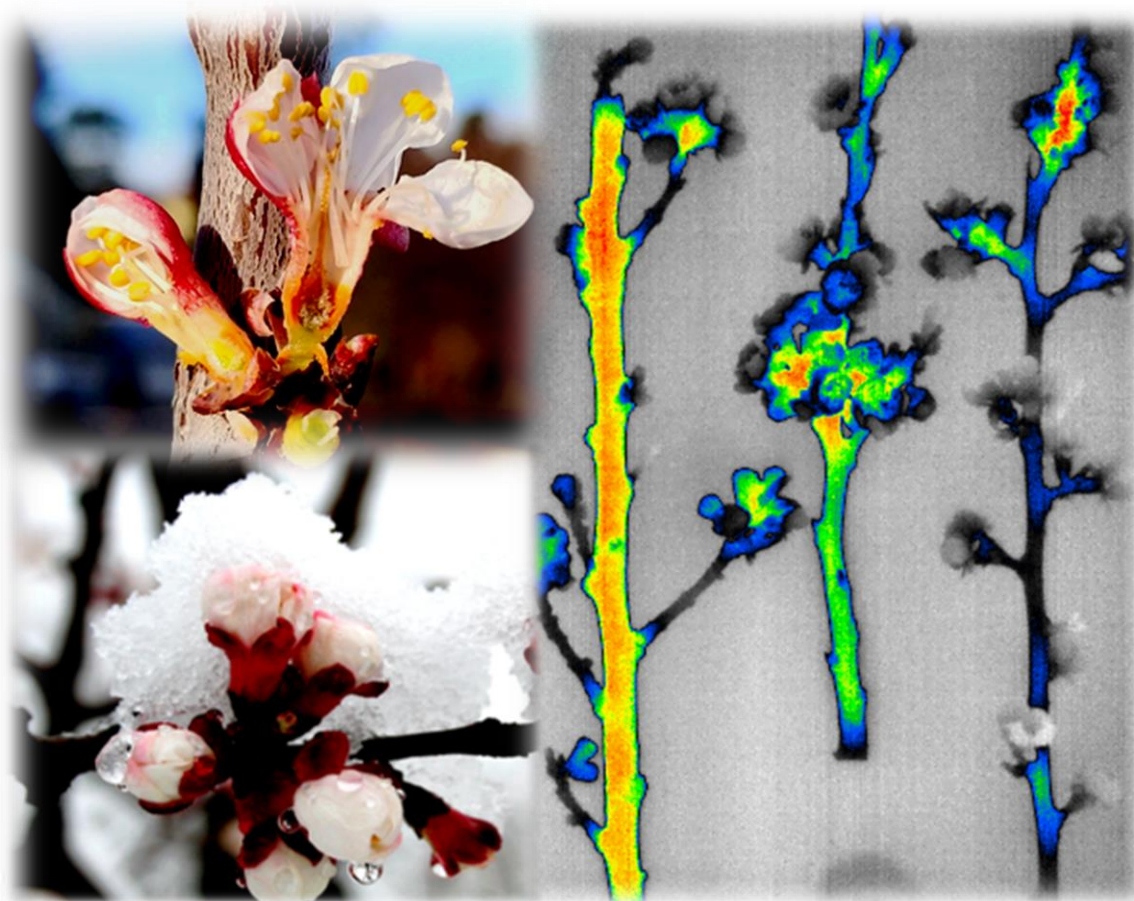




Alois Bilavčík, Luděk Laňar, Tomáš Nečas, Miloš Faltus,
Jan Náměstek a Jiří Zámečník

Metodika snížení či eliminace poškození generativních orgánů meruněk jarními mrazíky



Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.



Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský
Holovousy s.r.o.



Mendelova univerzita v Brně

2021

Metodika je výstupem řešení projektu NAZV QK1920124 a institucionálního projektu VÚRV, v.v.i. č. MZE RO0418. Metodika proběhla oponentním řízením. O uplatnění metodiky byla dne 6. 12. 2021 uzavřena smlouva (č. 7/2021) podle ustanovení § 1746 odst. 2 zákona č. 89/2012 Sb., občanského zákoníku. ÚKZÚZ, jako certifikační orgán, vydal Osvědčení č. j. UKZUZ 227362/2021 o uznání metodiky dne 23. 12. 2021.

Autoři:

RNDr. Alois Bilavčík, Ph.D., VÚRV, v.v.i. Praha
Ing. Luděk Laňar, Ph.D., VŠÚO Holovousy, s.r.o.
Ing. Tomáš Nečas, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně
Ing. Miloš Faltus, Ph.D., VÚRV, v.v.i. Praha
Ing. Jan Náměstek, Ph.D., VŠÚO Holovousy, s.r.o.
Ing. Jiří Zámečník, CSc., VÚRV, v.v.i. Praha

Oponenti:

doc. Ing. Josef Sus, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze
Bc. Tomáš Jan, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno

Metodika snížení či eliminace poškození generativních orgánů meruněk jarními mrazíky

METODIKA

Snížení či eliminace poškození generativních orgánů meruněk jarními mrazíky

Metodika souhrnně seznamuje s možnostmi ochrany generativních orgánů meruněk proti jarním mrazíkům, především v období kvetení. Umožní efektivní rozhodování výběru vhodné metody s ohledem na konkrétní podmínky. Metodika přináší nově definované postupy ochrany meruňkových sadů ke snížení či eliminaci mrazového poškození a uvádí porovnání odolnosti perspektivních genotypů meruněk k jarním mrazíkům v období květu.

Klíčová slova: meruňka; květy; mrazové poškození; protimrazová ochrana

Reduction or elimination of frost damage to the generative organs of apricots by spring frosts

The methodology summarizes the possibilities of protecting the generative organs of apricot against spring frosts, especially during the flowering period. The methodology will enable effective decision-making which method to use under the given conditions. The methodology introduces newly defined procedures for apricot orchard protection to reduce or eliminate frost damage and presents a comparison of the resistance of promising apricot genotypes to spring frosts during the flowering period.

Key words: apricot; flowers; frost damage; frost protection

Vydal Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
2021

Obsah:

I.	Cíl metodiky	8
II.	Úvod.....	8
III.	Přehled metod protimrazové ochrany	13
a)	Pasivní metody ochrany	13
1.	Výběr stanoviště	13
2.	Výběr odrůd.....	13
3.	Krycí stromy.....	14
4.	Výživa.....	14
5.	Řez	14
6.	Natírání a obalování kmenů	15
7.	Ochranné kryty	15
8.	Udržení vysoké tepelné vodivosti povrchu půdy	16
9.	Postřiky proti bakteriím.....	16
10.	Postřiky oddalující kvetení či rašení	17
b)	Aktivní metody ochrany	18
1.	Ohřívače, kamínka, svíce	18
2.	Větrné turbíny	19
3.	Větráky	20
4.	Vrtulníky	20
5.	Zamlžování.....	20
6.	Závlaha shora – klasické zadržování.....	21
7.	Závlaha shora – směrové zadržování	22
8.	Postřikovače pod korunou stromů	23
9.	Povrchové zavlažování	23
10.	Postřiky zvyšující odolnost k nižším teplotám.....	23
11.	Postřiky zvyšující pravděpodobnost vytvoření a udržení plodů	26
IV.	Vlastní popis metodiky	27
a)	Odolnost generativních orgánů proti mrazu v různé fenofázi vývoje	27
1.	Materiál	27
2.	Metoda	27
3.	Výsledky.....	28
4.	Doporučení	28
b)	Porovnání polní mrazuvzdornosti vybraných odrůd meruněk.....	29
1.	Materiál	29
2.	Metoda	29
3.	Výsledky.....	31
4.	Doporučení	32
c)	Postřiky pro oddálení rašení a kvetení	33
1.	Materiál	33
2.	Metoda	33
3.	Výsledky.....	34
4.	Doporučení	36
d)	Protimrazové postřiky	37
1.	Materiál	37
2.	Metoda	37

3.	Výsledky.....	38
4.	Doporučení.....	39
V.	Srovnání novosti postupů.....	40
VI.	Popis uplatnění metodiky.....	40
VII.	Ekonomické aspekty.....	40
VIII.	Seznam použité související literatury.....	41
IX.	Seznam publikací, které předcházely metodice.....	43
X.	Dedikace.....	43
XI.	Jména oponentů.....	43

I. Cíl metodiky

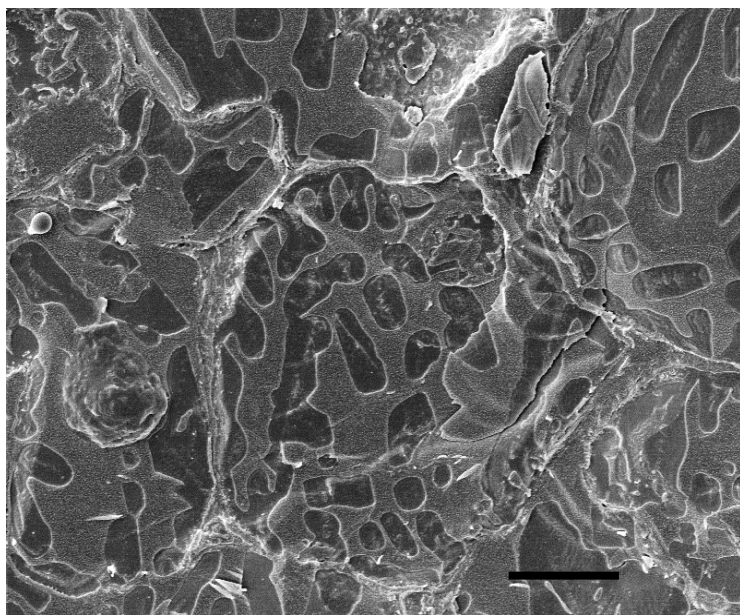
Cílem metodiky je vysvětlit principy mrazového poškození, shrnout doposud známé poznatky důležité pro výběr vhodného typu protimrazové ochrany a seznámit s novými postupy využívajícími aplikaci postřiků v ochraně generativních orgánů meruňky v jarním období.

II. Úvod

Navzdory globálnímu oteplování se riziko poškození mrazem ve vegetačním období může dokonce zvýšit, pokud dojde k začátku vegetace dříve, než odezní poslední jarní mrazy. Při porovnání klimatických faktorů působí mrazy jedny z největších ekonomických ztrát. V Evropě lze uvést například rok 2017, jako jeden z kritických roků, kdy došlo k významným ekonomickým ztrátám ovocnářské a zelinářské produkce díky mrazům. V České republice se poškození sadů ovocných dřevin stává v posledních letech pravidlem. K významným škodám došlo v letech 2011, 2016, 2017, 2019 i 2020. A u meruněk byla produkce v roce 2020 díky jarním mrazíkům přibližně čtvrtinová oproti předchozímu roku (Buchtová 2020).

Poškození rostlin mrazem

K poškození rostlin mrazem dochází, když jsou venkovní teploty nižší než kritické teploty způsobující poškození rostlinných pletiv. Mrazuvzdornost rostlin závisí na genetické odolnosti konkrétního genotypu a dalších faktorech. Rostliny, a zejména jejich generativní orgány, mají tendenci být méně odolné s postupujícím fenologickým vývojem, přičemž



Obr. 1 Intracelulární krystaly. Vzrostlý vrchol jabloně (LT – SEM), délka úsečky je 5 μm . Foto A. Bilavčík.

příznivé pěstební podmínky v dané fázi snižují odolnost rostlinných orgánů vůči mrazu (odotužení). Tato odolnost se naopak zvyšuje, když rostliny čelí méně příznivým podmínkám růstu (otužování). Pěstitel v současné době má možnost zmírnit nepříznivé podmínky prostředí na rostliny. Mnohé ze zahrnutých procesů vedoucích ke změnám odolnosti jsou dobře známé, zejména ty, které se týkají vnějších podmínek prostředí a kvalitativních reakcí rostlinných pletiv. Mezi doposud ne zcela známé procesy patří některé aspekty kvantitativních reakcí, variabilita a dědičnost mrazuvzdornosti, povaha

poškození mrazem na buněčné a molekulární úrovni, význam a mechanismy ledové krystalizace či přesné předpovědní modely počasí v lokálním měřítku.

Poškození rostlin mrazem není způsobeno samotnou nízkou teplotou, ale tvorbou ledu, který krystalizuje buď uvnitř anebo vně buněk. Vnitrobuněčná, intracelulární krystalizace ledu je pro buňky letální díky poruchám membránových systémů, které vedou až k fyzickému poškození buňky (Obr. 1). Extracelulární krystalizace ledu poškozuje buňky především



Obr. 2 Květy meruňky poškozené mrazem, 8. 4. 2020. Foto T. Nečas.

odnímáním vody z protoplastů buněk, čímž dochází k jejich dehydrataci, která pokud přesáhne míru tolerance, tak je letální. V případě extracelulární krystalizace také může docházet k mechanickému poškození buněk a pletiv rostoucími ledovými krystaly. Pokud dojde k ledové krystalizaci u kvetoucího výhonu ovocného stromu, dochází k šíření ledových krystalů v pletivu v závislosti na stupni předešlého podchlazení výhonu, teplotě a také na eventuálních bariérách proti šíření ledových krystalů (Chalker-Scott, 1992; Zámečník a kol., 1994; Wisniewski a kol., 1997). Odolnost rostlinných pletiv a orgánů vůči mrazu není konstantní a s průběhem vývoje rostliny se mění. Během vstupu do dormance v období podzimu dochází vlivem nízkých teplot v rostlinách k řadě fyziologických adaptací ústí k otužování k nízké teplotě, v jejich pletivech stoupá obsah jednoduchých nestrukturních

sacharidů, prolinu a dalších kryoprotektivních látek (Keller a Loescher, 1989; Palonen, 1999; Bilavčík a kol., 2012). Po období maximální odolnosti vůči mrazu s postupujícím zvyšováním teplot tato odolnost klesá, přičemž rostliny jsou do určité míry schopné se v případě návratu chladnějšího období opět otužit a vykazovat opětovné zvýšení mrazuvzdornosti. Kombinace výše uvedených vnitřních fyziologických faktorů a vnějšího teplotního průběhu určuje letální teploty, při kterých dojde k poškození rostlinných pletiv. U generativních orgánů rostlin v období nástupu do vegetace koreluje teplota poškození s teplotou, při které v těchto orgánech dochází ke tvorbě ledových krystalů.

