upravená kritická teplota. Cílem experimentu bylo otestovat tento automatický systém, který se prokázal jako účinný a dokázal udržet teplotu květů nad kritickou hodnotou. Úmrtnost květů v pokusném sadu byla pouze 12 %, v kontrolním sadu bez protimrazového opatření 41,5 % a zároveň došlo ke zvýšení výnosu z jednoho stromu v ošetřeném sadu o 36 %. V pokusu byla použita konstantní dávka postřikové vody, autoři však odhadují snížení spotřeby vody o 47,06 % při použití variabilního dávkování.

Další obdobný test prováděl Heisey et al. (1994), který prověřoval účinnost automatického systému s přerušovaným postřikem a dávkováním pouze minimálního objemu vody nutného k ochraně květních pupenů jabloně. Tato dávka vychází z aktuálních stanovištních podmínek, tedy z hodnot teploty, vzdušné vlhkosti a rychlosti větru. Oproti konvenčnímu systému zadešťování dokázal tento způsob ušetřit až 75 % vody a udržet orgány jabloní nad kritickou teplotou ve dvou ze čtyř případech. Selhání systému je též vysvětlováno nedostatečným pokrytím síťového zadešťovacího systému a nerovnoměrným postřikem rostlinných orgánů.

Olszewski et al. (2017) také potvrzuje účinnost a úspornost automatického cyklického zadešťovacího zařízení na základě svých zkušeností z pokusu s brusinkami, ve kterém došlo k úspoře vody v rozsahu 33-80 % v závislosti na aplikované dávce vody a ochraně květních

pupenů na stejné, nebo vyšší úrovni v porovnání s komerčním způsobem zadešťování. V experimentu Anconelliho et al. (2002) byly v laboratorních podmínkách testovány různé typy postřikovačů. Při teplotním poklesu k $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ se jako nejefektivnější ukázaly mikropostřikovače s průtokem ne méně než $1,5\text{ mm/h}$, pravděpodobně v důsledku větších kapek, které v porovnání s mikrorozprašovači produkují. Příliš malé kapky se rychleji odpařují.

Rieger (1993) porovnával efektivitu postřikovačů stříkajících na koruny stromů shora a zespod. Z výsledků vyplývá, že postřik do korun ze spodu dokázal zvýšit teplotu v $0,5\text{ m}$ nad zemí o $0,5\text{--}1\text{ }^{\circ}\text{C}$, ale teplotní nárůst v koruně byl minimální. Výnos z takto ošetřených stromů se snížil, nejvíce plodů se udrželo ve spodní části koruny (kde ještě došlo ke zvýšení teploty). Postřikování shora významně zvýšilo teplotu (až o $2\text{ }^{\circ}\text{C}$) a rozdíl byl pozorovatelný již po 1 hodině, zároveň i výnos byl vyšší. V experimentu byly pro obě varianty použity stejné typy postřikovačů, pouze ty pod korunami měly sníženou průtokovou dávku vody, jelikož způsobují větší zamokření půdy.

Bilavčík et al. (2021) konstatuje běžné užívání tohoto opatření ve vyspělých zemích k ochraně jaderovin, ale i borůvek a jahodníku. U peckovin hrozí zlomení větví pod tíhou ledu a problémem je i zamokření půdy, na které jsou peckoviny citlivé. Dále konstatuje problematičnost správného načasování spuštění systému, které má vycházet zejména z výsledků měření vlhkého teploměru či aktuální teploty povrchu kvetoucích výhonů. Nutným předpokladem je dostatečné zásobení vodou, která v průběhu zadešťování nesmí dojít, jinak hrozí pokles teploty a poškození orgánů rostlin (Králová 2005; Bilavčík et al. 2021). Hlavními nedostatky jsou zejména zvýšená spotřeba vody a s tím spojené převlhčení půdy, jež může podporovat rozvoj onemocnění, dále vysoké pořizovací a instalační náklady a nepřesnost postřikovacích hlavice. Proto je důležité věnovat pozornost vývoji přesnějším a úspornějším alternativám tohoto jinak velmi efektivního opatření (EIP-AGRI Focus Group 2019).

3.4.11 Zavlažování sadů

Princip spočívající buďto v povrchovém zatopení části či celé plochy pod porostem, kdy je teplo rostlinám předáváno z vody, nebo v zatopení brázd, kdy je uvolňováno latentní teplo při mrznutí vody. Metoda se komerčně užívá zejména pro přízemní plodiny, k použití v sadech se jeví vhodnou spíše brázdová technika, ovšem celkově má tato metoda omezený dosah, což je problém zejména u vyšších stromů. Důležité je načasování spuštění závlahy, jelikož voda nesmí zmrznout dříve, než potřebně pokryje danou plochu. Samotná dostatečná zásoba vodou se může jevit jako problém, ovšem je-li tato podmínka splněna, je finanční nákladnost této techniky minimální (Snyder & de Melo-Abreu 2005; Bilavčík et al. 2021).

Voda musí být teplejší než půda. Pro aplikaci na jaře je z tohoto důvodu nevhodné použít podzemní vody, používá se voda z řek, nebo odpadní voda (Králová 2005). Teplota vody je důležitý parametr, jelikož teplejší voda při chladnutí uvolní více tepla. Největší ochrany zavlažování poskytuje při první noci po záplavě a efektivita klesá s rostoucím nasycením půdy. Množství vody potřebné pro zaplavení je závislé na její teplotě a síle mrazu, takovéto opatření poskytuje nárůst teploty o $3\text{--}4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Závlaha musí být zahájena s dostatečným předstihem, aby voda stihla dotéci na konec rýhy dříve, než teplota vzduchu klesne na kritickou hranici.

Problémem může být výskyt houbových chorob a asfyxie kořenů. (Snyder & de Melo-Abreu 2005).

Alzorgan et al. (2011) popisuje nový automatický zavlažovací systém, který vychází z měření vlhkosti půdy a teploty vzduchu, na jejichž základě je rozhodnuto o spuštění tohoto systému. Klesne-li hodnota těchto ukazatelů pod přednastavenou hodnotu, je zahájeno zavlažování. Voda je čerpána ze dvou nádrží, z nichž jedna je ohřívána solárním panelem. Ohřívána voda je použita v případě, pokud klesne pouze hodnota teploty vzduchu. Voda o teplotě prostředí je užívána, klesne-li hodnota vlhkosti půdy. Klesnou-li oba ukazatele, počítač sám vyhodnotí, kterou nádrž použít v závislosti na hladině vody a její úspoře. Principem tohoto systému je zejména úspora vody a lidského dohledu, zároveň i protimrazová ochrana plynoucí ze specifického tepla vody.

3.4.12 Promíchávání vzduchu

Větrná zařízení jsou jedna z nejefektivnějších a nejužívanějších protimrazových opatření, nicméně s přihlédnutím k měnícímu se klimatu, které může snižovat mrazuvzdornost plodin, je nutné tuto efektivitu přezkoumat (Kimura et al. 2017).

Principem této metody je promíchávání studeného vzduchu při zemi s teplým vzduchem ve výšce, podmínkou je tedy teplotní inverze. K tomu lze použít větrné turbíny, které jsou nejčastěji 10-11 m vysoké, s listovým ventilátorem mírně skloněným k povrchu. Uvádí se, že jedna taková turbína pokryje plochu 4-6 ha sadu. Využívají se zejména pro trvalé kultury (sady, vinice), klesá-li teplota pod $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nefungují při větru o rychlosti více než 8 km/h, při výskytu přechlazené mlhy a klesne-li minimální teplota vzduchu o více než $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ pod hodnotu kritické teploty. Tyto turbíny jsou nejefektivnější při výskytu silné inverze, kdy rozdíl teplot v 15 m nad zemí je alespoň $5-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ a poskytují nárůst teploty přibližně o průměru síly teplotní inverze (Westwood 1993; Snyder & de Melo-Abreu 2005; Hu et al. 2018; Bilavčík et al. 2021). Využívají se stacionární větrné turbíny i mobilní turbíny či větráky na vysokých plošinách, které jsou méně účinné, ale vykazují kumulativní účinek při užití ve větším množství (Hu et al. 2018; Beyá-Marshall et al. 2019). Za větrné situace jsou více chráněna stanoviště po větru než proti větru. S rostoucí rychlostí větru síla inverze klesá, zároveň se snižuje efektivita větracího zařízení, tedy klesá procento přesunutého tepla ze síly teplotní inverze (Ribeiro et al. 2006).

V experimentu Heusinkvelda et al. (2020) byl prokázán vliv vzdálenosti od turbíny a výšky umístění lopatek větráku na změnu lokální teploty a vliv i slabého poryvu větru ($<1\text{ m/s}$) na rozložení proudícího vzduchu. Zároveň i teplo vycházející z motoru pohánějícího turbínu má dopad na místní změnu teploty. Zajímavým výsledkem byl poznatek, že nepřerušované míchání vzduchu na nižší otáčky je efektivnější než několik kratších etap, což je fakt, který je nutno dále podrobit testům a je třeba stanovit nejefektivnější rozsah otáček. Sun et al. (2020) k tomuto dodává, že pokud by turbína přestala oscilovat, došlo by ke zvýšení rychlosti proudění vzduchu na hodnotu, která by mohla poničit porost. Je tedy nutné, aby turbína oscillovala nepřetržitě. Jako nejvhodnější úhel sklonu oscilátoru se jeví rozsah $8^{\circ}-16^{\circ}$, který nejlépe přispívá ke změně teploty, jelikož nejvíce podporuje vertikální stoupání vzduchu a jeho smíchání (Heusinkveld et al. 2020).