Rozsah poškození mrazem se zvyšuje s klesající teplotou a teplota odpovídající určité úrovni poškození se nazývá „kritická teplota“ nebo „teplota kritického poškození“ a je označena symbolem T_c (Sakai a Larcher, 1987). Při hodnocení míry mrazového poškození generativních orgánů ovocných dřevin se uvádí kritické teploty T_{c10} , T_{c50} a T_{c90} , při kterých je letálně poškozeno odpovídající množství jedinců, např. odpovídající 10 %, 50 %, či 90 % poškozených jedinců. U generativních orgánů meruňky se uvádí kritické teploty T_{c90} v období počátku rašení, kdy dochází k nalévání pupenů, okolo hodnoty -18 °C . Při další vývojové fázi, kdy se kalich zvětšuje a je červený, jsou hodnoty T_{c90} přibližně -14 °C , ve fenofázi balonového poupěte stoupá T_{c90} na -10 °C a v plném květu je T_{c90} již pouze $-6,4\text{ °C}$. Kritické teploty, kdy hrozí riziko poškození generativních orgánů meruňky, jsou blíže k bodu mrazu a u plného květu se teplota T_{c10} uvádí již přibližně $-2,9\text{ °C}$. (Proebsting a Mills, 1978). Poškozené květy meruňky mrazem, viz Obr. 2. K nejcitlivějším částem květu patří u meruněk semeník, u kterého dochází k mrazovému poškození nejdříve, viz Obr. 3.

Metody ochrany proti mrazu

Metody ochrany proti mrazu, které se v současnosti používají, jsou v podstatě stejné, jaké se používaly v posledních desetiletích 20. století. Většina těchto metod je ochranných (výběr místa; řízení odtékání studeného vzduchu; výběr rostlin; správné techniky řezu a tvarování koruny; kryty a clony rostlin; agrotechnické operace s půdou pro zvýšení tepelné vodivosti; kontrola bakterií; chemikálie). Dlouhodobé aktivní metody zahrnují různé typy ohřívačů, zateplovací, zamlžovače, větrné turbíny, vrtulníky a kombinované metody. Klasické metody mají svá



Obr. 3 Květy meruňky po mrazíku. Květ napravo s poškozeným pestíkem. Foto A. Bilavčík.

omezení a/nebo jsou nákladné. Proto byla v poslední době zaměřena pozornost na vývoj nových nástrojů pomáhajících v protimrazovém řízení, jmenovitě modelů ke sledování vývoje mrazuvzdornosti a specifického softwaru k účinnému varování před poklesem ke kritickým teplotám (Snyder a Melo-Abreu, 2005; Zhu a kol., 2021; Agro Frost, 2021a), a k vývoji specificky účinných postřiků na oddálení či eliminaci mrazového poškození. Protimrazová ochrana je proces ovlivnění celkové tepelné bilance na úrovni rostliny v sadu. Vždy existuje určité riziko, že nepříznivé povětrnostní podmínky přesáhnou schopnost jakéhokoli systému ochrany proti mrazu plně ochránit danou plodinu. Nejúspěšnější metody na ochranu plodin před poškozením mrazem jsou kombinací pasivních i aktivních opatření.

Typy mrazu

Pro zvolení vhodného typu protimrazové ochrany je nutné definovat podmínky, za kterých dochází k poklesu teploty pod 0 °C. Zjednodušeně, vyskytují se dva dominantní typy mrazových situací a každý z nich vyžaduje jinou strategii ochrany proti mrazu: radiační mrazy a advektivní mrazy. Oba typy mrazu jsou obvykle přítomny při všech mrazových událostech, ale většinou převažuje jeden typ (Snyder a Melo-Abreu, 2005).

Radiační mraz

K radiačním mrazům dochází, když je vzduch suchý, v noci není téměř žádná oblačnost a rychlost větru je nízká (do 3 km/h). Během tohoto mrazu vyzařují rostliny, půda a další objekty, které jsou teplejší než velmi studená obloha (kombinace atmosféry a vnějšího prostoru) své vlastní teplo zpět do oblohy a postupně se ochlazují. Nejvíce poklesne teplota u částí rostlin, které jsou přímo vystaveny obloze. Příklad krystalizace vody na povrchu kvetoucí větvičky jabloně je na Obr. 4. Všechny předměty vyzařují teplo do chladnějšího prostředí úměrně svým teplotním rozdílům. Například rostliny ztrácejí teplo rychleji, když jsou vystaveny jasné noční obloze, která může mít zdánlivou teplotu přibližně –30 až –40 °C, než když jsou vystaveny obloze s mraky, které jsou relativně mnohem teplejší v závislosti na typu oblačnosti a výšce. Radiační ztráty tepla mohou být značné a mohou způsobit, že pupeny, květy, větvičky a listy rostlin budou o 3 až 5 °C chladnější než okolní vzduch, který sám o sobě vyzařuje velmi málo tepla. Teplejší vzduch v přímém kontaktu s chladnějšími

rostlinami, zemí a jinými předměty pak ztrácí teplo (kondukcí/kontaktem) a naopak se ochlazuje. Ochlazený (hustší) vzduch klesá k zemi a začne proudit a shromažďovat se v nižších polohách, tzv. mrazových kotlinách. Pro udržení konstantní teploty v sadu, i v jeho nejnižší – obvykle nejchladnější části, je nutné, aby teplo ztracené zářením plus teplo přenášené z níže položené části sadu do výše položené části prouděním vzduchu bylo nahrazeno, a to stejnou rychlostí jako jeho ztráta. Jak vzduch v blízkosti země stále ztrácí teplo, může být o několik stupňů chladnější než vzduch nad ním. Tento proces také tlačí teplejší a lehčí vzduch nahoru a vede k rozvoji podmínek tepelné inverze, kdy teplota vzduchu několik desítek metrů nad zemí může být až o 10 °C teplejší než vzduch v sadu. V průběhu průměrné jarní teplotní inverze bývá vzduch blízko povrchu půdy často o 1 až 3 °C chladnější než vzduch mezi 10 až 30 metry nad povrchem. Inverze uprostřed zimy mohou mít i větší teplotní rozdíly. V podmínkách radiačního mrazu je třeba čelit jak ztrátám tepla zářením, tak ztrátám advekci (vzniklým větrem vlivem rozdílu hmotnosti různě teplého vzduchu). K ochraně před mrazem způsobeným radiací tepla lze použít všechny metody aktivní ochrany proti mrazu (ohřívače, větrné turbíny, zamlžovače a zadešťování porostu). Ohřívače, větrné turbíny a zavlažování podrostu jsou však závislé na teplotní inverzi, která pomáhá udržet teplo blízko povrchu.



Obr. 4 Krystalizace vody na povrchu kvetoucí větvičky jabloně. Foto L. Laňar.

Advektivní mráz

Advektivní mrazy, v anglické terminologii často nazývané „black frost“ jsou velice poškozující mrazové epizody vznikající většinou za advektivních (větrných) podmínek. K advektivnímu mrznutí dochází, když se objemné masy studeného vzduchu, o mocnosti 150 až 1500 m, pohybují oblastí s větrem o rychlosti nejméně 8 km/h a teplotami pod kritickými teplotami rostlin. Tyto větry mají tendenci přetrvávat po celou noc a někdy i během dne. Mohou, ale také nemusí, být doprovázeny mraky. Advektivní podmínky nedovolují vznik tepelných inverzí, i když stále dochází ke ztrátám zářením. Poškození mrazem je způsobeno rychlým pohybem studeného vzduchu, který odebírá teplo z rostlinných pletiv a orgánů.

Pro ochranu proti těmto mrazům lze udělat jen málo bez použití velkého množství tepla a/nebo použití vyhřívaných tunelů nebo skleníků. Použitelnou metodou ochrany před advektivními mrazy, do rychlosti větru přibližně 9 km/h, je zadešťování s jednotnou a dostatečně vysokou dávkou vody.

Monitoring dat v sadu
Pro úspěch jakékoli metody ochrany proti mrazu je klíčová dostupnost přesných informací. A to jak parametrů vypovídacích o odolnosti rostlin v sadu (výše uvedené kritické teploty v dané fenofázi), tak parametrů venkovního prostředí. Před aktivací systému ochrany proti mrazu je proto nutné znát především aktuální předpověď počasí



Obr. 5 Listové a pupenové čidlo firmy Apogee. (Apogee, 2020).

a přesné teplotní a vlhkostní informace. Běžně platí, že sadaři mají v jednom sadu pouze jednu stanici s měřením teploty ve standardní výšce (1,25 m až 2 m), což pro přesnou předpověď mrazů nestačí. Přidání více senzorů v různých výškách k jedné stanici a/nebo přidání více stanic zvyšuje reprezentativnost měření v celém sadu. Přidání dalších těchto plně vybavených meteostanic pouze pro monitoring teploty proti mrazu je nákladná investice. Jedním z možných řešení je místo více drahých meteostanic instalace většího počtu samostatných (menších) měřicích zařízení, která pouze registrují teplotu a relativní vlhkost. V ideálním případě jsou tyto měřicí jednotky napojeny na automatický sběr dat a tato data jsou kontinuálně k dispozici pro vyhodnocení mrazové situace. V současné době jsou na trhu různé možnosti využití IoT technologie, které umožňují relativně levně tento monitoring provádět.

K nezbytným parametrům, které je nutné zaznamenávat a monitorovat patří teplota a vlhkost vzduchu. K základnímu měření teploty je vhodné, kromě suchého teploměru, přidat teplotu vlhkého teploměru (teplota, kterou ukazuje vlhké těleso, obvykle teploměr obalený vlhkou látkou), která ukazuje, jakou teplotu může mít povrch rostlin při startu závlahy a hodnotou se pohybuje mezi teplotou suchého teploměru a teplotou rosného bodu. Dále je nezbytné měřit teplotu rosného bodu. Rosný bod je teplota, při které začne docházet ke kondenzaci vodní páry ve vzduchu či na povrchu rostlin. Tato teplota v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu může poklesnout i pod $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro praktické využití se dá říct, že teplota rosného bodu je minimální hodnota, na kterou může teplota v sadu reálně klesnout. Hodnota rosného bodu není v průběhu noci konstantní a většinou klesá nejvíce před rozbřeskem. Vysoké hodnoty rosného bodu značí, že průběh teplot v sadu během noci pravděpodobně nebude letální, zatímco velmi nízké hodnoty rosného bodu snižují účinnost většiny metod ochrany proti mrazu. Pro zvýšení teploty rosného bodu v sadu lze udělat jen málo. Pokud je teplota rosného bodu pod kritickými teplotami pro poškození rostlin, dojde s vysokou pravděpodobností k vážnému poškození rostlin, pokud není rostlinám dodáno dostatečné teplo. Bez přidání tepla (např. slunečního svitu) je rychlost poklesu teploty poměrně rychlá, dokud teplota vzduchu neklesne k rosnému bodu; poté se atmosférická voda začne srážet na chladnějších rostlinných površích, které nejdříve dosáhnou teploty rosného bodu, protože jsou chladnější v důsledku radiačních ztrát. Když voda kondenzuje

z atmosféry, měrné skupenské teplo tání/tuhnutí (334 kJ/kg) se přímo uvolňuje na povrchu rostlin. Toto velké množství „volného“ tepla je více než dostatečné k tomu, aby nahradilo ztráty zářením z rostlin. Kondenzace také poskytne teplo vzduchu a teplota vzduchu dosáhne teploty rosného bodu krátce poté, co jej dosáhnou exponované rostliny. Následný pokles teploty vzduchu bude malý a bude probíhat po mnohem delší dobu, protože ze vzduchové hmoty bude kondenzovat stále více vody. Doposud je relativně obtížné měřit přesné teploty jednotlivých částí kvetoucích stromů. Proto bylo dříve, s ohledem na často rychlejší pokles teploty povrchů kvetoucích částí ovocných dřevin díky radiačnímu mrazu, doporučeno aktivovat protimrazovou ochranu o něco dříve, než poklesla teplota měřená klasickými teploměry a naopak končit s ochranou o něco později (Snyder a Melo-Abreu, 2005). V současnosti jsou k dispozici i senzory měření teploty, které jsou navrženy tak, aby napodobovaly tepelnou kapacitu listu rostliny či pupenu (Obr. 5). Ty poskytují blízkou aproximaci teplot listů a pupenů a lze je použít pro předpověď námrazy na listech a poupatech. Jejich výrobce uvádí, že při provedené studii za radiačního mrazu dosahovala čidla teploty listu o 5,5 hodiny dříve teplot pod 0 °C a čidla teploty pupene o 3,0 hodiny dříve, než ukazovalo suché teplotní čidlo ve vzduchu (Apogee, 2020). V současnosti existují webové aplikace, které umožňují výpočet teploty rosného bodu ze zadaných hodnot a uvádí doporučenou teplotu, při které je vhodné spustit postřik v sadu (Amet, 2021). Sledování teplotních a vlhkostních parametrů v sadu je pro aktivaci vhodné ochrany i její ukončení zásadní, proto je nutné tomuto monitoringu věnovat patřičnou pozornost.