Ribeiro et al. (2006) se zabýval otázkou načasování spuštění větracího systému. Ve svém pokusu konstatuje, že teplota naroste téměř ihned po zahájení větrání (rozdíl je pozorovatelný

již po 5 minutách při slabém větru), tedy časový předstih není nutný. Je však nutné systém spustit dříve, než teplota měřená v 1,5 m nad zemí klesne pod kritickou hodnotu způsobující poškození. Autor dále uvádí, že na 1 °C síly inverze je zisk asi 0,3 °C z použití větracího zařízení.

Sun et al. (2020) monitoroval změnu mikroklimatu v čajovníkové plantáži vlivem promíchávání vzduchu větrnou turbínou. Pozoroval rostoucí rychlost proudění vzduchu v rozsahu 10-15 m vzdálenosti od turbíny a klesající rychlost ve vzdálenosti 15-40 m od turbíny. K největšímu teplotnímu nárůstu došlo ve vzdálenosti 10-20 m od turbíny, poté nárůst teploty postupně klesal. Proudící vzduch umocnil teplotní rozdíl mezi spodní a horní částí porostu, teplotní nárůst byl nejnižší ve výšce 85 cm nad zemí, ale nejvyšší ve výšce 5 cm nad zemí ve všech měřených vzdálenostech od turbíny. V důsledku toho došlo k akumulaci námrazy na horních listech čajovníku. Nicméně, autor shrnuje, že turbína dokázala efektivně pokrýt plochu 4,8 ha a prokázala se jako účinné opatření proti mrazu.

Méně výkonější alternativou jsou přenosné větráky, jejichž princip je stejný jako u turbín. Vzhledem k jejich menšímu pokrytí je vhodné vždy použít více těchto mechanismů. Mobilní větráky mohou být účinnější ve výsadbách s hustou korunou. Zařízení vyhání studený vzduch ze sadu a umožňují přítok teplejšímu vzduchu (Westwood 1993; Bilavčík et al. 2021).

Beyá-Marshall et al. (2019) porovnával efektivitu mezi stacionární větrnou turbínou a přenosným větrákem (viz obr. 5). Přenosný větrák shledává méně účinným, rozhodujícími parametry jsou nižší výška jeho plošiny v porovnání s turbínou, nižší stabilita, menší pokrytí jak horizontálně, tak vertikálně a nedosahuje takového teplotního nárůstu jako turbína. Limitujícími faktory jsou menší výkon motoru a úzký úhel pokrytí (asi 24°-28°), který ovšem lze kompenzovat zkrácením doby rotace.



Obr. 5: Stacionární větrná turbína (vlevo), mobilní větrák (vpravo). Převzato z (Beyá-Marshall et al. 2019).

Hu et al. (2015) podrobil testu vertikálně foukající větrák (VBF, vertical blowing fan, viz obr. 6) a konstatuje jeho velmi malou efektivitu. V testu se zvýšila teplota jen v okruhu pěti metrů od větráku. Toto koreluje s výsledkem testu Ariase et al. (2010), který tomuto stroji přisuzuje pouze minimální účinnost. Z jeho pokusu vyplývá větší vliv aktuálního stavu počasí na změnu teploty v testované vinici, než vliv VBF zařízení. Battany (2012) ve svém pokusu došel ke stejnému závěru. Porovnával dvě VBF zařízení s přenosnou horizontální turbínou, která se oproti VBF prokázala jako mnohem efektivnější. Za silné teplotní inverze vykazoval VBF systém jen minimální a omezenou efektivitu, za slabé inverze pak nevykazoval žádnou efektivitu či dokonce působil na teplotu negativně. Oproti tomu Guarga et al. (2000) ve svém pokusu konstatuje efektivitu tohoto zařízení, které dokázalo snížit míru poškození pomerančů na 14 % oproti 42 %, jenž byly pozorovány na kontrolní plantáži. Schopnost VBF zvýšit teplotu o několik stupňů konstatuje i Vardar & Taskin (2014).

Tyto stroje fungují na principu SIS (Selective Inverted Sink), tedy selektivně odstraňují nejspodnější chladnou vrstvu vzduchu a umožňují přísun teplého vzduchu z teplejší inverzní vrstvy. Vytváří sací efekt, který táhne teplý vzduch k zemi. Jsou využívány zejména pro svou nízkou nákladovost a menší hlučnost (Arias et al. 2010; Hu et al. 2015, 2018).



Obr. 6: Vertikálně foukající větrák (VBF). Převzato z (Vardar & Taskin 2014).

Další variantou jsou vrtulníky, které v závislosti na monitoringu chladnějších míst v sadu přelétávají nad porostem v 30-60 min. intervalech. Rozsah působení závisí na velikosti a výkonu vrtulníku, princip je však stejný jako u předchozích zařízení. Vrtule nutí teplejší vzduch klesnout k zemi a vytlačit, nebo se smíchat se studeným vzduchem (Westwood 1993; Hu et al. 2015; Bilavčík et al. 2021). Použití vrtulníků je nejvhodnější za radiačních mrazů, jasné oblohy a bezvětří či velmi slabého větru. Jsou neefektivní při poklesu teplot pod $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, při rychlosti větru větší než $2,5\text{ m/s}$ a při advekčních mrazech. Oproti větrným turbínám neposkytují toliko dlouho trvající účinek (Hu et al. 2018).

Hu et al. (2015) se ve svém experimentu věnoval otázce vztahu mezi parametry letu helikoptéry a růstem teploty v blízkosti plantáže čajovníku. Z výsledků stanovil optimální výšku přeletu nad porostem 4 m , rychlost letu 6 m/s a interval přeletu 20 minut . Dodržení těchto

parametrů způsobilo vzrůst teploty v porostu o 1,6 °C, síla inverze byla pouze 3,8 °C. Autoři se shodují, že větší počet přeletů za nižší rychlosti a v nižších výškách je pravděpodobně nejefektivnější způsob uplatnění helikoptér (Miller et al. 1971; Miles & Hinz 1976; Hu et al. 2015, 2018). Miller et al. (1971) ve svém pokusu pozoroval nárůst teploty v úrovni porostu o 6 °C za přeletu helikoptéry ve výšce 15-23 m při rychlosti 8 km/h s dvěma přelety během 35 minut. Ovlivněna bylo plocha 2,5 ha a trvalo přibližně dvě hodiny, než teplota opět klesla na původní hodnotu. Oproti tomu, při přeletu ve výšce 30,5 m s rychlostí přeletu 32 km/h došlo ke zvýšení teploty pouze o 3,5 °C a během 30-40 minut teplota opět klesla na původní hodnotu.

Za daných podmínek jsou všechny tyto metody velmi efektivní, nicméně jejich společným nedostatkem je velká pořizovací cena a hluk (Bilavčík et al. 2021).

3.4.13 Vyvíječe dýmu

Efektivita této metody byla vyvrácena, jelikož teplotní nárůst způsobuje přímo uvolňované teplo ze spalování, nikoli kouř. Kouř sám o sobě pouze snižuje viditelnost, nemá ale vliv na změnu teploty vzduchu, jelikož neovlivňuje šíření dlouhovlnného záření. To pak prochází skrz kouřový oblak a dochází ke ztrátě tepla z povrchu půdy. Při svítání pak kouř blokuje průchod slunečního záření do porostu a tím se opoždí jeho přirozené zahřátí. Zadýmování sadů je neefektivní metoda, která silně znečišťuje ovzduší (Snyder & de Melo-Abreu 2005). Neefektivita spočívá zejména v nedostatečné velikosti kouřových částic, které nejsou schopny zachytit radiaci (EIP-AGRI Focus Group 2019).

3.5 Poškození a ochrana ovocných dřevin proti vysokým teplotám

Poškození vysokými teplotami může být úzce spojeno i s působením mrazu. Dojde-li v období postdormance ke zvýšení teploty, ovocné dřeviny snižují schopnost mrazuodolnosti. Následuje-li pak období ochlazení a teploty klesnou pod kritickou hodnotu, dojde k tvorbě některých výše zmíněných mrazových poškození. Snížení mrazuodolnosti bylo většinou příčinou mrazové kalamity v historii českého ovocnářství (Boček 2015).

Vysoké teploty mohou mimo jiné působit i nepřímá poškození. V důsledku měnícího se klimatu a oteplování může nastat skutečnost, že není naplněna minimální suma studených teplot, která je nezbytná pro zahájení kvetení u některých odrůd (Bilavčík et al. 2021; Suran 2021). Specifické požadavky na sumu nízkých teplot musí být naplněny, aby mohlo dojít k ukončení endodormance a k umožnění kvetení vlivem rostoucích teplot (Hovarth et al. 2003). Odrůdy se zvýšeným požadavkem na délku chladných dnů mají při teplém období vegetačního klidu problém vykvést, příkladem je meruňková odrůda 'Velkopavlovická' (Bilavčík et al. 2021). Experiment v italském Toskánsku po 40 let sledoval změnu klimatu ve vztahu k vykvétání meruňek. Z výsledků je patrné, že zejména v letech 2013-2016 (výzkum skončil r. 2016) vlivem globálního oteplování dochází ke snižování počtu mrazových dnů a tím i ke snížení rizika poškození plodin pozdními jarními mrazy, což se může jevit jako výhoda pro časně kvetoucí ovocné druhy. Dalším zjištěním je, že úhrn chladových jednotek za období vegetačního klidu se od počátku experimentu v 70. letech minulého století snížil o 40 %, tj. asi 60 jednotek za pět let. Chladové jednotky reprezentují minimální požadavek na chlad, který je nutný k překonání endodormance pupenů. Jako minimální hranice je stanovena hladina 1000 chladových jednotek, které mnohé odrůdy v místním měnícím se klimatu v posledních 15 letech výzkumu nemohly do konce měsíce ledna dosáhnout. Příčinou je teplý podzim, zejména pak měsíc listopad a důsledkem je posun v kvetení, u časně kvetoucích odrůd až o 12 dní, u pozdně kvetoucích odrůd o 5 dní (Bartolini et al. 2019). Oteplování chladné části roku je nutno vnímat jako potenciální limitující faktor ovocné produkce v celé Evropě, zejména pak na jejím jihu (Atkinson et al. 2013).