III. Přehled metod protimrazové ochrany

a) Pasivní metody ochrany

Pasivní metody protimrazové ochrany jsou postupy aplikované výrazně (týdny a měsíce) před obdobím očekávaných jarních mrazů.

1. Výběr stanoviště

Principem je výběr vhodného klimatického stanoviště. Je nutné se vyhýbat místům, kolem kterých se tvoří studený vzduch, stéká po svazích a v údolích. Toto je podstatné zvážit především při volbě odrůd citlivějších na mráz. Pro úspěšné rozhodování je důležité mít k dispozici spolehlivá klimatická data a znalosti vlastností uvažovaných genotypů, včetně nároků na jejich agrotechniku. Je nutné předvídat proudění vzduchu v krajině. Mírné, jednolitě svahy jsou obvykle výhodnější, protože se na nich nehromadí studený vzduch. V mrazivých nocích jsou svahy často o mnoho stupňů teplejší. Na severně orientovaných svazích dochází k pozdějšímu fenologickému vývoji a je proto méně pravděpodobné, že budou stromy poškozeny zimními i jarními mrazy. Jižně orientované svahy jsou obvykle teplejší a dochází zde k dřívějšímu rašení a tím k vyšší pravděpodobnosti poškození rostlin mrazem.

2. Výběr odrůd

Výběr vhodných odrůd, které jsou dostatečně odolné proti mrazu v dané fenologické fázi, je nejefektivnějším způsobem ochrany. Vlastní odolnost odrůdy může být dvojí povahy. Jednodušší a asi účinnější ochranou disponují odrůdy s delší fází dormance – odrůdy vykvétající velmi pozdě oproti průměru, přičemž rozdíl v kvetení u těchto odrůd může dosahovat až 10 dní. Druhou skupinou jsou odrůdy s vyšší úrovní vnitřní, metabolicky

založenou, odolností vůči mrazovému poškození. Odrůda a/nebo podnož odolná vůči mrazu šetří energii, práci i peníze.

3. Krycí stromy

U meruněk v našich klimatických podmínkách se jedná o dosud neaplikovanou možnost pasivní ochrany spočívající ve výběru okrajových stromů, větrolamů – mrazuvzdorných vyšších stromů. Výsledkem takového přístupu ochrany je vyšší radiační tok směrem dolů během noci. Tato metoda je za vhodných okolností relativně velmi efektivní. Její nevýhodou je volba vhodné plodiny, která by se k meruňce hodila, a přitom by byla v období kvetení meruňky již částečně olistěná. Dále zde hrají negativní roli možné problémy se zastíněním, zdravotním hlediskem, agrotechnikou a samozřejmě ekonomickým hlediskem.

4. Výživa

Pozdní hnojení dusíkem a jeho vyšší dávky způsobují horší vyžrávání výhonů, které pak mohou být více náchylné k mrazu. Tento faktor je důležitý především pro rozvoj dostatečného otužení před příchodem zimního období. Důležité je včasné omezení hnojení dusíkem v pozdním létě pro navození včasné a dostatečné mrazuvzdornosti. Oproti tomu je proces otužování aktivní proces a nedostatečná výživa může mít na něj negativní vliv.

5. Řez

Způsob a doba řezu významně ovlivňuje růst a vývoj meruňky. Význam řezu pro odolnost meruňky proti mrazu v jarním období spočívá jednak v možnosti využít tzv. Šittova řezu a oddálit tak jarní kvetení a dále ve způsobu tvarování koruny stromů. Šittův řez spočívá u mladých stromů v prvních letech po výsadbě v zaštipnutí hlavních letorostů od poloviny května do poloviny června (Obr. 6), tedy v době, kdy jsou letorosty v intenzivním růstu a vyvinulo se na nich kolem 12 listů a dosáhly délky alespoň 20–25 cm. Díky tomu vznikne v témže vegetačním období 4–6 předčasných letorostů, které ještě do konce vegetace stačí vytvořit květní pupeny. Tyto květní pupeny v dalším roce vykvétají díky jejich pozdější diferenciaci o několik dnů později, což může být v případě jarních mrazů podstatné. Další výhodou Šittova řezu je dvojitý termín kvetení na jednom stromě, kdy je šance



Obr. 6 Šittův řez – zakrácené letorosty meruňky v polovině června. Foto T. Nečas.

alespoň části květů uniknout mrazům. Šittův řez také urychluje nástupu do plodnosti u takto ošetřených stromů. Pokud se ponechá stromek meruňky v prvních letech po výsadbě bez letního zaštipování, roste obvykle stromek velmi bujně a tvoří dlouhé konkurenční výhony, které však není možné pro tvarování koruny a plodnost využít a je nutné je odstranit. Bez této letní úpravy koruny by stromek měl nepevnou, řídkou, lehce rozlomitelnou korunu a plodil by jen na konci dlouhých výhonů. V dalších letech, kdy jsou již přírůstky stromu jen krátké, se odstraňují v polovině června větve do 2-4letého dřeva, v případě neplodících stromů i hlouběji. V dalším roce je v polovině června opět aplikován Šittův řez na nově vyrostlé bujné letorosty. Výhody tohoto způsobu řezu spočívají také v tom, že nově vyrašené letorosty nebývají napadány houbovými chorobami. Nevýhody tohoto řezu spočívají, především v pracné a časově náročné technice řezu a také ve skutečnosti, že tento řez již nejde použít u stromů v plné plodnosti. Současně ho lze použít pouze v teplejších oblastech, kde nehrozí, že by květní pupeny nevyzrály, čímž by byly méně mrazuvzdorné.

Způsob řezu a tvarování koruny je také významný vzhledem k možnosti ovlivnění vzdálenosti květů k povrchu půdy. Čím více jsou generativní výhony vzdáleny od povrchu půdy, tím menší může být vliv jarního radiačního mrazíku, při kterém je teplota těsně nad povrchem půdy většinou nejnižší a směrem ke koruně se teplota zvyšuje. Vyšší pěstební tvary koruny meruňky však v současnosti nejsou vzhledem k náročnějšímu řezu, sklizni a dalším agrotechnickým požadavkům preferovány.

6. Natírání a obalování kmenů

Aplikace zředěné latexové bílé barvy na vodní bázi nebo barevně odpovídající obaly zabraňují nejen mrazovým poškozením vznikajícím díky nestejněmnému zahřívání kmene v případě teploty pod bodem mrazu a intenzivního slunečního svitu, ale také mohou oddálit nástup stromů do vegetace na jaře. Nevýhodou tohoto opatření je nutnost nanášet nátěr pouze při dostatečně vysoké teplotě, u latexové barvy se doporučuje teplota vzduchu nad 10 °C, a počasí bez deště pro zaschnutí. Obalení kmenů stromů izolací (tj. materiály obsahující vzduchové prostory, které zpomalují přenos tepla) také může ochránit mladé stromky před poškozením silným mrazem. Nátěr i obaly je nutné aplikovat důkladně, od povrchu půdy co nejvýše na kmeni. V případě, že dochází k nasávání vody ochranným materiálem, především u obalů, může pod ním docházet k rozvoji fytopatogenních organismů. Samotné nátěry nejsou tak nákladné, oproti obalům, ale aplikace obou je časově náročná.

7. Ochranné kryty

Kryty z textilie, viz Obr. 7, umístěné na vhodné konstrukci umožňují vytvoření teplejšího mikroklimatu tím, že odráží radiaci



Obr. 7 Krycí systém nad výsadbou třešní ve VŠÚO Holovousy. Foto L. Laňar.

tepla z povrchu půdy zpět do krytého prostoru a podle typu zakrytí od jisté míry blokuje i proudění teplejšího vzduchu mimo zakrytý prostor. Tento typ ochrany zajišťuje v nižším rozsahu poklesu teploty relativně jistý efekt, je však nákladný, a především jeho aplikace je náročná. Může ovšem zvyšovat efektivitu dalších protimrazových opatření, např. vyhřívání. Je vhodné kryty opět brzy odstranit, aby nedocházelo k fytosanitárním problémům a také, aby bylo umožněné opylování. Dlouhodobé ponechání otevřených krytů, které mohou odrážet významnou část světla, může dále negativně působit na diferenciaci květních pupenů na další sezónu. V případě, že jsou použity kryty bez dobré ventilace, může pod nimi docházet k rozvoji fytopatogenních organismů. Instalace krycích systémů je nákladná, ale pokud je tento systém už v sadu instalován z důvodů jiných agrotechnických opatření, tak jsou náklady již jen na jeho manipulaci a údržbu.

8. Udržení vysoké tepelné vodivosti povrchu půdy

Nehybný vzduch má velmi nízkou vodivost, proto je třeba vyhnout se kultivaci půdy těsně před mrazem, což by způsobilo vznik větších půdních pórů. Zároveň je vhodné udržovat půdu vlhkou a vzduch v jejích pórech nasycený vodní párou, aby se minimalizovala izolační schopnost vrstvy nehybného vzduchu. Také je vhodné ve výsadbě odstranit krycí plodiny, které vytváří širší vrstvu nehybného vzduchu. Během noci může teplo z půdy proudit k jejímu povrchu a zpomalit noční ochlazování, pokud je povrch dostatečně tepelně vodivý. Tato metoda může poskytnout ochranu až o dva stupně Celsia vyšší. Toto opatření by však mělo být provedeno v dostatečném předstihu před obdobím mrazů, aby bylo možné akumulovat teplo v půdě. Načasování je v tomto případě důležité. Pokud je opatření provedeno příliš pozdě, v půdě se akumuluje málo tepla a tím pádem se ho i málo v období mrazu vyzáří. Vlhká půda je prospěšná, protože má vyšší tepelnou kapacitu, ale vodou přesycená mokrá půda ztrácí množství tepla výparem. Opatření udržující vysokou tepelnou vodivost povrchu půdy jsou relativně méně nákladná a hospodařící subjekt většinou disponuje zařízeními pro jejich aplikaci.

9. Postřiky proti bakteriím

K tvorbě ledových krystalů v podchlazené vodě dochází díky přítomnosti tzv. krystalizačních jader. Bylo zjištěno, že při teplotách od 0 do $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ je asi 95 % krystalizačních jader na listovém povrchu bakteriálního původu. Samotná rostlinná pletiva, s výjimkou dřevnatých částí, krystalizační jádra v tomto rozmezí teplot neobsahují. K iniciaci tvorby ledu a následnému mrazovému poškození intaktního listu, květu, plůdku, dokonce i skupiny listů či květů stačí jediné krystalizační jádro. Jakmile se začne na povrchu orgánu tvořit led, začnou se krystaly ledu velmi rychle šířit průduchy, hydatodami, lenticelami či poraněním dovnitř pletiva. Za určitých teplotních podmínek, kdy jsou květy meruněk podchlazeny na nižší teplotu než dřevnaté části výhonu, může ke zmrznutí květů dojít díky krystalizaci iniciované bakteriemi na jejich povrchu. V takovém konkrétním případě je možné kontrolou bakteriální populace pomocí baktericidních postřiků oddálit poškození květů meruňky jarními mrazíky. Antibakteriální postřik je však třeba provést s předstihem tak, aby nedošlo k výraznému rozvoji bakteriální mikroflóry. Redukce bakteriální populace může pomoci v protimrazové ochraně také v průběhu zimní sezóny. Podle Klementa a kol. (1984) některé typy bakterií po inokulaci do floému a kambia kmene, kosterních větví a výhonů meruněk zužítují 19–48 % cukerných rezerv. Během následného vystavení mrazu dochází k jejich poškození a v důsledku toho k větší citlivosti inokulovaných pletiv k patogenním bakteriím způsobujícím apoplexii či rakovinu. Nevýhodou těchto postřiků jako ochrany proti jarním

mrazíkům je jejich efektivita pouze při striktně daných teplotních podmínkách, kdy teplota květů je nižší než dřevních částí výhonu a neklesá pod -3 až -4 °C. V neposlední řadě je nutné zmínit nespecifické působení postřiků, které mohou zlikvidovat i prospěšnou epifytní mikroflóru. Celkově lze konstatovat, že cenově patří toto opatření mezi méně nákladné (použití přípravků na bázi hydroxidu měďnatého, např. Champion, Copac, Funguran) a lze jej aplikovat běžnými prostředky.

10. Postřiky oddalující kvetení či rašení

Přestože se některé typy postřiků chemickými látkami již v pěstitelské praxi používají, jejich účinky nejsou v mnoha případech správně chápány. Pomineme-li postřiky proti bakteriím, můžeme rozlišit další tři typy postřiků: první je pro oddálení kvetení či rašení, druhý typ postřiků je pro aktivní navození odolnosti k nižší teplotě a třetím typem postřiků je aplikace látek, jež různými cestami omezují opad květů nebo plodů případně prodlužují životnost a receptivitu květů a tím i možnost opylení. Poslední dva jmenované je pro jejich povahu vhodné řadit spíše mezi přímé metody protimrazové ochrany.

V této kapitole je uveden první přístup. Oddálení kvetení nebo rašení je nepřímá a preventivní metoda, kterou je nutné realizovat před obdobím mrazu. V závislosti na délce oddálení a doby jarního mrazu může být zpoždění dostatečné k tomu, aby se zabránilo mrazovému poškození nebo jej alespoň omezilo. Oddálení kvetení či rašení je považováno za slibnou metodu, zejména u citlivých druhů s krátkými fázemi vegetačního klidu (jako je např. i meruňka) a to zejména jako součást komplexního přístupu, kdy je využívána dohromady s dalšími přímými a nepřímými metodami. Vzhledem k termínu kvetení meruněk, běžně koncem března až začátkem dubna, a délce období, kdy mohou přicházet mrazy, což bývá až do poloviny května, nelze uvažovat o její absolutní účinnosti při individuálním použití.

Jako nejúčinnější se obecně ukazuje ošetření etefonem v období před opadem listů, když nastává období jejich žloutnutí. V případě peckovin, např. japonských meruněk (*Prunus mume*), bylo experimentálně dosahováno oddálení kvetení o 4 až 11 dní (Paksasorn a kol., 1995) u slivoní a broskvoní 13–16 dní (Crisosto a kol., 1990). Hlavním rizikem použití etefonu je mnohdy pozorovaný doprovodný klejotok, jež nastává v období po odkvětu a někdy i snížená násada a výnosy. Tyto efekty jsou hlavní příčinou, proč se dané ošetření neuplatňuje ve větší míře v běžné zemědělské praxi. Určité naděje byly vkládány do aplikací kyseliny abscisové, jež vykazovala v některých experimentech schopnost oddálení kvetení (Kaska, 1978), avšak nekonzistentnost efektů a vysoká cena látky prozatím nenasvědčují, že by mohla být efektivně využitelná (Parker a kol., 2012). Mezi dalšími látkami, které prokázaly účinnost, lze uvést použití sójového oleje, jenž měl u broskvoní při předjarních aplikacích a následným zpomalením vnitřních fyziologických procesů schopnost oddálit kvetení i o více než 6 dní (Myers a kol., 1996; Deyton a kol., 2010). V posledních letech se stala dostupnou rovněž látka, která je prekurzorem etylenu a mohla by mít potenciálně podobný vliv jako etefon. Jedná se o kyselinu 1-aminockylopropan-1-karboxylovou. Její možný účinek na oddalování kvetení doposud není znám.

Citlivé fenofáze meruněk jsou vystaveny potenciálním mrazům běžně po dobu 6–7 týdnů. Několikadenní posun kvetení tedy není jediným řešením. V určitých případech by však tato ošetření mohla pomoci s omezením použití a snížením nákladů na aktivní ochranu. Otázkou zůstává, najde-li se spolehlivý způsob nebo případně nová látka, která umožní bezpečné a účinné aplikace.

b) Aktivní metody ochrany

Aktivní metody protimrazové ochrany jsou postupy aplikované několik dní či bezprostředně před a v průběhu mrazové epizody.

1. Ohříváče, kamínka, svíce

Ohříváče typu různých topidel, kamínek či svící s otevřeným ohněm poskytují teplo, které nahrazuje energetické ztráty při mrazové epizodě. Typy ohříváčů s otevřeným ohněm či větším povrchem zahřátého tělesa navíc poskytují vysoký podíl zářivé energie, která je absorbována rostlinami. Topidla využívají kapalná, pevná nebo plynná paliva. Kouř z těchto topidel nemá žádný ochranný účinek, protože částice kouře jsou příliš malé na to, aby absorbovaly tepelné záření půdy. Úspěšná aplikovatelnost tohoto způsobu ochrany je především za předpokladu radiačního mrazu a silné inverze. V případě kdy sněží či fouká vítr není účinnost této ochrany velká, i když u systémů s hořáky je stále částečně efektivní. Je lepší použít více menších zdrojů topidel než menší počet výkonnějších, aby díky možnému vzniku komínového efektu u silnějších topidel nedocházelo k nežádoucímu odtékání ohřátého vzduchu mimo prostory sadu, a naopak přitékání okolního chladného vzduchu. V posledních letech se tato ochrana v ČR začíná více používat – především použití svící je relativně časté (Obr. 8). Tato ochrana je však značně nákladná jak na finanční prostředky, tak i na lidské zdroje – umístění, zapalování a zhasnění svící. Pokud jsou odhady mrazů několik nocí po sobě, tak je vzhledem k finanční náročnosti vhodné svíce v případě pominutí kritických teplot co nejdříve zhasnout a ušetřit tak na další mrazovou noc. Pro efektivní použití je také vhodné měřit teplotu v kontrastních částech sadu, a podle toho přizpůsobit zapálení či zhasnutí svící. Dodavatelů svící či jiných topidel je v ČR více. Hmotnost u nás prodávaných protimrazových parafinových svící se pohybuje od 4 do 5 kg. Udává se, že při optimálních podmínkách (bezvětrí, bez sněžení) a mrazu cca $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ vydrží hořet přibližně 9 hodin. Při větru, sněžení, při umístění na kopci či větším mrazu může být doba hoření kratší. Při teplotě v sadu $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ jedna svíce ochrání přibližně 50 m^2 a na 1 ha sadu se doporučuje použít 200 ks svící. S klesající teplotou potřeba svící stoupá a při teplotě $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ je nutné jich



Obr. 8 Hořící parafinové svíce. Foto L. Laňar.

zapálit již 350 na 1 ha (29 m^2 na jednu svíci). Další možnosti jsou tažené nebo nesené ohříváče (Agrofrost, 2021b), které sestávají z ventilátoru, a hořáku, který je napojen většinou na zásobní propanové lahve. Ohřátý vzduch je vyfukován horizontálním proudem na obě strany stroje a podle výkonu dosahuje dle

výrobci 10 až 50 m daleko. Je nutné naplánovat pojezdy stroje tak, aby každá část sadu byla opakovaně ohřata proudem teplého vzduchu. Příkladem takového stroje je např. Frostbuster (Obr. 9), kde výrobce doporučuje opakované ohřátí jednoho prostoru za minimálně 8 až 10 minut. I když patří tento způsob protimrazové ochrany k rychlým a podle typu mrazu a poklesu teploty i k relativně spolehlivým, tak je především nutné zvážit ekonomické náklady



Obr. 9 Tažený plynový teplovzdušný fukar Frostbuster. Před nápravou je patrný obdélníkový obrys výdechu teplého vzduchu. Za nápravou jsou kapsy na umístění zásobních lahví. Foto L. Laňar.

vzhledem k možnému zisku. V zahraničí se uvádí i ohřívací zařízení typu různých topidel vozených sadem v průběhu noci na valníku za traktorem, avšak efektivita těchto opatření vzhledem k možnosti omezeného rozsahu ohřívání a teplotního monitorování účinnosti je těžko odhadnutelná.

2. Větrné turbíny

V podmínkách radiačního mrazu dochází k teplotním inverzím. Principem provozu větrných turbín proti mrazu je promíchání spodních chladných vrstev vzduchu s výše položeným teplejším vzduchem a s tím související zvýšení teploty v úrovni porostu. Klasické větrné turbíny se skládají z ocelové věže s velkým rotujícím dvoulopatkovým ventilátorem (o průměru 3 až 6 m) v horní části, namontovaným na ose nakloněné asi o 7° dolů od horizontály ve směru věže. Typicky je výška této osy ventilátorů 10–11 m a otáčejí se rychlostí 590–600 ot. /min. Využívají se i větrné turbíny se čtyřlístými ventilátory. Turbíny mohou být poháněny topným olejem, plynem nebo elektřinou. Jejich výkon je obvykle 65–143 kW, ale může být i vyšší. Účinnost větrných turbín je pouze v případě silné inverze. Používají se kdykoli je potřeba ochrana proti hodnotám mrazu nižším než $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jejich použití se vyplatí především v trvalých kulturách (sady, vinná réva), ale lze je použít v podstatě s jakoukoli plodinou. Uvádí se pokrytí plochy 4–6 ha jednou turbínou. Před instalací turbíny je nutné zanalyzovat mikroklima a sílu inverzí během několik dní. Ideální umístění turbíny závisí na směru a síle proudění vzduchu v mrazivých nocích. Nefunguje při rychlosti větru nad 8 km/h nebo při výskytu podchlazené mlhy. Využití této ochrany je možné pouze v případě inverze a minimální teploty vzduchu by neměly poklesnout o více než $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ pod odhadovanou teplotu poškození květních orgánů. Jednou z nevýhod je také případný hluk generovaný turbínou, který je nutné vzít v úvahu z hlediska hygienických limitů v prostoru umístění turbíny. Náklady na pořízení a instalaci jsou vysoké, avšak provoz jako takový je již průměrně nákladný a je ho možné i automatizovat.

3. Větráky

Některé varianty klasické stacionární větrné turbíny mají nižší věže, vyšší otáčky ventilátoru a jsou přenosné. Základní principy varianty klasické stacionární turbíny jsou stejné. Pokud je však výška věže nižší, tak je omezen přístup do vyšších vrstev teplého vzduchu. V případě nižšího výkonu je oblast pokrytá prouděním vzduchu menší a vyšší otáčky vrtule jsou méně účinné. U přenosných typů, které mají nižší výšku a výkon, je poskytnutá protimrazová ochrana a oblast pokrytí menší. Proto by se mělo používat více strojů a podmínky jejich použití jsou z hlediska efektivity stejné jako v případě klasických turbín, a těmi je přítomnost teplotní inverze. Nevýhody využití větráků jsou stejné jako u klasických turbín, včetně jejich vyšších nákladů na pořízení, ale mají relativně nižší provozní náklady.

4. Vrtulníky

Vrtulníky zajišťují proudění teplého vzduchu z výšky v teplotní inverzi k chladnějšímu povrchu. Oblast pokrytí jedním vrtulníkem závisí na velikosti a hmotnosti vrtulníku a na povětrnostních podmínkách. Monitorování teplot v prostoru koruny stromů na mnoha místech je zásadní a informace o chladnějších místech musí dostat pilot vrtulníku. Doporučená frekvence průletu se pohybuje mezi 30 až 60 minutami v závislosti na povětrnostních podmínkách. Pokud není dostatečná kontrola teplot, tak může dojít k poškození porostů mrazem. Náklady na provoz vrtulníků jsou značné a je třeba kalkulovat efektivitu jejich použití. Vrtulníky v protimrazové ochraně v sadech jsou používány již i v ČR. Vrtulníky byly použity úspěšně například při protimrazové ochraně jabloňového sadu, kdy teplota v sadu začala klesat mezi -3 až -4 °C, přičemž v prostoru 5–10 m nad zemí, kde se pohybovaly vrtulníky, byla teplota mezi 4 až 7 °C. Nad sadem byly otestovány tři typy vrtulníků od lehkého, který létal nejnižší – kolem 5 metrů nad zemí, až po dvoumotorový turbínový, létal 10–15 m nad zemí, a podle zdroje se osvědčily všechny.

5. Zamlžování

Poklesu teploty porostu sadu, ke kterému dochází díky radiačnímu mrazu, je možné za určitých podmínek zabránit vytvořením izolační vrstvy, mlhy, na hranici porostu. Vrstva mlhy, respektive její kapičky, zachycují dlouhovlnné záření a vyzařují ho zpět. Vytváří se tak odrazivá vrstva, která brání úniku radiace z půdy mimo prostor sadu, a díky tomu zůstává teplota v sadu vyšší, než je nad hranicí mlhy. Úspěšnost systémů využívajících umělou mlhu závisí na několika faktorech. Prvním je vytváření vhodné velikosti kapek s radiačně aktivními vlastnostmi. Optimální velikost kapek pro zachycování dlouhovlnné radiace je 3 až 30 μm . Takto velké kapky jsou i dostatečně malé, aby nepadaly rychle k zemi. Dále je podstatné, aby nedocházelo k rychlému vypařování vzniklých kapek, což by vedlo k ochlazení prostoru díky



Obr. 10 Zadešťovací stožár. Foto A. Bilavčík.

samotnému výparu. Snížení výparu se dosahuje přidáváním látek typu glycerolu do vody. Pro efektivní využití této metody je také zásadní udržet mlhu rovnoměrně v sadu a dostatečně dlouho. Toho lze dosáhnout pouze za bezvětří či jen za mírného vánku. V praxi se využívá tvorba mlhy buď pouze z vody, k čemuž se používají vysokotlaké emitory instalované na kraji sadu, nebo je možné použít speciální tryskové motory k tvorbě mlhy ze směsi glycerolu a vody. V současnosti se začalo využívat metody tvorby umělé mlhy pomocí speciálního pulsního motoru. Tento typ motoru spaluje běžný benzín a pomocí trysek je do spalovací komory vstřikována směs glycerolu ve vodě. Glycerol zde funguje i jako prostředek bránící rychlejšímu odpařování kapiček aerosolu. Pro efektivní aplikaci zamlžování je potřeba, aby v sadu bylo dostatečně akumulované teplo v půdě z dřívějších dní a aby v průběhu mrazové epizody nedošlo k výraznému proudění vzduchu. Při advektivních mrazech doprovázených silnějším větrem je účinnost této ochrany minimální. Je možné použít mobilní vyvíječe mlhy, transportované pomocí traktoru, a tím snížit počet vyvíječů potřebných k zamlžení celého sadu. Náklady na pořízení vyvíječů mlhy představují nejvyšší částku, samotný provoz je již relativně levný a výhodou je i snadná manipulovatelnost.



Obr. 11 Kvetoucí větvíčka jabloně při protimrazové ochraně zadešťováním. Foto L. Laňar.

6. Závlaha shora – klasické zadešťování

Pomocí závlahy shora, zadešťování, viz Obr. 10, lze do prostoru koruny stromů dodat jednak teplo, které odevzdá dodávaná voda v případě, že je teplejší než okolní prostředí, ale hlavní princip této ochrany spočívá v uvolňování latentního tepla krystalizace. Latentní teplo krystalizace se v průběhu mrznutí zadešťovací vody uvolňuje do prostoru sadu a udržuje především povrchy, na kterých voda mrzne na bodu tání, 0 °C. Zároveň se část tohoto tepla ztrácí odpařováním, zejména pokud je vzduch spíše suchý a fouká vítr. Pro využití tohoto způsobu ochrany je třeba speciálních trysek, aby se zabránilo tomu, že se přestanou otáčet, protože se na nich tvoří led. Aplikační množství vody závisí na povětrnostních podmínkách, mikroklimatu a vlastnostech zadešťovací soustavy. Pokud jsou kvetoucí výhony schopny tolerovat hmotnost ledu (Obr. 11) a je aplikován dostatek vody, může tato metoda zajistit ochranu až do -7 °C. Voda musí být k dispozici v množství a kvalitě po celou dobu mrazové epizody. Na Obr. 12 je ukázka velikosti nádrže k instalované protimrazové závlaze na rozloze 2 ha sadu jabloní.