Vysoké teploty v důsledku měnícího se klimatu a tendence k extrémnímu počasí je faktor limitující ovocnou produkci. Při jejich působení dochází jen k malému poškození listů a vegetativních částí, nejvíce jsou ovlivněny generativní orgány (zejména je narušeno opylení) a dochází k redukci výnosu. K většímu poškození přispívá kolísání srážek během horkého období, tedy nedostatek či přebytek vody. Odezva na teploty a tolerovatelný rozsah je specifický druhově i fenologicky (Hatfield & Prueger 2015).

3.5.1 Poškození pylu

Vysoké teploty snižují životnost pylu a jeho celkovou produkci v květu, čímž je významně snížen výnos (Devasirvatham et al. 2012). Issarakraisilia & Considine (1994) ve svém pokusu na mangu pozorovali, že pokud dojde při mikrosporogenezi k nárůstu teplot na 33-36 °C, je tím životnost pylu snížena o 60-85 %, s čímž souhlasí i Fabián et al. (2019) a Prasad & Djanaguiraman (2014).

Klíčivost pylu je vlastnost nejcitlivější k vysokým teplotám. Hedhly et al. (2003) ve svém pokusu na třešni (*Prunus avium* L.) konstatuje, že při 10 °C je klíčivost pylových zrn více méně

100%, při teplotě 30 °C pak vyklíčí pouhých 27 % a jen 22 % je schopno prorůst pestíkem až k semeníku a oplodit tak květ.

3.5.2 Pokles tvorby nektaru

Globální oteplování může vést k mnohým změnám ve fyziologii rostlin, zejména pak v produkci nektaru. Předpovídané silné oteplování bude mít za následek snížení produkce nektaru ve květech a s tím i související úbytek potravy pro opylovače (Takkis et al. 2015).

3.5.3 Vysychání blizen

Za vysokých teplot dochází k vysychání blizen (Bhende & Kurien 2020), čímž dochází ke snížené schopnosti zachytit pyl. Takový stav nastává již po pěti dnech v případě pšenice (Prasad & Djanaguiraman 2014). Blizna hraje důležitou roli v reprodukčním procesu a je nejcitlivějším, ale nejméně chráněným samičím orgánem vůči nepříznivým podmínkám. Jejím účelem je zejména hydratace pylu a vedení pylové láčky pestíkem (Fabián et al. 2019).

Na blizně dochází ke třem zásadním aktům, a to k: přilnutí pylu, klíčení pylu, vyklíčení a růstu pylové láčky. S rostoucími teplotami klesá schopnost blizny poskytovat ideální podmínky pro tyto procesy, nejprve dochází ke ztrátě schopnosti pylu prorůst, poté vyklíčit, v poslední řadě je pylu znemožněno uchytit se na blizně. Při teplotě 10 °C trvá proces klíčení a prorůstání pylu až 9 dní, při teplotě 30 °C je tato schopnost ztracena za 2-3 dny (Hedhly et al. 2003).

Výskyt tohoto jevu konstatuje Minin et al. (2020). Při jeho pokusu došlo k nárůstu teplot v květnu na 27-33 °C, v důsledku toho došlo k vyschnutí blizen slivoňových květů a jejich nedostatečnému opylení, čímž byl snížen výnos.

3.5.4 Zdvojování plodů

Jev zdvojování plodů je podmíněn teplotami nad 30 °C při diferenciaci květních pupenů na pomezí jara a léta a zřejmě i konkrétním genotypem. V pokusu s třešněmi byly na jednom stanovišti nalezeny odrůdy s vysokým výskytem zdvojených třešní a zároveň i odrůdy bez výskytu tohoto defektu. Dříve dozrávající odrůdy byly náchylnější než později zrající a zároveň jsou náchylnější velmi teplá stanoviště s vysokou sumou teplot na pomezí jara a léta (Roversi et al. 2008).

Problémem tohoto jevu je neprodejnost zdvojených plodů a zároveň často jeden ze dvou plodů odumře, čímž se zvyšuje riziko infekce moniliovou hnilobou (Neumüller 2011).

3.5.5 Poškození plodů jádrovin úžehem a sklovitostí

Při úžehu dochází na plodech vystavených přímému slunečnímu záření za horkých a suchých dní s nízkou vzdušnou vlhkostí k poškození slupky, při delším trvání i dužniny. Poškození se projevuje vybělením, nebo zhnědnutím, je častější u žlutoslupkatých plodů a podporuje jej deficit vápníku (Profi Press 2004; Racskó et al. 2010). Projevuje se v různé míře a zasažené plody jsou neobchodovatelné (Cloutier 2021).

Nekróza vzniká při teplotách povrchu plodu nad 52 °C působících alespoň 10 minut. Projevuje se smrtí buněk slupky, které zhnědnou, až zčernají. Nejčastějším projevem úžehu je

zežloutnutí až zhnědnutí slupky na osluněné straně plodu. Je způsobené silným ultrafialovým B zářením a teplotou povrchu plodu v rozmezí 45-49 °C působící déle než jednu hodinu. Bělení vzniká při náhlém oslunění slupky plodu, jež není na světlo zvyklá. Toto se může stát vlivem probírání plodů či letním řezem. Projevem je zesvětlení slupky, které může ústít v nekrózu, má ale jinou příčinu vzniku (Cloutier 2021). Dle Felicettiho & Schradera (2008) je při vzniku vybělení nejdůležitějším faktorem viditelné spektrum slunečního záření, nikoliv teplota povrchu plodu či UV záření. Při delším působení světla vybělená pletiva hnědnou (Schrander et al. 2004). Tyto tři typy úžehu lze vidět na obr. 7. Hnědnutí může postupovat dužninou ke středu plodu, čímž snižuje skladovatelnost a z tohoto důvodu je nezbytná jeho brzká detekce.



Obr. 7: Poškození úžehem: nekróza (vlevo), hnědnutí (uprostřed), bělení (vpravo). Převzato ze (Schrander et al. 2004).

Jako možnou prevenci lze použít zastínování sítěmi či chlazení postřikováním vodou do korun a chránění sklizených plodů v sadu před přímým sluncem (Cloutier 2021). Chlazení se nejvíce jeví jako efektivní metoda při ochraně proti bělení, jelikož při jeho vzniku nehraje roli teplota povrchu. Naopak jistou ochranu mohou poskytovat kryty odrážející sluneční záření či různé látkové pytle. Tato opatření však mohou snížit přizpůsobivost slupky ke světlu, a po odstranění krytu (z důvodu vybarvování při zrání) se může riziko poškození zvýšit (Felicetti & Schrander 2008). Jako ochranu proti úžehem lze použít i postřiky různými protektanty. Schrander et al. (2008) konstatují snížení poškození až o 50 % při použití přípravku Raynox a Surround WP. Yazici et al. (2009) uvádí kombinaci postřiku kaolinem a stínění jako efektivní metodu pro snížení poškození úžehem na granátovníku (*Punica granatum* L.). Stínění samo o sobě též snížilo riziko úžehem, ale zapříčinilo časté praskání plodů. Sarooghinia et al. (2020) a Gharaghani et al. (2015) též aplikovali postřik kaolinu na jablka a z výsledků stanovili ideální aplikaci 7,5% (6%, Gharaghani et al. 2015) kaolinu na začátku června a července jako nejefektivnější opatření pro snížení poškození úžehem. Dále konstatují nízkou finanční nákladnost kaolinu a jeho snadnou aplikaci, na druhou stranu je ale nutné sklizeň opláchnout a zbavit reziduí. Gindaba & Wand (2005) porovnávali různé metody ochrany proti úžehem a uvádějí, že jako efektivnější se jeví ty metody, které snižují teplotu povrchu ovoce a zároveň snižují ozáření sluncem. Mezi takové patří stínění a kaolinové postřiky, které jsou dle autorů efektivnější než zadešťování, které pouze snižuje teplotu vlivem odpařování. Nevýhodou těchto technik ovšem je nedostatečné vybarvování plodů, což potvrzuje i Goodwin et al. (2018), v jehož pokusu došlo ke snížení rizika úžehem jako i nedokonalému vybarvení hrušek za použití stínovacích sítí. Jocu et al. (2022) ve svém pokusu aplikoval postřik na jablka, jehož základní substancí byla

CaCO₃. Ve výsledcích uvádí schopnost těchto protektantů snížit poškození úžehem jako i zvýšit hmotnost plodů a opozdit zralost v období sklizně.