Obr. 12 Nádrž na vodu k protimrazové ochraně. Foto A. Bilavčík.



Obr. 13 Instalovaná protimrazová závlaha se směrovými tryskami. Foto A. Bilavčík.

Tento způsob ochrany je běžně používán ve vyspělých zemích pro mnoho druhů ovocných plodin (např. jádrové ovoce, borůvku, jahodník). U peckovin je nutné zvážit způsob této ochrany vzhledem k tomu, že jsou náchylnější ke zlomení větví, a navíc je zde problém zvýšeného půdní vlhkosti, která působí na peckoviny negativně. U meruněk by v případě jakéhokoli způsobu ochrany, kdy se do sadu dostává velké množství vody, bylo vhodné zvolit podnože tolerujících vyšší množství vody, např. slivoně. Začátek zadešťování by měl být spouštěn ideálně podle skutečné teploty povrchu kvetoucích výhonů, v praxi podle teploty vlhkého teploměru a nikoliv teploty vzduchu v sadu. Obdobně i vypnutí je závislé na teplotě vlhkého teploměru. Problematika spouštění a vypínání je komplikovaná a je vhodná její detailnější znalost (Laňar a Scháňková, 2021a; Laňar a Scháňková, 2021b). Možnost využití ochrany klasickým zadešťováním je třeba přizpůsobit s ohledem na všechny faktory, především na dostatečné zásobení vodou. Pokud by došla postřiková voda v průběhu teplot, kdy ještě dochází ke krystalizaci či by neroztál všechen led, dojde podle výsledného poklesu teploty generativních orgánů k odpovídajícímu mrazovému poškození. U některých druhů ovocných dřevin je nutné přizpůsobit tvarování a řez této metodě, aby byly stromy schopny unést váhu ledu, který se na nich utvoří. Je vhodné mít záložní vodní čerpadlo, pro případ poruchy hlavního čerpadla. Nedostatečná kontrola teploty může způsobit, že se systém zadešťování spustí příliš pozdě. Vítr a následné zablokování rotace postřikovacích trysek může způsobit nefunkčnost ochrany. Pokud selžou postřikovací trysky, může dojít k vážnému poškození rostlin. Hmotnost ledu, který se tvoří, může u některých druhů stromů zlomit kvetoucí výhony nebo dokonce způsobit ztrátu kosterních větví. Ve špatně odvodněných půdách a/nebo u citlivých genotypů může nadměrné množství vody způsobit choroby kořenů. Náklady na instalaci zadešťovacího zařízení jsou vysoké a vysoké jsou i požadavky na množství vody (ochrana při teplotách od -3 do -5 °C ~ 40 m³ vody ha⁻¹ za hodinu).

7. Závlaha shora – směrové zadešťování

Působení této formy závlahy shora je principiálně totožné s klasickým zadešťováním, avšak místo rotačních trysek se využívají speciální překlápěcí trysky (Obr. 13, Obr. 14). Tyto směrované postřikovače stříkají vodu přímo na rostliny v řadě, přičemž do mezířadí rostlin padá minimální množství vody. Využití tohoto typu trysek je relativně nové a doposud není široce rozšířené. Zkušenosti sadařů, kteří tento systém používají, jsou velmi pozitivní.



Obr. 14 Tryska směrového zadešťovače. Foto A. Bilavčík.

U tohoto systému je nutné, aby byl filtrační systém vody velmi účinný, a kvalita vody musí být vysoká. Neměl by být používán v mikroklimatech, kde je katabatický vítr, tedy kde stéká studený vzduch v noci z údolí. Obecně vítr, špatná kvalita vody, případně nedostatečná filtrace bývá příčinou selhání tohoto systému. Vstupní náklady na pořízení systému jsou obdobně jako u předchozího typu zadešťování vysoké, ale spotřeba vody je redukována na minimum, řádově 15 m³/ha/h) a provozní náklady jsou relativně nízké.

8. Postřikovače pod korunou stromů

Principiálně je tento způsob protimrazové ochrany stejný jako zadešťování, avšak vzhledem k tomu, že voda není aplikována v místě potřeby uvolňování latentního tepla, tedy koruně stromu, je tento způsob ochrany méně efektivní a je možné ho použít pouze v případě relativně malého poklesu teploty pod bod mrazu v závislosti na odolnosti chráněné rostlinné struktury. Výhodou tohoto systému je menší sanitární riziko v prostoru koruny stromu a skutečnost, že většina sadařů tento systém může mít již instalovaný pro závlahu a tím pádem mohou být vstupní náklady prakticky nulové. Pro úplnost je třeba zmínit, zda je možné využití kapkové závlahy jako protimrazové ochrany. Tento způsob se jako protimrazová ochrana vůbec nedoporučuje především z důvodu nedostatečného přísunu vody, která by uvolňovala latentní teplo krystalizace. Dokonce by mohlo díky evaporaci vody dojít k ochlazení prostoru se spuštěnou kapkovou závlahou.

9. Povrchové zavlažování

Povrchové zavlažování můžeme rozdělit na zátopu části nebo celého povrchu půdy i s rostlinami, kdy principiálně dochází k ochraně díky přenosu tepla do rostlin z dodané vody a brázdové zavlažování, kde je účinnost založena především na uvolnění latentního tepla při krystalizaci vody a efekt dodání tepla vodou je celkově zanedbatelný. Obě metody povrchového zavlažování je možné uplatnit především u přizemních plodin, a v případě dostatku vody především zátopu. Tyto metody se komerčně využívají. Je však potřeba zhodnotit množství vody potřebné pro uvolnění dostatečného množství tepla a včasného spuštění systému, aby nedošlo k zamrznutí vody před rozlitím na celou plochu či na konec brázdy. V případě sadů by bylo možné uvažovat o brázdovém zavlažování, avšak limitující je množství vody, které je možné do prostoru sadu dodat, a u vyšších stromů je efekt problematický. Obdobně, jako u ostatních typů závlahových systémů ochrany, je potřeba počítat s možnými fytopatologickými riziky. Náklady mohou být v případě dostatku vody minimální.

10. Postřiky zvyšující odolnost k nižším teplotám

Idea protimrazových postřiků, které by byly lehce skladovatelné, snadno aplikovatelné a levné je známá již od 50. let minulého století. Od té doby bylo testováno množství chemikálií, které můžeme principiálně rozdělit na látky: kryoprotektivní – snižující bod tání rostlinných pletiv, snižující populaci krystalizačně aktivních bakterií (Pasivní metoda ochrany, bod 9.), oddalující kvetení či rašení (Pasivní metoda ochrany, bod 10.), zabraňující ledové krystalizaci, látky stimulující mrazuvzdornost a látky s ochranným/regenerujícím účinkem po mrazu. Postřiky látek působícími na blíže nespecifikované bázi či založenými na homeopatickém účinku se tato metodika nezabývá.

Kryoprotektivní látky snižující bod tání rostlinných pletiv

Je známo mnoho látek s kryoprotektivním účinkem, které snižují bod tání roztoků a následně i teplotu ledové krystalizace rostlinných pletiv. Většinu tvoří sacharidy, polyoly, močovina a modifikované polymerní sloučeniny. Omezená schopnost stávajících kryoprotektivních postřiků chránit kvetoucí rostliny citlivé na mráz při teplotách pod jejich kritickou teplotou může být způsobena potřebou velmi vysokých koncentrací rozpuštěných látek, které jsou nutné k výraznému zlepšení termodynamických charakteristik. Takové koncentrace mohou být pro buňky toxické, způsobit oddělení buněčné membrány od buněčné stěny a buněčnou smrt. Proto je studován přístup kombinace různých kryoprotektantů a interagujících sloučenin. Příkladem takového přístupu je přípravek FreezePruf, směs na bázi polyetylenglykolu, glycerolu, křemičitanu draselného, polyéterové silikonové povrchově aktivní látky a bicycklého oxazolidinového antitranspirantu, testovaný Francko a kol. (2011), který uvádí, že u květů, listů a plodů sledovaných rostlin byla po aplikaci zvýšena odolnost o 1,2 až 5 °C. Oproti tomu Anderson a kol. (2012) nezjistili žádný účinek výše uvedeného přípravku na zvýšení odolnosti vůči mrazu u oddělených listů rajčat, rostlin papriky a dalšího rostlinného materiálu.

Postřiky na bázi močoviny. Zilkah a kol. (1996) uvádí, že po aplikaci 10% močoviny s nízkým obsahem biuretu tři dny před příchodem mrazů (4 noci s teplotami pod 0 °C) došlo u reprodukčních orgánů broskvoně ke zvýšení jejich mrazové odolnosti. Postřik močoviny aplikovali na generativní orgány broskvoně od fenofáze zelené špičky až po fenofázi plůdku a mrazuvzdornost po postřiku negativně korelovala s vývojem. Ve fenofázi zelené špičky byl ochranný efekt postřiku vyšší než 50 %, zatímco ve fenofázi plůdku byl již jen 9 %. Přesto vyhodnotili postřik jako efektivní, protože bez tohoto postřiku žádné generativní orgány v sadu nepřežily, pokud se nacházely v pozdější fenofázi než je fenofáze zelené špičky.

Vliv hnojiva na bázi draselné soli (KDL) na poškození mrazem u kultivarů révy vinné v různé fázi fenologického vývoje sledovali Centinari a kol. 2016. Řízky postříkané KDL 24 hodin před vystavením nízkým teplotám vykazovaly o 16 % nižší úmrtnost výhonků a nižší osmotický potenciál. Aplikace KDL však neovlivnila letální poškození výhonků u celé révy

‘Noiret’. Praktický význam aplikace přípravku KDL podle autorů byl však sporný a doporučili aplikaci klasických způsobů ochrany: výběr kultivaru a vysazováním pozdně rašících kultivarů v oblastech náchylnějších k mrazu. Na Obr. 15 je meruňkový sad po aplikaci postřiků na bázi kryoprotektivních roztoků.



Obr. 15 Sad po aplikaci kryoprotektivních roztoků. Foto A. Bilavčík.

Látky zabraňující ledové krystalizaci

Jednou z možností zamezující krystalizaci ledu v rostlinných pletivech a orgánech je pokrytí povrchu rostlin filmem, který nepropustí vodu a tím pádem nedochází k šíření ledových krystalů skrz průduchy, hydatody či místy poranění povrchu rostlin. Princip působení této ochrany je izolace rostlinných orgánů od vnějšího ledu a oddálení ledové krystalizace v pletivech a orgánech rostlin. Byly publikovány možnosti aplikace celulózových nanokrystalů či hydrofobních filmů. Alhamid a kol., 2018 aplikovali na povrch generativních pupenů révy a třešně v různé fenofázi pomocí elektrostatické aplikace 2% roztok nanokrystalů celulózy (CNC). Výhodou elektrostatické aplikace bylo vytvoření jednotné vrstvy na površích rostlin a úspora postřikového materiálu. Postřiky byly prováděny v sadu a mrazová odolnost byla měřena pomocí diferenční termické analýzy v kontrolních laboratorních podmínkách. Dormantní pupeny révy ošetřené CNC byly o 2 °C odolnější vůči mrazu než neošetřené pupeny. Mrazová odolnost generativních orgánů třešně ve fenofázi vývoje balonového květu byla po ošetření CNC přibližně o 3 stupně vyšší. Oproti kontrole, u které začalo poškození při -2 °C, se první poškození u květů odrůdy 'Schneider' projevilo až při -5 °C a ještě při -7 °C bylo poškozených jen 60 % generativních orgánů. CNC postřikem může dojít k vytvoření bariéry proti šíření ledu v generativních orgánech a dále ke snížení jejich emisivity, čímž se sníží tepelné vyzařování při radiačním mrazu.

Hydrofobní filmy

V poslední době byly uvedeny na trh některé látky protimrazové ochrany působící na základě pokrytí povrchu listů inertní vrstvou. Aplikace hydrofobního filmu částic kaolinu vedla k menšímu poškození listů bramboru, révy vinné a citroníku (Fuller a kol., 2003). Hydrofobní kaolinový film působil jako bariéra proti šíření exogenně (z vnějšku rostlinných povrchů) spouštěné ledové krystalizace do rostlinných pletiv způsobujících letální poškození. Na rozdíl od toho testovaný akrylový polymer schopný vytvořit elastický povlak na listech rostlin použitý ve stejné studii jasně neprokázal dostatečný účinek ochrany proti mrazu a nebyl schopen zpomalit pronikání ledu do listů bramboru a vinné révy. Autoři studie shrnují, že film hydrofobních částic kaolinu byl schopen poskytnout určitou ochranu proti krystalizaci v řadě rostlinných pletiv citlivých na mraz a že letální průnik ledu do pletiv byl zpožděn v průměru až o 2 hodiny, což v případě krátkého trvání jarního radiačního mrazíku může být dostatečné.