Racsó et al. (2010) ve svém pokusu s jablky konstatují nejčastější projev zhnědnutím, méně časté bylo vybělení a nekróza se vyskytovala nejméně. Dále konstatují, že plody jsou více náchylné k úžehu než listy, jelikož v jejich experimentu došlo k poškození více jak 60 % plodů, ale pouze 3 % listů. Míra poškození na jednom stromu však nebyla velká, méně než 6 % plodů a méně než 1 % listů. Poškozené listy se vždy vyskytovaly v blízkosti těžce poškozených plodů.

Sklovitost (angl. watercore) je významná fyziologická porucha, která nastává vlivem velkých teplotních rozdílů mezi dnem a nocí v období zrání plodů (Dart & Newman 2005; Boček 2015). Projevuje se jako hromadění tekutiny v mezibuněčném prostoru (viz obr. 8), dochází k nárůstu obsahu sorbitolu, hydroxyskořicových kyselin a flavonolů ve slupce i dužnině (Cebulj et al. 2021). Zasažená pletiva jsou vodnatá a průhledná a vyskytují se nejčastěji v blízkosti cévních svazků a jádřince. Mezibuněčné prostory v dužnině se plní tekutinou namísto vzduchu, a proto toto poškození není vidět zvenku, nýbrž až po rozkrojení plodu. Po rozkrojení lze spatřit projev dvojího typu: vodnatá pletiva se vyskytují u středu plodu a vytváří celistvou masu, která se může šířit až ke slupce (angl. block watercore), nebo se vytváří paprscité výběžky lemující vodivé prvky v dužnině zejména na osluněné straně plodu (angl. radial watercore). Ochranou je v podstatě pouze prevence, a to sklizení plodů ve správný čas, dostatečná výživa vápníkem a nepřehnojování dusíkem. Zasažené plody jsou sladší díky zvýšenému obsahu cukrů, pokud ale dojde ke zhnědnutí poškozené tkáně, chuť se mění v hořkost (Kajiura et al. 1976; Dart & Newman 2005).

Kajiura et al. (1976) dále uvádí, že sklovitostí poškozená pletiva častěji vyskytují na pozdě sklizených a přezrálých plodech a mají tendenci mizet při skladování v nízkých teplotách. V jeho pokusu s asijskými hrušněmi konstatoval i výskyt dutin v dužnině plodů, které se ale tvořily v pokojové i chladné teplotě. Dále uvádí, že sklovitost je větším problémem u asijských hrušní (*Pyrus pyrifolia* Burm.) v porovnání s evropskými hrušněmi (*Pyrus communis* L.), jelikož se sklízí ve zralejším stavu a užívají se přímo (nenechávají se dozrát). Náchylnost ke sklovitosti je dědičná.



Obr. 8: Sklovitost na japonské hrušni (*Pyrus pyrifolia* 'Niihaka'). Převzato z (Hayama et al. 2014).

Z výsledků pokusu Hayama et al. (2014) na asijských hrušních je patrné, že na výskyt sklovitosti má přímý vliv teplota povrchu plodů v období jejich zrání. Plody, jejichž teplota byla uměle nejvíce navýšena, byly náchylnější k poškození, vykazovaly větší obsah rozpustných látek, vyšší pH při sklizni a pevnější dužninu. V rámci pokusu byly aplikovány stínící kryty s účelem snížit teplotu povrchu hrušni a tím snížit riziko výskytu sklovitosti k čemuž skutečně došlo, ale jen v minimálním rozsahu. Autor tedy toto opatření nedoporučuje. Yamada et al. (2004) souhlasí, že na vznik sklovitosti má největší vliv teplota povrchu plodu a doplňuje, že je to zřejmě vlivem teploty na evapotranspiraci z povrchu a změnou vodních poměrů v ovoci. V pokusu byla regulována teplota jablek a zpozorována snížená hodnota evapotranspirace, vznik a šíření sklovitosti při poklesu teplot na 7-10 °C. Poškození se netvořilo a nerozšiřovalo při výchozí teplotě 25 °C, kdy byla vyšší evapotranspirace. Ve své předchozí práci (Yamada et al. 1994) též upozorňuje na vliv poklesu teplot plodů na tvorbu defektních pletiv. V obdobném pokusu nebyla pozorována sklovitost při výchozích teplotách, ale po indukovaném poklesu teploty v řádu několika °C došlo k projevu tohoto defektu. Čím níže klesne teplota plodu, tím horší je poškození. Zároveň upozorňuje, že vznik sklovitosti při vysokých teplotách může fungovat na jiném principu než za nízkých teplot. Některé odrůdy jsou ke sklovitosti náchylnější než jiné ('Fuji', 'Red Delicious', 'Granny Smith'), některé jsou rezistentní ('Gano') (Yamada et al. 1994, 2004; Dart & Newman 2005).

Melado-Herreros et al. (2013) konstatuje častější výskyt sklovitosti na jablcích sklizených z horní části koruny stromu a zároveň jejich větší obsah fruktózy a dalších cukrů, jelikož jejich buňky přijímají až o 54,6 % více slunečního záření než plody ve spodní části. Jsou až o 80 % náchylnější k poškození slunečním zářením. V dužnině zasažených plodů byl nalezen větší obsah sorbitolu oproti fruktóze a sacharóze v porovnání se zdravou dužninou a zdravými plody.

V Asii je ovoce poškozené sklovitostí ceněné a na trzích je rychle vyprodané za vysoké ceny. Jsou rozvíjeny metody, jak co nejdéle prodloužit jeho skladovatelnost a jak předejít zhnědnutí rozbředlých pletiv a jejich zhořknutí, ke kterému může dojít při skladování v chladu.

Jednou z efektivních metod je skladování v řízené atmosféře s 1% CO₂, jež prodloužila skladovatelnost o více než 45 dní (Dart & Newman 2005; Du et al. 2021). V jiných částech světa je sklovitostí poškozené ovoce znehodnocené a neprodejné, jelikož má tendenci vyvíjet si alkoholovou pachut'. Neuwald et al. (2007) doporučuje skladování poškozených plodů v prostředí o 10 °C s možnou předsklizňovou aplikací 1-methylcyclopropenu nebo etefonu. Takovéto opatření zapříčiní rozptýlení poškozené tkáně na akceptovatelnou hranici do 16-22 dnů beze změny konzistence a pevnosti dužniny. Výsledky byly získány z pokusu s jablky odrůdy 'Fuji'.

4 Závěr

Poškození ovocných plodin mají v klimatických podmínkách České republiky na svědomí zejména pozdní jarní mrazy, a jsou to právě květní pupeny, květy a plodová násada těsně po odkvětu, jež jsou k nízkým teplotám nejcitlivější. Mrazuvzdornost ovocných dřevin je největší během dormance, po jejím ukončení klesá v závislosti na vývoji počasí a zároveň je druhově i odrůdově specifická. S postupujícím fenologickým vývojem roste náchylnost k poškození květů. Nejvíce jsou ohrožovány raně kvetoucí peckoviny.

Nejdůležitějším principem ochrany proti mrazovému poškození je prevence: znalost specifické odrůdové mrazuvzdornosti a klimatických podmínek stanoviště. Aktivní metody ochrany jsou efektivní jen ve striktně daných podmínkách a mnohé jsou finančně velmi náročné. Za dodržení specifických podmínek však poskytují dostatečnou ochranu. Dlouhodobě vyvíjené postřiky pro zvýšení odolnosti jsou slibnou hypotézou, zkoumané substance však mnohdy poskytují smíšené výsledky. U některých ale bylo dosaženo velmi pozitivního efektu.

Vysoké teploty budou představovat riziko v budoucnosti, jelikož vlivem globálního oteplování dochází ke změně klimatu a posouvání hranic pro pěstování ovocných druhů.

Z práce vyplývá, že je třeba dbát na vlastnosti jednotlivých odrůd a vyvíjet rentabilní a úsporné metody ochrany s vysokou efektivitou a nízkou nákladovostí. Nezbytná je vysoká úroveň automatizovaného monitoringu zejména vývoje počasí a aktuálních teplotních a vlhkostních poměrů vzduchu v sadu.

5 Literatura

- Aleta N, Vilanova A, Tomas E, Guardia M. 2014. Frost resistance in seven commercial walnut cultivars. *Acta Horticulturae*. 1050: 389-393. Available from: https://www.researchgate.net/publication/284343257_Frost_resistance_in_seven_commercial_walnut_cultivars
- Alhamid JO, Mo C, Zhang X, Wang P, Whitting MD, Zhang Q. 2018. Cellulose nanocrystals reduce cold damage to reproductive buds in fruit crops. *Biosystems Engineering*. 172: 124-133. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511017307742>
- Alzorgan M, Alzorgan AR, Aljaafreh A. 2011. An automated system for irrigation and frost protection. *Journal of Ubiquitous Systems and Pervasive Networks*. 3(1): 13-17. Available from: https://www.researchgate.net/publication/267406461_An_Automated_System_for_Irrigation_and_Frost_Protection
- Ambroise V, Legay S, Guerriero G, Hausman JF, Cuypers A, Sergeant K. 2019. The roots of plant frost hardiness and tolerance. *Plant and Cell Physiology*. 61(1): 3-20. Available from: <https://academic.oup.com/pcp/article/61/1/3/5593656>
- Ames GK, Maggiani R. 2013. Plums, apricots and their crosses: organic and low spray production. National Sustainable Agriculture Information Service. Dostupné na: <https://asdevelop.org/wp-content/uploads/2021/01/plums.pdf>
- Anconelli S, Facini O, Marletto V, Pitacco A, Rossi F, Zinoni F. 2002. Micrometeorological test of microsprinklers for frost protection of fruit orchards in Northern Italy. *Physics and Chemistry of the Earth*. 27: 1103-1107. Available from: https://www.researchgate.net/publication/233842312_Micrometeorological_test_of_microsprinklers_for_frost_protection_of_fruit_orchards_in_Northern_Italy
- Anderson JA. 2012. Does FreezePruf topical spray increase plant resistance to freezing stress? *HortTechnology*. 22 (4): 542-546. Available from: <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/22/4/article-p542.xml>
- Arias M, Arbiza H, Mendina M. 2010. Two experiences of frost damage control in vineyards with selective extraction of coldest air; Alto Valley, Argentina and Napa Valley, California, USA. *Acta Horticulturae*. 872: 407-414.
- Atam E, Abdelmaguid TF, Keskin ME, Kerrigan EC. 2021. A hybrid green energy based system with a multi objective optimization approach for optimal frost prevention in horticulture. *Journal of Cleaner Production*. 329: 129563. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621037410>