Látky stimulující mrazuvzdornost

Příkladem stimulačního mechanismu je použití oxidu dusnatého (NO). Ošetření NO v sadu meruněk ve fázi růžové špičky průkazně snížilo poškození květů mrazem při laboratorním vystavení nízké teplotě (-3 °C), (Pakkish a Tabatabaenia, 2016). Postřik nitroprusidem sodným (látky uvolňující NO) zvýšil mrazuvzdornost květů zvýšením obsahu prolinu a cukrů. Také došlo ke zvýšení obsahu antioxidantů v rostlinných pletivech. Min a kol. (2018) testovali aplikaci kyseliny salicylové s aklimatizací na chlad u rostlin špenátu. Rostliny ošetřené 0,5 mM kyselinou salicylovou pomocí závlivky byly tolerantnější vůči mrazu (vizuální odhady a test výtoku elektrolytů) než neošetřené rostliny. U výše uvedených postupů je nutné vzít v úvahu, že se jedná o počáteční fáze výzkumu, které i přes slibné výsledky nelze zatím jednoznačně doporučit k aplikaci. V případě využití oxidu dusnatého je problematická především jeho aplikace v sadu. Je nutné výrazně varovat před laickou aplikací látek uvolňujících NO. Protože se jedná o plyn, který je známý jako rajský plyn, používaný dříve k uvedení do narkózy, který snižuje krevní tlak, tak se v současnosti vyvíjí látky, které by

tento plyn uvolňovaly postupně v malém množství, a nehrozil by úraz pracovníků, kteří by postřik prováděli.

Látky s ochranným/regenerujícím účinkem po mrazu

Komerční produkty na bázi fenolických látek, které mají být schopny „obnovit“ částečně poškozené buňky, jsou dostupné (např. N-fenolmix), ale vědecké důkazy v tuto chvíli pro toto tvrzení chybí. Podle výrobců produkty jako aminokyseliny nebo bór mají obnovit částečně poškozené buňky, ale toto tvrzení je sporné; krom toho mohou být aminokyseliny velmi drahé. Obecně akumulace určitých cukrů a aminokyselin v rostlinách působí kryoprotektivně snížením bodu tuhnutí některých buněčných obsahů. Aminokyseliny jako prolin a threonin působí jako přírodní nemrznoucí směs a předpokládá se, že snižují bod mrznutí některých rostlinných buněk, což by mohlo omezit poškození způsobené mrazem. Produkty dostupné v zahraničí jako „AminoA Plus“ mají zabráňovat zmrznutí buněčné cytoplazmy u jahodníku, pokud se aplikují jako postřik na list, před mírným mrazem (–3 až –4 °C). Bylo také popsáno, že arginin a glycin hrají roli v ochraně rostlin před poškozením mrazem a snižují poškození způsobené abiotickým stresem. Wölfel a Noga (1998) uvádějí pozitivní ochranný účinek směsi α -tokoferolu a glycerolu na jabloních, přičemž tento poznatek je základem komerčního přípravku Frost Protect (Compo Company). Hołubowicz a kol. (2004) uvádí ochranný účinek postřiku HELP (směs vitamínů E, C a glycerolu) proti poškození poupatek, květů a plodů nízkou teplotou. Postřiky autoři aplikovali 24, 42 nebo 44 hodin před příchodem mrazů. Ošetření zvýšilo přežití květů a plodů o 6–36 % u broskvoní a 2–31 % u jabloní ve srovnání s kontrolními vzorky. Tato studie se však opírá pouze o laboratorní testy a není potvrzena v polních podmínkách. Většina těchto studií je založena především na laboratorních testech, případně jde o firemní prezentace, proto je třeba k těmto metodám přistupovat obezřetně.

11. Postřiky zvyšující pravděpodobnost vytvoření a udržení plodů

Jedná se o aplikaci látek, které nemají významný přímý vliv na mrazuvzdornost pletiva, ale mají schopnost prodloužit životnost a receptivitu květů, které nebyly letálně poškozeny mrazem, případně omezit opad květů a mladých plůdků v podmínkách probíhajícího stresu. První známou možností je aplikace giberelinů (GA_3 nebo GA_{4+7}), které při aplikaci v období kvetení obecně prodlužují životnost květů a receptivitu blizny a mají schopnost podpořit vytváření plodů i bez opylení. Tehdy se vytváří tzv. partenokarpické plody. Tento efekt je známý a je využíván u jaderovin (Vercammen a Gomand, 2011; Vercammen a kol, 2015). Gibereliny mohou být aplikovány před mrazem i po mrazu. Jejich metabolizace a účinnost jsou však závislé na průběhu teplot během aplikace i po ní (Tsipouridis a kol., 2006). Druhou látkou, která je známá pro svůj efekt snižování vnitřní koncentrace etylénu (stresového hormonu) v pletivech, je prohexadione-Ca (Regalis, Kudos ap.). Je využíván buď v období kvetení, pokud jsou květy zasaženy mrazovou událostí, nebo posléze v období nástupu přirozeného propadu plodů (2–3 týdny po odkvětu). Při jeho použití se omezuje propad květů, respektive již vytvářených plodů (Vercammen a Gomand, 2011; Vercammen a kol., 2015). Účinnost obou výše uvedených látek je velmi proměnlivá a závislá na mnoha vnějších i vnitřních faktorech. Mohou být tedy zařazeny jako součást komplexu různých ošetření, ale s velkou nejistotou účinku. U meruněk jsou efekty výše uvedených látek málo známy.

IV. Vlastní popis metodiky

Další části metodiky popisují postup **přípravy rostlinného materiálu**, metodiku vlastních **protimrazových experimentů** a následné **vyhodnocení účinků přípravků a doporučení**.

a) Odolnost generativních orgánů proti mrazu v různé fenofázi vývoje

1. Materiál

Rostlinný materiál byl odebíráný v průběhu předjarního a jarního období ze sadů VŠÚO Holovousy a Petra Buřila, Horní Beřkovic. Byly použity generativní orgány z jednoletých dormantních výhonů meruňky (*Prunus armeniaca* L. var. *armeniaca*) následujících odrůd: Betinka, Candela, Harcot, Harogem, Leskora a Sophinka. Výběr byl proveden tak, aby byla zastoupena hlavní produkční odrůda v ČR, Leskora, odolné Kanadské odrůdy Harcot, Harogem a perspektivní šlechtění z ČR, odrůdy Betinka, Candela a Sophinka.

2. Metoda

Z předchozích zkušeností a experimentů byly pro pokusy vybrány fenofáze vývoje generativního pupene s ohledem na zachycení celého rozsahu vývoje; od fenofáze počátku rašení pupene, růžového poupěte s lehce viditelnou špičkou korunních lístků po fenofázi plného květu. Pro měření krystalizační aktivity (teploty krystalizace) byly použity průměrně 20 cm dlouhé jednoleté výhony s generativními orgány v celkovém počtu průměrně 20 jedinců. Krystalizační aktivita byla u vzorků měřena tak, že byl rostlinný materiál umístěn na



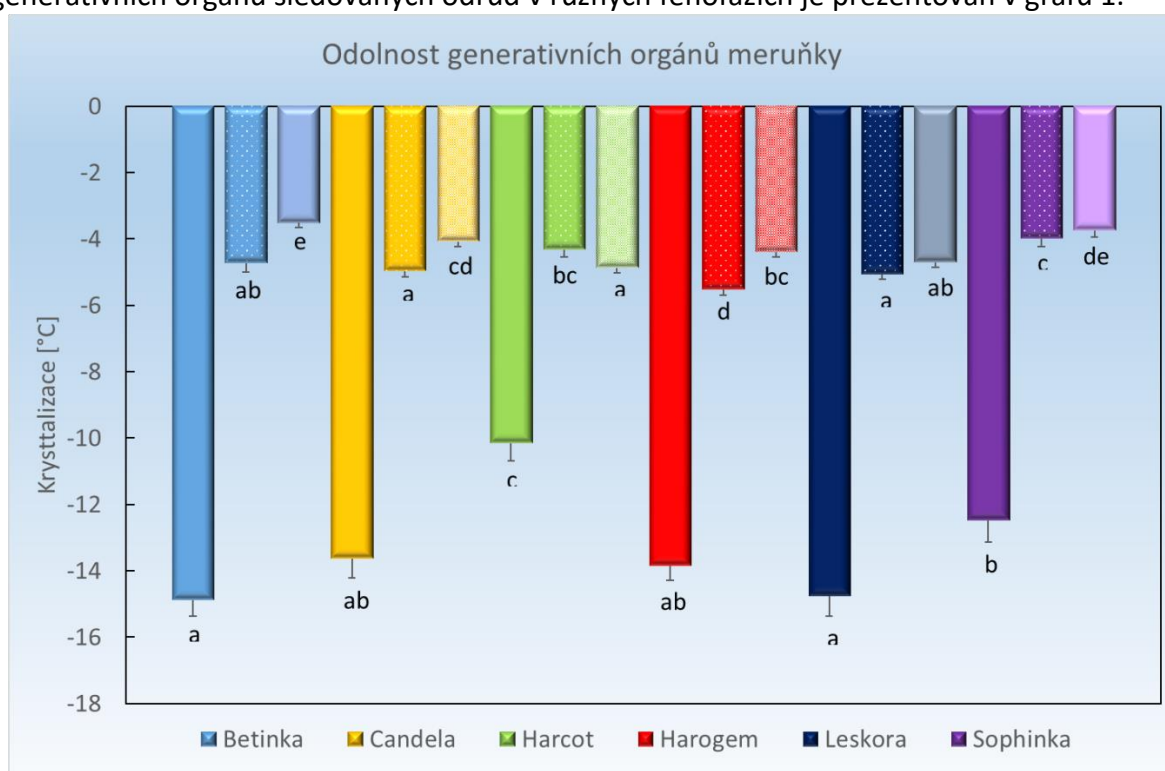
Obr. 16 Měření krystalizační aktivity generativních orgánů meruněk. Foto A. Bilavčík.

filtrační papír, který byl položen na měděnou podložku umístěnou v pultovém mrazicím boxu s počítačem řízeným regulátorem s poklesem teploty $0,5\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ (Obr. 16). Přesná teplota na měděné podložce byla kontrolně zaznamenávána pomocí digitálního teploměru. Bezprostředně po umístění rostlinného materiálu do mrazicího boxu bylo spuštěno infračervené snímání pomocí stacionární LWIR termovizní kamery Workswell WIC 640 s rozlišením 640x512px o vzorkovací frekvenci 30 fps. Záznam termokamery a následné

vyhodnocení bylo provedeno pomocí SW Workswell CorePlayer Beta. Naměřená data teploty krystalizace byla pomocí SW vizuálně odečtena a zpracována pomocí statistického software Statistica 7.0 (StatSoft).

3. Výsledky

V průběhu chlazení byla u výhonů s generativními pupeny ve fenofázi počátku rašení zaznamenána nejvyšší krystalizační aktivita u odrůdy Harcot (–10,2 °C). Následovaly odrůdy Sophinka (–12,5 °C), Candela (–13,6 °C), Hragrand (–13,9 °C), Leskora (–14,8 °C) a nejnižší krystalizační aktivitu měla odrůda Betinka s hodnotami ledové krystalizace –14,9 °C. V průběhu chlazení byla u větviček s generativními pupeny ve fenofázi růžového poupěte zaznamenána nejvyšší krystalizace u odrůdy Sophinka, –4,0 °C. Poté následovaly odrůdy Harcot (–4,3 °C), Betinka (–4,7 °C), Candela (–5,0 °C), Leskora (–5,1 °C) a nejnižší krystalizační aktivitu měla odrůda Harogem s hodnotami ledové krystalizace –5,5 °C. V průběhu chlazení byla u větviček s generativními pupeny ve fenofázi květu zaznamenána nejvyšší krystalizace u odrůdy Betinka, –3,5 °C. Poté následovaly odrůdy Sophinka (–3,8 °C), Candela (–4,1 °C), Harogem (–4,4 °C), Leskora (–4,7 °C) a nejnižší krystalizační aktivitu měla odrůda Harcot s hodnotami ledové krystalizace –4,9 °C. Souhrnný graf s hodnotami krystalizace generativních orgánů sledovaných odrůd v různých fenofázích je prezentován v grafu 1.



Graf 1 Odolnost generativních orgánů meruňky odrůd Betinka, Candela, Harcot, Harogem, Leskora a Sophinka proti mrazu. Fenofáze po trojicích zleva; rašení pupene, růžové poupě s lehce viditelnou špičkou korunních lístků a plného květu. Stejná písmena pod sloupci vyznačují varianty signifikantně se nelišící na hladině spolehlivosti $\alpha=0,05$ (Anova, LSD test).

4. Doporučení

Pro zvolení vhodného protimrazového opatření, především aktivního typu, je nutné znát mrazovou odolnost generativních orgánů meruňky v daném konkrétním období podle fenofáze ve které se tyto orgány vyskytují. V metodice jsou uvedeny a porovnány hodnoty ledové krystalizace generativních orgánů, korelujících s teplotou poškození daného orgánu, pro vybrané odrůdy meruňky ve třech fenofázích. V průměru byla ve fenofázi počátku rašení krystalizační teplota u testovaných odrůd –13,3 °C. Generativní orgány testovaných odrůd ve fenofázi růžového poupěte měly průměrnou krystalizační teplotu –4,8 °C a orgány ve

fenofázi plného květu $-4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. U odrůd meruněk je možné pozorovat různou odolnost k mrazovému poškození. Ta je především v ranějších stádiích fenologického vývoje větší a postupně s vývojem do květu klesá. Přesto je ze sledovaného sortimentu možné vybrat jako více odolné v květu odrůdy Harcot a Leskora.

b) Porovnání polní mrazuvzdornosti vybraných odrůd meruněk

1. Materiál

Pro experiment byly použity výsadby meruněk situované na Zahradnické fakultě v Lednici, MENDELU v Brně. Použité odrůdy jsou uvedeny v tabulce 1. V souboru jsou zastoupeny jak staré a krajové genotypy, tak zahraniční více nebo méně perspektivní či moderní odrůdy meruněk, s různou dobou kvetení i zrání. Výběr odrůd pro experimentální vyhodnocení byl proveden s přihlédnutím k původu, vlastnostem, významu a to tak, aby testovaný soubor poskytoval širokou variabilitu.

Tab. 1 Odrůdy použité v experimentu a jejich původ.

Genotyp	Původ	Genotyp	Původ
Meruňka na rychlení	krajový genotyp/ČR	Goldrich	odrůda/USA
Dovrtělova	krajový genotyp/ČR	Wondercot	odrůda/Francie
LE-6016	hybrid Lednice/ČR	Harow Joy	odrůda/Kanada
Velkopavlovická 12/2	standardní odrůda/ČR	Sai Mai Ti	odrůda/Čína
Eliška	odrůda/ČR	Hasanbey	odrůda/Turecko
Kompakta	odrůda/ČR	Pilevskij Krupnoplodyj	odrůda/Ukrajina
Doc. Blatný	krajový genotyp/ČR	Bobcot	odrůda/USA
Frostina	hybrid Lednice/ČR	Şekerpare	odrůda/Turecko
Bílé bláto	krajový genotyp/ČR	Hacihaliloglo	odrůda/Turecko
Družba	odrůda/Ukrajina	Farclo	odrůda/Francie

2. Metoda

Experiment probíhal v letech 2018–2021 na pozemcích ZF v Lednici. Ve vlastním hodnocení jsou zahrnuty roky 2018–2019, kdy se v lokalitě nevyskytovaly pozdní jarní mrazy, a roky 2020–2021, kdy byly porosty meruněk v Lednici významně zasaženy pozdními jarními mrazíky (Obr. 17). V tabulce 2 jsou uvedeny základní meteorologická data sledovaných let a lokality.

Tab. 2 Meteorologická data z let sledování (stanice Mendeum, Miroslav Vachůn, 2021).

Kritický měsíc sledování (teplota $^{\circ}\text{C}$ ve 2 m nad zemí)	Rok 2018	Rok 2019	Rok 2020	Rok 2021
Březen - průměrná min. teplota	-1,63	2,08	0,72	-1,18
Březen - průměrná max. teplota	7,83	14,24	12,35	10,27
Březen - nejnížší teplota v době kvetení	---	-1,70	-6,40	---
Duben - průměrná min. teplota	8,01	5,76	2,00	2,55
Duben - průměrná max. teplota	22,02	17,94	19,11	14,14
Duben - nejnížší teplota v době kvetení	0,0	---	---	-5,8
Březen - počet dní s teplotami pod 0°C	22	6	16	19
Duben - počet dní s teplotami pod 0°C	4	2	9	9



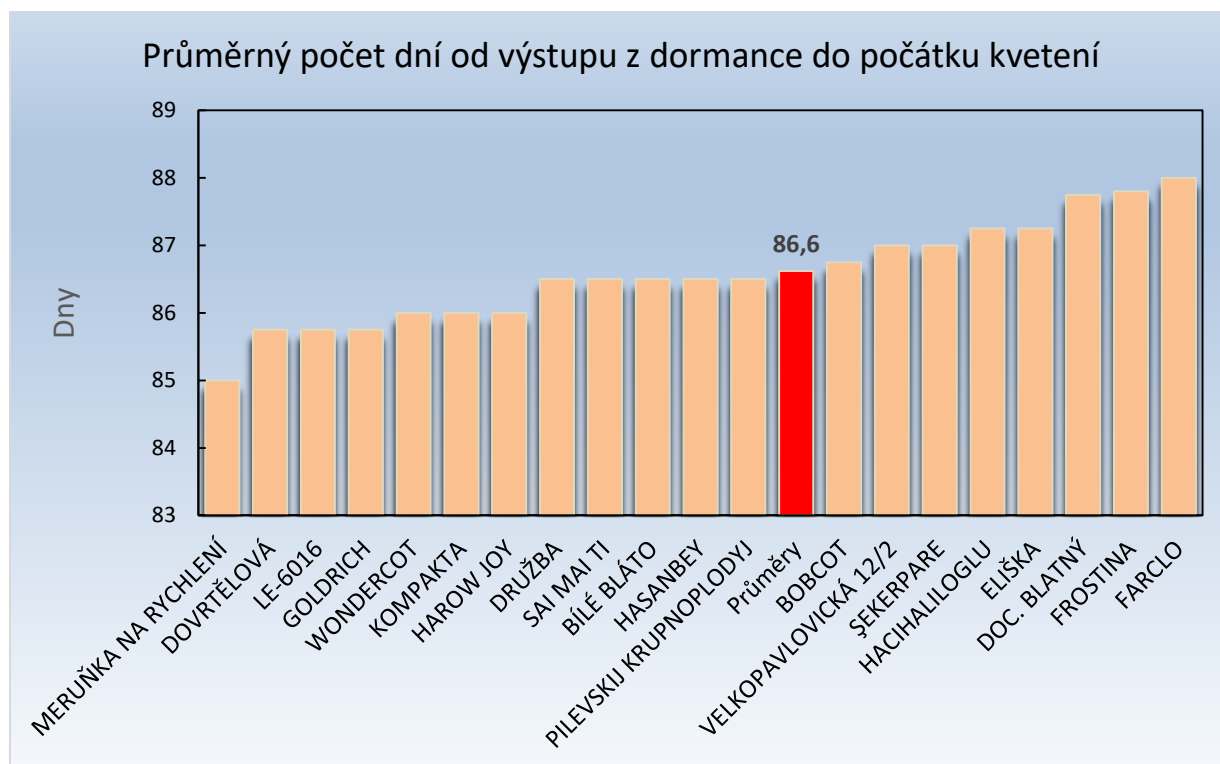
Obr. 17 Kvetoucí sad meruněk MENDELU, Lednice. Horní fotografie – nepoškozené květy. Dolní fotografie – mrazem poškozené květy. Foto T. Nečas.

Stanovení polní odolnosti odrůd k pozdním jarním mrazíkům bylo provedeno na základě rozdílu mezi intenzitou kvetení (bohatostí) a násadou plodů před „červnovým“ propadem plůdků na základě sledování v kritických mrazových letech. Pro hodnocení byly vybrány roky

2018–2019, ve kterých se v probíhající periodě kvetení nevyskytovaly záporné teploty a květy tak nemohly být poškozeny mrazem. Dále pak roky 2020–2021, ve kterých se v periodě kvetení vyskytovaly významné záporné teploty, které vedly v roce 2020 v lokalitě k 75% poškození květů u kvetoucích stromů a v roce 2021 přibližně k 35 % poškození květů u kvetoucích stromů. Bohatost kvetení byla hodnocena bodovou stupnicí podle deskriptoru pro genové zdroje merunek (Nitranský a kol., 1992) takto: bohatost kvetení 1 – velmi slabá (žádné až max. jednotky květů), 3 – slabá, 5 – střední, 7 – silná, 9 – velmi silná. Pro hodnocení násady plodů před letním propadem plůdků (přirozená autoregulační schopnost snižování nadměrné násady plodů u některých peckovin) byl navrhnut stejný bodový systém tak, aby obě stupnice byly navzájem srovnatelné a výsledky kompatibilní. Hodnocení násady plodů 1 – velmi slabá (žádné až max. jednotky plodů), 3 – slabá, 5 – střední, 7 – silná, 9 - maximální. Vzhledem ke skutečnosti, že experimentální stromy se nacházejí uprostřed pěstitelských ploch merunek s více než 450 různými genotypy, součástí ploch je včelnice s 15 včelstvy, pro podporu opylení se používají dále i čmeláci, je vliv opylovacích poměrů na výsledky hodnocení násady plodů nulový. Ve všech sledovaných letech byly podmínky pro opylování srovnatelné.

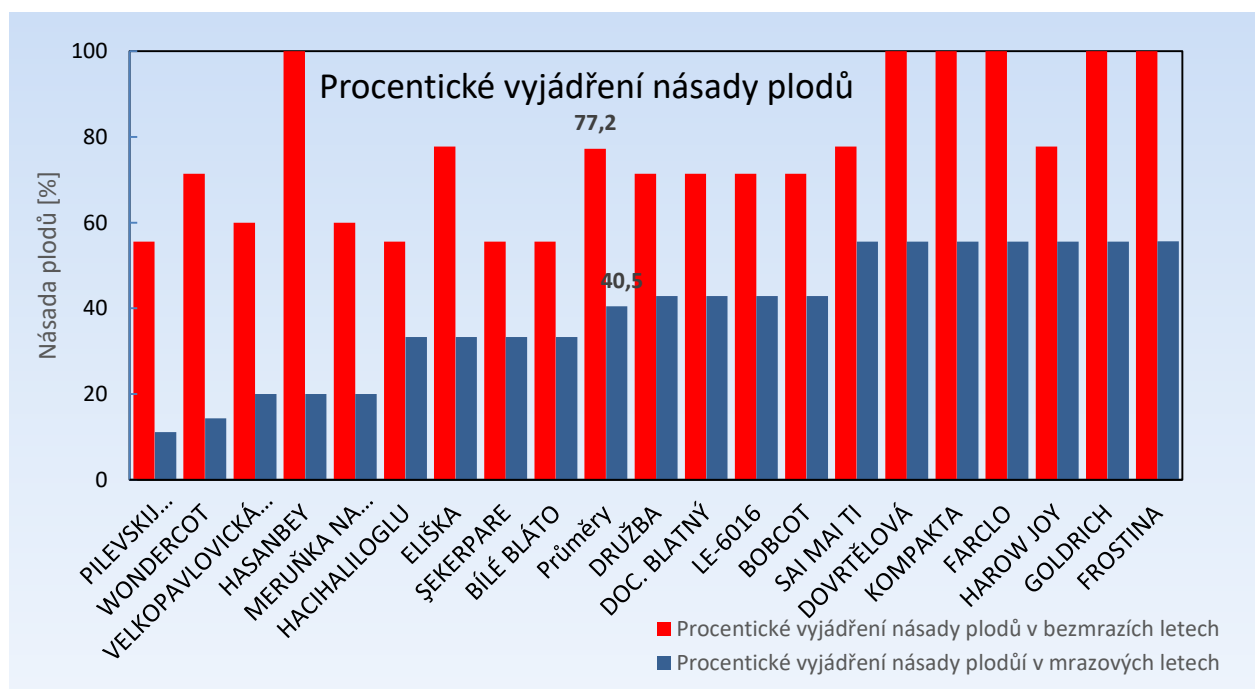
3. Výsledky

Z výsledků je patrné, že v souboru 20 vybraných genotypů merunek pěstovaných v kolekci na ZF v Lednici byl pozorován rozdíl v počátku doby kvetení cca 3 dny v letech 2018–2021, viz graf 2. Z hodnocení širší genofondové kolekce (nepublikováno) pak vyplývá, že rozdíl v kvetení v jednotlivých letech může dosahovat intervalu 3–7 dní v závislosti na průběhu počasí v průběhu zimy a jarního období do periody kvetení. Vliv na dobu kvetení má kromě průběhu teplot i sluneční záření, použitá podnož (čím později rašící podnož tím lépe), vlastní odrůda a množství vláhy v půdě (suché jaro oddaluje mírně dobu kvetení).



Graf 2 Průměrné rozdíly mezi odrůdami v době kvetení (počítáno jako počet dní od výstupu z dormance do počátku kvetení) za sledované období (2018–2021).

V polním experimentu s hodnocením odolnosti k pozdním mrazům na základě násady plodů v mrazových letech vyplývá, že odrůdy Sai mai ti, Kompakta, Farclo, Harow joy, Goldrich a Frostina, stejně jako genotyp Dovrtělova vykazují jistou formu odolnosti vůči pozdním jarním mrazům. Naproti tomu jedna z nejraněji zrajících odrůd a současně moderní ve světě uplatňovaná odrůda Wondercot vykazuje relativně vysokou citlivost v době kvetení k mrazům. Podobně dopadly odrůdy tzv. bílých meruněk (white apricot) původem z Turecka vhodné k sušení a některé další zahraniční a krajové genotypy včetně kontrolní odrůdy Velkopavlovická, viz Graf 3.



Graf 3 Porovnání násady plodů v letech 2018–2019 v období bez výskytu pozdních jarních mrazíků v periodě kvetení meruněk a v letech 2020–2021 v období výskytu pozdních jarních mrazíků v periodě kvetení.