- Atkinson CJ, Brennan RM, Jones HG. 2013. Declining chilling and its impact on temperate perennial crops. *Environmental and Experimental Botany*. 91: 48-62. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847213000312>
- Bakša J, Smatana L. 1990. Třešně a višně na zahrádce. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. ISBN 80-209-0158-2
- Bartolini S, Massai R, Iacona C, Guerriero R, Viti R. 2019. Forty-year investigation on apricot blooming: Evidences of climate change effects. *Scientia Horticulturae*. 244: 399-405. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423818306885>
- Battany MC. 2012. Vineyard frost protection with upward blowing wind machines. *Agricultural and Forest Meteorology*. 157: 39-48. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192312000391>
- Bažant Z, Litschmann T. 2004. Pěstujeme meruňky. Grada Publishing, a.s., Praha. ISBN 80-247-0873-6
- Bažant Z, Litschmann T, Pálka J, Svoboda A. 2003. Pěstujeme broskvoně. Grada Publishing, a.s., Praha. ISBN 80-7169-518-1
- Beyá-Marshall V, Herrera J, Santibáñez F, Fichet T. 2019. Microclimate modification under the effect of stationary and portable wind machines. *Agricultural and Forest Meteorology*. 269-270: 351-363. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192319300504>
- Bhende S, Kurien S. 2020. High temperature stress in fruit crops. LAP LAMBERT Academic Publishing. ISBN 978-620-0-4700-6-5. Available from: https://www.researchgate.net/publication/345872427_High_temperature_stress_in_fruit_crops
- Bilavčík A, Laňar L, Nečas T, Faltus M, Náměstek J, Zámečník J. 2021. Metodika snížení či eliminace poškození generativních orgánů meruněk jarními mrazy. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha. ISBN 978-08-7427-362-9. Available from: https://www.vsuo.cz/images/FILES/Methodiky/Bilavk_Laar_-_Metodika_postriky_proti_mrazu_final.pdf
- Bilavčík A, Zámečník J, Faltus M. 2017. Mrazové poškození ovocných dřevin in Rožnovský J, Litschmann T, editors. Mrazy a jejich dopady. Nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu, Praha. ISBN 978-80-87577-69-1. Available from: <http://www.cbks.cz/SbornikHrubaVoda17/Bilavcik.pdf>
- Blažek J. 1998. Ovocnictví. Květ, Praha. ISBN 80-85362-33-3
- Blažek J, Kneifl V. 2005. Pěstujeme slivoně. Brázda, Praha. ISBN 80-209-0336-4
- Boček S, et al. 2008. Ovocné dřeviny v krajině in Sborník přednášek a seminárních prací. ZO ČSOP Veronica, Hostětín. ISBN 978-80-904109-2-3. Available from: https://www.veronica.cz/dokumenty/ovocne_dreviny_v_krajine.pdf

- Boček S. 2015. Extenzivní ovocnictví. Mendelova univerzita v Brně, Brno. ISBN 978-80-7509-275-5
- Buchtová I. 2020. Situační a výhledová zpráva Ovoce 12/2020. Ministerstvo zemědělství, Praha. ISBN 978-80-7434-576-0. Available from: [SVZ_Ovoce_12_2020.pdf \(eagri.cz\)](#)
- Callahan A, Scorza R, Morgens P, Mante S, Cordts J, Cohen R. 1991. Breeding for cold hardiness: Searching for genes to improve fruit quality in cold hardy peach germplasm. HortScience. 26(5): 522-526. Available from: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/26/5/article-p522.xml>
- Cary JW. 1985. Freeze survival in peach and prune flowers. Plant Science Letters. 37: 265-271. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304421185900148>
- Cebulj A, Mikulic-Petkovsek M, Lucaciu CR, Veberic R, Marinovic S, Kolarek M, Hutabarat OS, Faramarzi S, Rattei T, Molitor Ch, Hudina M, Haselmair-Gosch Ch, Halbwirth H, Slatnar A. 2021. Alteration of the phenylpropanoid pathway by watercore disorder in apple (*Malus x domestica*). Scientia Horticulturae. 289 110438. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423821005458>
- Cleavitt NL, Fahey TJ, Groffman PM, Hardy J, Henry K, Driscoll CT. 2008. Effects of soil freezing on fine roots in a northern hardwood forest. Canadian Journal of Forest Research. 38(1): 82-91. Available from: https://www.researchgate.net/publication/237152907_Effects_of_soil_freezing_on_fine_roots_in_a_northern_hardwood_forest
- Cloutier J. 2021. Sunburn and postharvest management of apples. Wageningen University & Research. Available from: <https://edepot.wur.nl/550844>
- Crisosto CH, Miller AN, Lombard PB, Robbins S. 1990. Effect of fall ethephon applications on bloom delay, flowering and fruiting of peach and prune. HortScience. 25(4):426-428. Available from: <https://crisosto.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk6166/files/inline-files/007-90-Peach-Plum-Effect-of-Fall-Ethephon-Applications-on-bloom-delay-flowering-and-fruiting.pdf>
- Červenka K, et al. 1967. Ovocnictví. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Dart JA, Newman SM. 2005. Watercore of apples. Primefacts. 49. Available from: https://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0016/40084/Watercore_of_apples-primefact49.pdf
- Devasirvatham V, Gaur PM, Millikarjuna N, Tokachichu RN, Trethowan RM, Tan DKY. 2012. Effect of high temperature on the productive development of chickpea genotypes under controlled environments. Functional Plant Biology. 39(12). Available from: https://www.researchgate.net/publication/233969789_Effect_of_high_temperature_on_the_reproductive_development_of_chickpea_genotypes_under_controlled_environments
- Dongxia W, Pauliina P, Iris L, Sanna F, Tuuli H, Jaana L, Tapani R. 2020. Rehardening capacity in the shoots and buds of three European pear (*Pyrus communis* L.) cultivars

- following a warm spell in midwinter. *Scientia Horticulturae*. 273 109638. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423820304660>
- Dreisiebner-Lanz S, Bilavčík A, Chaloupka R, Gastol M, McCallum S, Mirand C. 2019. Use of chemicals to help plants tackle frost damages in Protecting fruit production from frost damage. EIP-AGRI Focus Group. Available from: https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/fg30_mp4_chemicals_frost_protection_v2.pdf
- Dreisiebner-Lanz S, Lamprecht M, Matzer W, Nuster W. 2020. Comparison of different heating systems for spring frost. *Fruit Security*. Available from: <https://www.fruitsecurity.com/en/0uploads/dateienEnglisch202.pdf>
- Drogoudi P, Tsiouridis C, Thomidis T, Terzis T. 2006. Covering of peach flowers as a method for early spring frost protection. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 34: 51-53. Available from: https://www.researchgate.net/publication/233721175_Covering_of_peach_flowers_as_a_method_for_early_spring_frost_protection
- Du M, Liu Z, Zhang X, Li H, Liu Z, Li X, Song J, Jia X, Wang L. 2021. Effect of pulsed controlled atmosphere with CO₂ on the quality of watercored apple during storage. *Scientia Horticulturae*. 278 109854. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423820306828>
- Dumanoglu H, Erdogan V, Kesik A, Dost SE, Delialioglu RA, Kocabas Z, Ernim C, Macit T, Bakir M. 2019. Spring late frost resistance of selected wild apricot genotypes (*Prunus armeniaca* L.) from Cappadocia region, Turkey. *Scientia Horticulturae*. 246: 347-353. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423818307416>
- Duron M, Decourtye L, Druart P. 1989. Quince (*Cydonia oblonga* Mill.) in Trees II. *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/342067089_Quince_Cydonia_oblonga_Mill
- EIP-AGRI Focus Group. 2019. Final Report: Protecting fruit production from frost damage. Available from: https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri_fg_frost_damage_final_report_2019_en.pdf
- Fabián A, Sáfrán E, Szabó-Eitel G, Barnabás B, Jäger K. 2019. Stigma functionality and fertility are reduced by heat and drought co stress in wheat. *Frontiers in Plant Science*. 10: 244. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6417369/>
- Felicetti DA, Schrandt LE. 2008. Photooxidative sunburst of apples: characterization of a third type of apple sunburn. *International Journal of Fruit Science*. 8(3): 160-172. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15538360802526472>
- Francko DA, Wilson KG, Li QQ, Equiza MA. 2011. A topical spray to enhance plant resistance to cold injury and mortality. *HortTechnology*. 21 (1): 109-118. Available from: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Topical-Spray-to-Enhance-Plant-Resistance-to-Cold-Francko-Wilson/44644fc9df258ffdef2e909d65617cbb0628bebd>

- Fuller MP, Wisniewski M, Hamed F, Glenn DM. 2003. Protection of plants from frost using hydrophobic particle film and acrylic polymer. *Annals of Applied Biology*. 143(1): 93-98. Available from: https://www.researchgate.net/publication/308437912_Protection_of_plants_from_frost_using_hydrophobic_particle_film_and_acrylic_polymer
- Garming H, Lüdeling E. 2019. Minipaper 02: Assessing costs and benefits of frost protection measures in fruit production in Protecting fruit production from frost damage. EIP-AGRI Focus Group. Available from: https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/fg30_mp2_cost_benefits_protection_measures_0.pdf
- Ghaemi AA, Rafiee MR, Sepaskhah AR. 2009. Tree temperature monitoring for frost protection of orchards in semi arid regions using sprinkler irrigation. *Agricultural Sciences in China*. 8(1): 98-107. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1671292709600146>
- Gharaghani A, Eshghi S, Khajenouri Y, Rahemi M. 2015. Effect of kaolin on tree physiology, superficial sunburn and fruit quantitative and qualitative characteristics of two commercial apple cultivars. *Iranian Journal of Horticultural Science*. 46(3): 673-684. Available from: https://www.researchgate.net/publication/309398672_Effect_of_kaolin_on_tree_physiology_superficial_sunburn_and_fruit_quantitative_and_qualitative_characteristics_of_two_commercial_apple_cultivars
- Gindaba J, Wand SJE. 2005. Comparative effects of evaporative cooling, kaolin particle film and shade net on sunburn and fruit quality in apple. *Hort Science*. 40(3): 592-596. Available from: https://www.researchgate.net/publication/236170832_Comparative_Effects_of_Evaporative_Cooling_Kaolin_Particle_Film_and_Shade_Net_on_Sunburn_and_Fruit_Quality_in_Apples
- Goodwin I, McClymont L, Turpin S, Darbyshire R. 2018. Effectiveness of netting in decreasing fruit surface temperature and sunburn damage of red blushed pear. *New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science*. 46(4): 334-345. Available from: https://www.researchgate.net/publication/322955395_Effectiveness_of_netting_in_decreasing_fruit_surface_temperature_and_sunburn_damage_of_red-blushed_pear
- Gregorová B, Černý K, Holub V, Strnadová V, Rom J, Šumpich J, Kloudová K. 2006. Poškození dřevin a jeho příčiny. Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha. ISBN 80-86064-97-2
- Guarga R, Mastrángelo P, Scaglione G, Supino E. 2000. Evaluation of the SIS, a new frost protection method applied in a citrus orchard. *Proceedings of the International Society of Citriculture*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/237118896_Evaluation_of_the_SIS_a_new_Frost_Protection_Method_Applied_in_a_Citrus_Orchard

- Hajnal V, Németh S, Szalay L, Vécsei A. 2012. Frost hardiness of overwintering organs of some promising foreign apricot cultivars in Hungary. *Acta Horticulturae*. 981(1): 587-590. Available from: https://www.researchgate.net/publication/289800259_Frost_hardiness_of_overwintering_organs_of_some_promising_foreign_apricot_cultivars_in_Hungary
- Hájková L, Richterová D, Kohout M. 2011. Časová variabilita nástupu fenofází ovocných dřevin sledovaných ve fenologické síti ČHMÚ za období 1991-2010 in *Rostliny v podmínkách měnícího se klimatu*. Úroda, Lednice. 59: 87-98.
- Hatfield JL, Prueger JH. 2015. Temperature extremes: effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*. 10: 4-10. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212094715300116>
- Hayama H, Iwatani A, Nishimoto T, Oya Y, Nakamura Y. 2014. Watercore disorder in Japanese pear 'Niitaka' is increased by high fruit temperatures during fruit maturation. *Scientia Horticulturae*. 175: 27-32. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423814003124>
- Hedhly A, Hormaza JJ, Herrero M. 2003. The effect of temperature on stigmatic receptivity in sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Plant, Cell and Environment*. 26: 1673-1680. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1365-3040.2003.01085.x>
- Heisey LW, Heinemann PH, Morrow CT, Crassweller R. 1994. Automation of an intermittent overhead irrigation frost protection system for an apple orchard. *Applied Engineering and Agriculture*. 10(5): 669-675. Available from: https://www.researchgate.net/publication/270614727_Automation_of_an_Intermittent_Overhead_Irrigation_Frost_Protection_System_for_an_Apple_Orchard
- Hejtný S, Slavík B. 2003. *Květena České republiky*. Academia, Praha. ISBN 80-200-1089-0
- Heusinkveld VWJ, van Hooft AJ, Schilperoort B, Baas P, ten Veldhuis MC, van de Wiel BJH. 2020. Towards a physic-based understanding of fruit frost protection using wind machines. *Agricultural and Forestry Meteorology*, 282-283. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192319304848>
- Hladík F, et al. 1966. *Malá pomologie IV, meruňky, broskve, mandle, ořechy vlašské a lískové*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Hluchý H, Ackermann P, Zacharda M, Bagar M, Jetmarová E, Vanek G. 1997. *Obrazový atlas chorob a škůdců ovocných dřevin a révy vinné: ochrana ovocných dřevin a révy vinné v integrované produkci*. Biocont Laboratory s.r.o., Brno. ISBN 80-901874-8-X
- Hovarth DP, Anderson JV, Chao WS, Foley ME. 2003. Erratum: Knowing when to grow: Signals regulating bud dormancy. *Trends in Plant Science*. 8(11): 534-540. Available from: https://www.researchgate.net/publication/9018183_Erratum_Knowing_when_to_grow_Signals_regulating_bud_dormancy_Trends_in_Plant_Science_2003_8_534-540
- Hričovský I, Řezníček V, Sus J. 2003. *Jabloně a hrušně, kdouloně, mišpule*. Příroda, Bratislava. ISBN 80-07-11223-5

- Hu Y, Liu S, Wu W, Wang J, Shen J. 2015. Optimal flight parameters of unmanned helicopter for tea plantation frost protection. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 8(5): 50-57. Available from: <http://www.ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/1655/pdf>
- Hu Y, Lu Y, Asante EA, Mahmood A. 2018. Review of air disturbance technology for plant frost protection. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 11(3): 21-28. Available from: https://www.researchgate.net/publication/325464958_Review_of_air_disturbance_technology_for_plant_frost_protection
- Hu Y, Wu W, de Melo-Abreu JP, Shapland TM, Zhang H, Snyder RL. 2015. Comparative experiments and effectiveness evaluation on vertical blowing fans (VBF) for frost protection. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 8(5): 36-42. Available from: <http://www.ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/1419/pdf>
- Issarakraisilia PA, Considine TV. 1994. Induction of heat tolerance in mango coleoptiles by calcium ions and its reaction to oxidative stress. *Russian Journal of Plant Physiology*. 52: 199-204.
- Itier B, Huber L, Brun O. 1987. The influence of artificial fog on conditions prevailing during nights of radiative frost. Report on an experiment over a champagne vineyard. *Agricultural and Forest Meteorology*. 40: 163-176. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0168192387900049>
- Iurea E, Chelaru SM, Gherghel MI, Sorina S, Turcu CI, Ungureanu IV, Perju I. 2020. The influence of low temperatures during blooming in fruit growing tree species. *Current Trends in Natural Sciences*. 9(17): 341-345. Available from: https://www.researchgate.net/publication/343630592_THE_INFLUENCE_OF_LOW_TEMPERATURES_DURING_BLOOMING_IN_FRUIT_GROWING_TREES_SPECIES
- Jan T. 2011. Peckoviny. Vydavatelství Petr Baštan, Olomouc. ISBN 978-80-87091-18-0
- Jocou A, Munoz Pérez M, Vita L, Colavita G. 2022. Effect of the application of CaCO₃ based sunburn suppressants on apple fruit quality. *Horticultura Argentina*. 41(104): 19-34. Available from: <https://www.horticulturamar.com.ar/en/articles/effect-of-the-application-of-caco3-based-sunburn-suppressants-on-apple-fruit-quality.html>
- Kajiura I, Yamaki S, Omura M, Shimura I. 1976. Watercore in Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder var. 'Culta' Rehder). Description of the disorder and its relation to fruit maturity. *Scientia Horticulturae*. 4: 261-270.
- Kamenický K, Kohout K. 1957. Atlas tržních odrůd ovoce. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Kaya O, Kose C. 2019. Cell death point in flower organs of some apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars at subzero temperatures. *Scientia Horticulturae*. 249: 299-305. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423819300251>

- Kaya O, Kose C, Gecim T. 2018. An exothermic process involved in the late spring injury to flower buds of some apricot cultivars (*Prunus armeniaca* L.). *Scientia Horticulturae*. 241: 322-328. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423818305193>
- Kimura K, Yasutake D, Nakazono K, Kitano M. 2017. Dynamic distribution of thermal effects of an oscillating frost protective fan in a tea field. *Biosystems Engineering*. 164: 98-109. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511017305676>
- Koc AB, Heinemann PH, Crasswellerr R, Morrow CT. 2000. Automated cycled sprinkler irrigation system for frost protection of apple buds. *Applied Engineering in Agriculture*. 16(3): 231-240. Available from: https://www.researchgate.net/publication/236325975_Automated_cycled_sprinkler_irrigation_system_for_frost_protection_of_apple_buds
- Koch V, Blatný C, Blaha J, Kalášek J. 1967. *Hrušky*. Academia, Praha.
- Králová H. 2005. *Vodní hospodářství krajiny I. Vysoké učení technické v Brně, Brno*. Available from: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BS04-Vodni%20hospodarstvi%20krajiny%20I/M02-Zavlahy.pdf>
- Krška K. 2009. Zima 1928/1929 v Česku se zřetelem k povaze extrémů a dobové literatuře. *Meteorologické zprávy*. 62. Available from: http://www.cmes.cz/sites/default/files/MZ_2009_1_Kr%C5%A1ka.pdf
- Kutina J, a kol. 1991. *Pomologický atlas 1. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha*. ISBN 80-209-0089-6
- Kutina J, a kol. 1992. *Pomologický atlas 2. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha*. ISBN 80-209-0192-2
- Layner REC. 1989. Breeding cold hardy peach cultivars for Canada. *Acta Horticulturae*. 254: 73-78. Available from: https://www.ishs.org/ishs-article/254_11
- Layne REC, Hunter DM. 2003a. 'AC Haroblush' apricot. *HortScience*. 38(1): 142-143. Available from: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/38/1/article-p142.xml>
- Layne REC, Hunter DM. 2003b. 'AC Harojoy' apricot. *HortScience*. 38(1): 138-139. Available from: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/38/1/article-p138.xml>
- Layne REC, Hunter DM. 2003c. 'AC Harostar' apricot. *HortScience*. 38(1): 140-141. Available from: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/38/1/article-p140.xml>
- Longstroth M. 2021. Critical spring temperatures for tree fruit bud development stages. Michigan State University Extension. Available from: <https://www.canr.msu.edu/fruit/uploads/files/PictureTableofFruitFreezeDamageThresholds.pdf>
- Łysiak G, Kurlus R, Michalska-Ciechanowska A. 2016. Increasing the frost resistance of 'Golden Delicious', 'Gala' and 'Šampion' apple cultivars. *Folia Horticulturae*. 28(2): 125-135. Available from:

https://www.researchgate.net/publication/309626824_Increasing_the_frost_resistance_of_'Golden_Delicious'_Gala'_and_'Sampion'_apple_cultivars

- McArtney S, Greene D, Robinson T, Wargo J. 2014. Evaluation of GA₄₊₇ plus 6-benzyladenine as a frost-rescue treatment for apple. HortScience. 24(2): 171-176. Available from: <https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluation-of-GA4%2B7-plus-6-Benzyladenine-as-a-for-McArtney-Greene/46eb425c25f4c08b98e579dc273b8075ce68eb4a>
- Melado-Herreros A, Munos-García MA, Blanco A, Val J, Fernández-Valle ME, Barreiro P. 2013. Assessment of watercore development in apples with MRI: Effect of fruit location in the canopy. Postharvest Biology and Technology. 86: 125-133. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552141300197X>
- Meng Q, Liang Y, Wang W, Shao-hua DU, Yan-hui LI, Yang J. 2007. Study on supercooling point and freezing point in floral organs of apricot. Agricultural Sciences in China. 6(11): 1330-1335. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1671292707601801>
- Miles JA, Hinz WW. 1976. Helicopters as frost protection devices. American Society of Agricultural Engineers. 19(4): 672-677.
- Miller M, Perry R, Turrel FM, Hoeger H. 1971. Helicopters for frost protection. Californian Agriculture. 25(2): 3-4. Available from: <https://calag.ucanr.edu/archive/?type=pdf&article=ca.v025n11p3>
- Minin AN, Nechaeva EK, Markovskaya GK, Stepanova JV. 2020. Creation and study of Russian plum varieties in the Middle Volga. BIO Web of Conferences. 27. Available from: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/pdf/2020/11/bioconf_fies-20_00043.pdf
- Miranda C, Santesteban LG, Royo JB. 2005. Variability in the relationship between frost temperature and injury level for some cultivated *Prunus* species. HortScience. 40(2): 357-361. Available from: https://www.researchgate.net/publication/248701782_Variability_in_the_Relationship_between_Frost_Temperature_and_Injury_Level_for_Some_Cultivated_Prunus_Species
- Mittelstädt H, Schranz A. 2000. Ice⁻bacteria as antagonists in biological frost protection. Archives of Phytopathology and Plants Protection. 33(2): 161-170.
- Morris CE, Sands DC, Georgakopoulos DG. 2004. Ice nucleation active bacteria and their potential role in precipitation. Journal de Physique IV. 121: 87-103. Available from: https://www.researchgate.net/publication/230561354_Ice_nucleation_active_bacteria_and_their_potential_role_in_precipitation
- Myers R, Deyton R, Sams C. 1996. Applying soybean oil to dormant peach trees alters internal atmosphere, reduces respiration, delays bloom and thins flower buds in Journal of the American Society for Horticultural Science. 121(1): 96-100. Available from: https://www.researchgate.net/publication/267546015_Applying_Soybean_Oil_to_Dorma

[nt Peach Trees Alters Internal Atmosphere Reduces Respiration Delays Bloom and Thins Flower Buds](#)

- Nečas T, et al. 2004. Multimediální učební texty Ovocnictví. [elektronický dokument]: Mendelova zemědělská univerzita v Brně, Lednice. Available from: <https://vojtaptacek.webnode.cz/files/200000029-098fe0a8a2/rajonizace.pdf>
- Nesrsta D. 2011. Jádroviny. Vydavatelství Petr Baštan, Olomouc. ISBN 978-80-87091-17-3
- Neumüller M. 2011. Fundamental and applied aspects of plum (*Prunus domestica*) breeding in Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology. 5(1): 139-156. Available from: [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/2011/FVCSB_5\(SI1\)/FVCSB_5\(SI1\)139-156o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/2011/FVCSB_5(SI1)/FVCSB_5(SI1)139-156o.pdf)
- Neuwald DA, Kitemmann D, Streif J. 2007. Watercore dissipation in 'Fuji' apples at different holding temperatures. Conference: Environmentally friendly and safe technologies for quality of fruits and vegetables. Available from: https://www.researchgate.net/publication/268216826_Watercore_Dissipation_in_'Fuji'_Apples_at_different_Holding_temperatures
- Olszewski F, Jeranyama P, Kennedy CD, DeMoranville CJ. 2017. Automated cycled sprinkler irrigation for frost protection of cranberries. Agricultural Water Management. 189: 19-26. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377417301567>
- Pakkish Z, Tabatabaieia MS. 2016. The use and mechanism of NO to prevent frost damage to flower of apricot. Scientia Horticulturae. 198: 318-325. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030442381530323X>
- Paksasorn A, Masuda M, Matsui H, Ohara H, Hirata N. 1995. Effect of fall ethephon application on bloom delay and fruit set in Japanese apricot (*Prunus mume* Seib. et Zucc.). Acta Horticulturae. 395: 193-200.
- Parker ML, Clark MB, Campbell C. 2012. Abscisic acid application in peach. Acta Horticulturae. 962: 403-409.
- Prasad PVV, Djanaguiraman M. 2014. Response of floret fertility and individual grain weight of wheat to high temperature stress: sensitive stages and thresholds for temperature and duration. Functional Plant Biology. 41: 1261-1269.
- Proebsting EL. 1970. Relation of fall and winter temperatures to flower bud behavior and wood hardness of deciduous fruit trees. HortScience. 5: 422-424.
- Proebsting EL, Mills HH. 1978. Low temperature resistance of developing flower buds of six deciduous fruit species. Journal of the American Society for Horticultural Science. 103: 192-198.
- Profi Press. 2004. Vliv abiotických faktorů na jablka. Zahradnictví. Available from: <https://zahradaweb.cz/vliv-abioticky-faktoru-na-jablka/> (accessed March 2022).
- Racsó J, Szabó T, Nyéki J, Soltész M, Nagy PT, Miller DD, Szabó Z. 2010. Characterization of sunburn damage to apple fruits and leaves. International Journal of Horticultural Science. 16(4): 15-20. Available from:

<https://www.researchgate.net/publication/312858496> Characterization of sunburn damage to apple fruits and leaves

- Reig G, Iglesias I, Miranda C, Gatius F, Alegre S. 2013. How does simulated frost treatment affect peach (*Prunus persica* L.) flowers of different cultivars from worldwide breeding programme? *Scientia Horticulturae*. 160: 70-77. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423813002483>
- Ribeiro AC, de Melo-Abreu JP, Snyder RL. 2006. Apple orchard frost protection with wind machine operation. *Agricultural and Forest Meteorology*. 141(2): 71-81. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/248350931> Apple orchard frost protection with wind machine operation
- Rieger M. 1993. Under and overtree microsprinkler irrigation for frost protection of peaches. *HortTechnology*. 3(1): 81-85. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/267233969> Under- and Overtree Microsprinkler Irrigation for Frost Protection of Peaches
- Rodrigo J. 2000. Spring frosts in deciduous fruit trees-morphological damage and flower hardiness. *Scientia Horticulturae*. 85: 155-173. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423899001508>
- Roversi A, Monteforte A, Panelli D, Folini L, Fajt N. 2008. Observations on the occurrence of sweet cherry double-fruits in Italy and Slovenia. *Acta Horticulturae*. 795: 849-854. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/290238241> Observations on the occurrence of sweet cherry double-fruits in Italy and Slovenia
- Sakai A, Larcher W. 1987. Frost survival of plants. New York NY: Springer-Verlag. 1-20
- Salazar-Gutiérrez MR, Chaves B, Hoogenboom G. 2016. Freezing tolerance of apple flower buds. *Scientia Horticulturae*. 198: 344-351. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815303241>
- Salazar-Gutiérrez MR, Chaves B, Anothai J, Whitting M, Hoogenboom G. 2014. Variation in cold hardiness of sweet cherry flower buds through different phenological stages. *Scientia Horticulturae*. 172: 161-167. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423814001964>
- Sarooghinia F, Khadivi A, Abbasifar A, Khaleghi A. 2020. Foliar application of kaolin to reduce sunburn in 'Red Delicious' apple. *Erwerbs-Ostbau*. 62: 83-87. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10341-019-00464-y>
- Schrander LE, Sun J, Zhang J, Felicetti D, Tian J. 2008. Heat and light induced apple skin disorders: cause and prevention. *Acta Horticulturae*. 772: 51-58. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/263847103> Heat and light-induced apple skin disorders Causes and prevention

- Schrander LE, Sun J, Zhang J, Seo JH, Jedlow L, Felicetti D. 2004. Fruit skin disorders. Washington Tree Postharvest Conference. Available from: https://www.researchgate.net/publication/266590374_FRUIT_SKIN_DISORDERS
- Snyder RL, de Melo-Abreu JP. 2005. Frost protection: fundamentals, practise and economics. Volume 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. ISBN: 92-5-105328-6. Available from: <https://www.fao.org/3/y7223e/y7223e00.htm>
- Středa T, Rožnovský J. 2006. Vliv teplotních sum na nástup fenofáze “počátek kvetení” u měruňky (*Prunus armeniaca* L.) in Rožnovský J, Litschmann T, Vyskot I, editors. Fenologická odezva proměnlivosti podnebí. Český hydrometeorologický ústav, Praha. ISBN 80-86690-35-0. Available from: <http://www.cbks.cz/sborn%C3%ADk06/prispevky/StredaRoznovsky.pdf>
- Sun K, Hu Y, Hu Z, Chen Y, Wei W. 2020. Influence of frost protection windmachine with continuous oscillation on microclimate in tea fields. Agricultural Science. 2(1). Available from: <https://j.ideasspread.org/index.php/as/article/download/579/517/>
- Suran P. 2021. Vliv klimatických podmínek na produkci třešní. Vědecké práce ovocnářské. 27(2): 147-164. Available from: https://vpovsuo.cz/wp-content/uploads/2021/11/11_Suran_VPO27_2_21.pdf
- Suran P, Fiala R. 2019. Zhodnocení proměnlivosti podmínek prostředí na produkční vlastnosti jaderovin. Vědecké práce ovocnářské. 26: 161-175. Available from: <https://vpovsuo.cz/wp-content/uploads/2021/02/21-VPO-26-Suran.pdf>
- Sus J, Blažek J. 2002. Obrazový atlas peckovin 1. Slivoně, třešně, višně. Květ, Praha. ISBN 80-85362-44-9
- Sus J, Nečas T. 2011. Řez ovocných dřevin. Grada, Praha. ISBN 978-80-247-2505-5
- Sus J, Peňáz R, Richter M, Vachůn Z. 2003. Obrazový atlas peckovin 2. Broskvoně, meruňky a další druhy ovoce. Květ, Praha. ISBN 80-85362-47-3
- Svoboda A. 2000. Meruňky a broskvoně na zahrádce. Květ, Praha. ISBN 80-85362-26-0
- Šobek J. 1958. Ořešák a jeho pěstování. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- Szalay L, Gyökös IG, Békefi Z. 2018. Cold hardiness of peach flowers at different phenological stages. Horticultural Science. 45(3): 119-124. Available from: https://www.researchgate.net/publication/327469992_Cold_hardiness_of_peach_flowers_at_different_phenological_stages
- Szalay L, Molnár Á, Kovács S. 2017. Frost hardiness of flower buds of three plum (*Prunus domestica* L.) cultivars. Scientia Horticulturae. 214: 228-232. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423816306082>
- Szalay L, Papp J, Szabó Z. 2000. Evaluation of frost tolerance of peach varieties in artificial freezing tests. Acta Horticulturae. 538: 407-410. Available from: https://www.researchgate.net/publication/287844467_Evaluation_of_frost_tolerance_of_peach_varieties_in_Artificial_freezing_tests

- Szewczuk A, Gudarowska E, Deren D. 2007. The estimation of frost damage of some peach and sweet cherry cultivars after winter 2005/2006. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 15: 55-63. Available from: http://www.inhort.pl/files/journal_pdf/journal_2007/Full5%202007.pdf
- Szügyi KB, Hajnal V, Szalay L, Bujdosó G. 2015. Effect of frost treatments to hungarian bred persian walnut cultivars. Conference: 1st European fruit research institute networks shell fruit species meeting at: Budapest, Abstract book. Available from: https://www.researchgate.net/publication/285126517_EFFECTS_OF_FROST_TREATMENTS_TO_HUNGARIAN_BRED_PERSIAN_WALNUT_CULTIVARS
- Szügyi KB, Bujdosó G, Hajnal V, Szügyi S, Szalay L. 2021. Evaluation of the frost tolerance of Hungarian bred walnut cultivars. *Acta Biologica Szegediensis*. 65(2): 163-170. Available from: https://www.researchgate.net/publication/358923723_Evaluation_of_the_frost_tolerance_of_Hungarian-bred_walnut_cultivars
- Szymajda M, Pruski K, Zurawicz E, Sitarek M. 2013. Freezing injuries to flower buds and their influence on yield of apricot (*Prunus armeniaca* L) and peach (*Prunus persica* L). *Canadian Journal of Plant Science*. 93: 1-8. Available from: https://www.researchgate.net/publication/269949561_Freezing_injuries_to_flower_buds_and_their_influence_on_yield_of_apricot_Prunus_armeniaca_L_and_peach_Prunus_persica_L
- Takkis K, Tscheulin T, Tsalkatis P, Petanidou T. 2015. Climate change reduces nectar secretion in two common Mediterranean plants. *AoB Plants*. 7: 111. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4614813/>
- Tromp J, Webster AD, Wertheim SJ. 2005. *Fundamentals of temperate zone tree fruit production*. Backhuys Publishers Leiden, the Netherlands. ISBN 90-5782-152-4
- Vardar A, Taskin O. 2014. An experience of peach orchard frost protection with upward blowing wind machines in the east of Bursa, Turkey. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*. 28(1): 19-27. Available from: <https://9lib.net/document/xdzxkwqr-experience-orchard-protection-upward-blowing-machines-bursa-turkey.html>
- Vlk R. 2011. Staré a krajové odrůdy ovocných dřevin ve vybrané části etnografického regionu Valašska in Halmová M, Očková K, Janošíková M, editors. *Prezentace agrikultury v muzeích v přírodě. Vybrané příspěvky ze sborníku konference AEOM 2011. Metodické centrum pro muzea v přírodě. Rožnov pod Radhoštěm*. Available from: http://muzeavpriode.cz/wp-content/uploads/2019/03/17_prezentace-agrikultury_conference-report_tagungsbericht-2011.pdf
- Westwood MN. 1993. *Temperate-zone pomology, physiology and culture*. Timber Press, Inc., USA. ISBN 978-1-60469-070-5
- Wu D, Kukkonen S, Luoranen S, Pulkkinen P, Heinonen J, Pappinen A, Repo T. 2019. Influence of late autumn preconditioning temperature on frost hardiness of apple,

- blueberry and blackcurrant saplings. *Scientia Horticulturae*. 258. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423819306417>
- Yamada H, Ohmura H, Arai Ch, Terui M. 1994. Effect of preharvest fruit temperature on ripening, sugars and watercore occurrence in apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 119(6): 1208-1214. Available from: <https://journals.ashs.org/jashs/view/journals/jashs/119/6/article-p1208.xml>
- Yamada H, Takechi K, Hoshi A, Amano S. 2004. Comparison of water relations in watercored and non-watercored apples induced by fruit temperature treatment. *Scientia Horticulturae*. 99: 309-318. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423803001043>
- Yazici K, Akdeniz B, Kaynak L. 2009. Effects of kaolin and shading treatments on sunburn on fruit of Hicaznar cultivar of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Hicaznar). *Acta Horticulturae*. 818: 167-174. Available from: https://www.researchgate.net/publication/286041971_Effects_of_kaolin_and_shading_treatments_on_sunburn_on_fruit_of_hicaznar_cultivar_of_pomegranate_Punica_granatum_L_cv_Hicaznar
- Yu DJ, Lee HJ. 2020. Evaluation of freezing injury in temperate fruit trees. *Horticulture, Environment and Biotechnology*. 61: 787-794. Available from: https://www.researchgate.net/publication/343838157_Evaluation_of_freezing_injury_in_temperate_fruit_trees
- Zait Y, Elingold I, Londener A, Gal E, Or G, Galpaz N. 2020. Banana frost protection by thermal nets. *Acta Horticulturae*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/339879238_Banana_frost_protection_by_thermal_nets
- Zilkah S, Wiesmann Z, Klein I, David I. 1996. Foliar applied urea improves freezing protection to avocado and peach. *Scientia Horticulturae*. 66: 85-92. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423896008837>