4. Doporučení

Jak již bylo výše uvedeno, je nezbytné před vlastní volbou odrůdy znát velmi dobře klimatické ukazatele stanoviště zamýšlené výsadby a nevysazovat zejména náročnější odrůdy do neznámých či rizikových lokalit. V České republice jako v zemi, kde poškozování květních pupenů a květů meruněk pozdními jarními mrazy probíhá již od doby počátků pěstování meruněk v 16. století, je volba vhodné odrůdy po stanovišti druhým kritickým faktorem jejich úspěšného pěstování. Volba odrůdy je také kritická zejména v současné době probíhajících klimatických změn, kdy je pěstování meruněk daleko více postiženo klimatickými výkyvy, ale také paradoxně kontinuálním oteplováním, přičemž v některých teplých letech, respektive zimách, může být suma chladových teplot (tzv. „chilling requirement“) potřebná k vykvetení stromů pro některé odrůdy jen obtížně dosažitelná. V takových letech se pak projevují problémy s kvetením zejména u některých starších osvědčených odrůd právě s vyšším požadavkem na období chladu (např. odrůda Velkopavlovická a příbuzné odrůdy). Z toho tedy vyplývá, že více než kdy jindy je potřebné vysazovat odzkoušené odrůdy, o kterých jsou informace o kvetení případně o požadavku na chlad dostupné, a které jsou ideálně v podmínkách ČR odzkoušeny. Tyto informace bývají často k dispozici u firem, které výpěstky

meruněk nabízejí, a proto je vhodné pro komerční výsadby meruněk odrůdový sortiment konzultovat s producentem stromků. Bohužel mechanismus mrazuvzdornosti a rozdílné doby dormance-vykvétání mnohých odrůd a genotypů není doposud plně objasněn. Faktorů, které tyto důležité znaky ovlivňují je při vzájemných interakcích s prostředím příliš mnoho na to, aby tyto jevy byly v blízké době využitelně objasněny. Nadále je proto nejjistější metodou ověřování vhodných odrůd pro pěstování a jejich selekce při vzájemné konfrontaci s pěstitelským prostředím v požadovaných podmínkách. Z našich hodnocení jak v tomto experimentu, tak z dlouhodobých pozorování vyplývá, že poměrně vyšší polní odolnost k poškození mrazem mají odrůdy Goldrich, Harow Joy, Harow Star, Eliška, Poljus Južnyj a genotypy Trunečka, Dovrtělova. Z nových a perspektivních hybridů pak vyšší odolnost vykazují odrůdy Tsunami®, Bergarouge®, Bora®, Mediabel® a Perlecot®.

c) Postřiky pro oddálení rašení a kvetení

1. Materiál

Experiment probíhal v letech 2019–2021 ve výsadbách Výzkumného a šlechtitelského ústavu ovocnářského v Holovousích. Pokusy byly realizovány v mladém dvouletém, respektive tříletém porostu odrůdy Darina naštěpované na meruňkovém semenáči M-HL-1. Byly používány účinné látky za účelem testování jejich schopnosti oddálit nástup fenofáze kvetení. Testovány byly podzimní aplikace látek: etefon (ETH), kyselina abscisová (ABA), kyselina 1–mýnocyklopropan–1–karboxylová (ACC) a ty byly doplněny zimním kompletním nátěrem latexovou barvou (LAT) a v druhé testovací sezóně předjarní aplikací sójového oleje (SOY). Při aplikacích látek fytohormonální povahy bylo přidáváno smáčedlo Silwet Star v 0,15% koncentraci, při aplikaci sójového oleje pak v 0,6% koncentraci. Při nátěru latexem nebylo smáčedlo používáno.

2. Metoda

Experiment 1 (2019–2020): V prvním roce byly aplikovány varianty uvedené v tabulce 3. Podzimní aplikace byly uskutečněny v období, kdy docházelo k žloutnutí prvních listů. Roztok byl aplikován do bodu skanutí v poledních hodinách při slunečném počasí a teplotě 20 °C. Každá varianta byla individuálním ošetřením jedinou látkou a jediným zásahem. Zařazena byla kontrolní varianta bez ošetření (K). V jarním období pak byl sledován nástup fenofáze kvetení a ten byl periodicky zaznamenáván. Hodnoceno bylo procento otevřených květů vůči celkovému množství květů na stromě. Jelikož byly použity mladé dvouleté výpěstky, jednalo se v podstatě o hodnocení vývoje rozkvétání na jednoletém dřevě. Každá varianta sestávala ze tří ošetřených stromů, jež byly hodnoceny individuálně. Výsledné hodnoty byly průměrem pozorovaných hodnot.

Tab. 3 Varianty ošetření, včetně použité koncentrace a termínu aplikace v Experimentu 1.

Varianta	Koncentrace [ppm]	Termíny aplikací
K	–	–
ETH 100	100	14. 10. 2019
ABA 1000	1000	14. 10. 2019
ACC 100	100	14. 10. 2019
ACC 1000	1000	14. 10. 2019
LAT	50 (%)	14. 2. 2020

Experiment 2 (2020–2021): V druhém roce byly aplikovány dvě základní látky etefon (ETH) a kyselina 1-aminocyklopropan–1-karboxylová (ACC). Tyto aplikace pak byly v podvariantách doplněny zimním nátěrem celého stromu 50% roztokem latexu (LAT) nebo navíc ještě předjarním dvojnásobným postřikem 8% sójovým olejem (SOY). Byla zařazena i samotná dvojí aplikace sójového oleje bez kombinace s dalšími ošetřeními. Přehled variant uvádí tabulka 4. Podzimní aplikace byla uskutečněna v období, kdy docházelo k žloutnutí zhruba 10 % listů. Roztok byl aplikován do bodu skanutí při slunečném počasí s mírným oparem a při teplotě 16°C. Nátěr latexem byl oproti předchozímu roku proveden již v prosinci. Předjarní postřiky sójovým olejem byly vždy aplikovány na suchý povrch stromů a rovněž dle předpovědi tak, aby minimálně 24 hodin po aplikaci nepřišel déšť. V jarním období pak byl sledován nástup fenofáze kvetení (Obr. 18) a ten byl periodicky zaznamenáván. Každá varianta sestávala ze tří ošetřených stromů. Hodnocení bylo stejné jako v případě experimentu 1.



Obr. 18 Meruška - fenofáze kvetení. Foto A. Bilavčík.

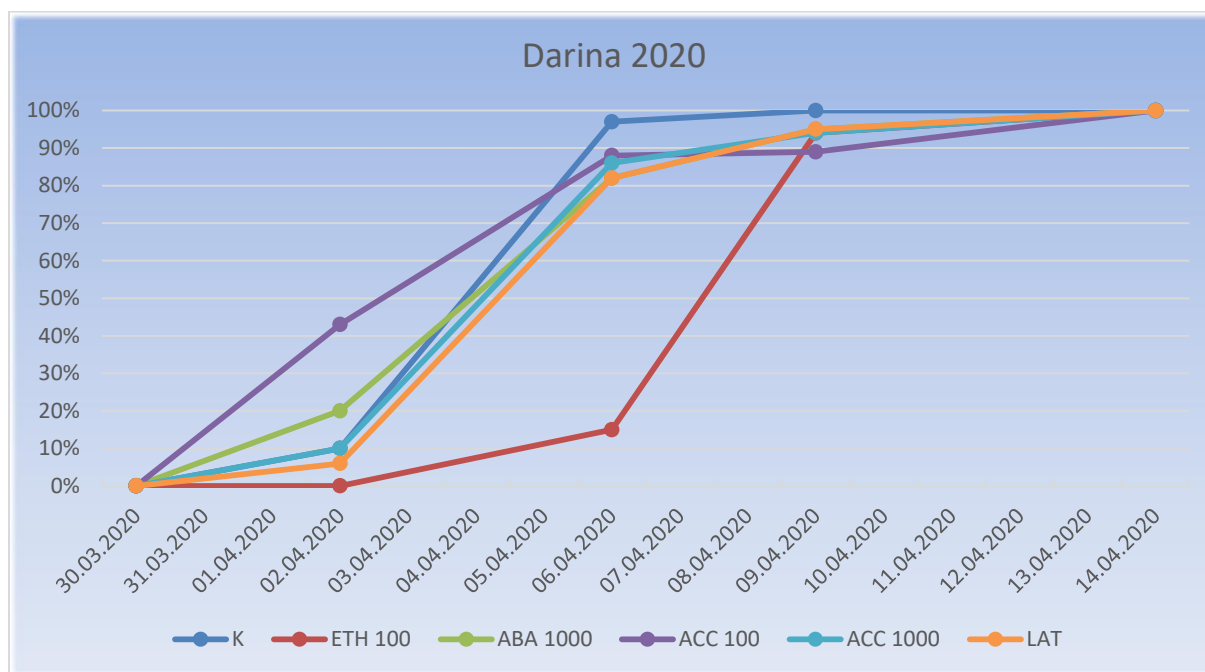
Tab. 4 Varianty ošetření, včetně použitých koncentrací a termínů aplikací v Experimentu 2.

Varianta	Koncentrace [ppm] + [%]	Termíny aplikací
K	–	–
ETH	100	22. 10. 2020
ETH+LAT	100+50%	22. 10. 2020+20. 12. 2020
ETH+LAT+SOY	100+50%+8%	22. 10. 2020+20. 12. 2020+24. 2. 2021+12. 3. 2021
SOY	8%	24. 2. 2021+12. 3. 2021
ACC	2000	22. 10. 2020
ACC+LAT	2000+50%	22. 10. 2020+20. 12. 2020
ACC+LAT+SOY	2000+50%+8%	22. 10. 2020+20. 12. 2020+24. 2. 2021+12. 3. 2021

3. Výsledky

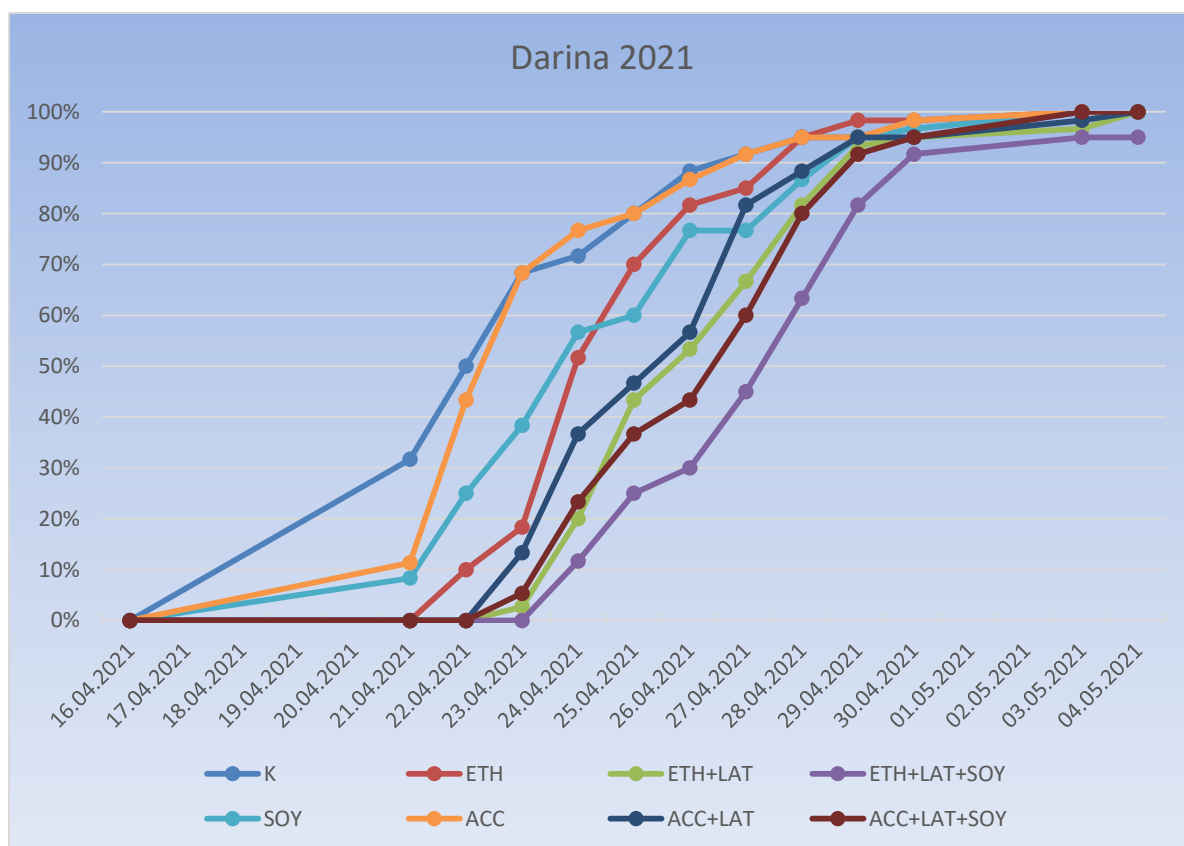
Experiment 1. Křivky znázorňující průběh nakvétání v jednotlivých variantách jsou znázorněny v grafu 4. Z výsledků je patrné, že etefon (ETH) v použité koncentraci prokázal efektivitu. Pokud se bude uvažovat termín zhruba 60 % květů nakvetlých jako vhodný pro porovnání rozdílů, je vidět, že varianta ETH posunula dobu kvetení zhruba o 3 dny oproti

kontrola. Ostatní varianty ukázaly v podstatě shodný průběh jako kontrola, kdy však varianta ACC 100 ukázala i mírně rychlejší nástup kvetení. Na etefonem ošetřených stromech byl v období po odkvětu pozorován klejotok. V následujících týdnech a měsících však nebyl pozorován žádný negativní vliv na zdravotní stav ošetřených stromů, které měly stejnou vitalitu jako kontrolní nebo jinak ošetřené stromy. Nebyly pozorovány žádné rozdíly v násadě plodů.



Graf 4 Průběh nakvétání odrůdy Darina v jednotlivých variantách na jaře roku 2020. Jednotlivé křivky znázorňují procento otevřených květů vůči celkovému počtu květů na stromě.

Experiment 2. Křivky znázorňující průběh nakvétání v jednotlivých variantách jsou uvedeny v grafu 5. Z výsledků je patrné, že oproti předchozímu roku byla všechna ošetření mimo samotného postřiku ACC více nebo méně efektivní. Nejsilnější efekt byl zaznamenán u varianty kombinující postřik etefonem nátěr latexem a postřik sójovým olejem, kdy posun v termínu 60 % otevřených květů byl zhruba 5 dní. Použití samotného etefonu nebo samotného sójového oleje vedlo kcca dvoudennímu zpoždění nakvétání. Varianty kombinující více ošetření dohromady byly obecně účinnější. Na etefonem ošetřených stromech i v kombinaci s dalšími ošetřeními latexem nebo sójovým olejem nebyl pozorován klejotok na žádném ze sledovaných stromů ani nebyl pozorován žádný negativní vliv na zdravotní stav ošetřených stromů. Stejně tomu bylo i u ostatních variant. V násadě plodů nebyly pozorovány žádné rozdíly.



Graf 5 Průběh nakvétání odrůdy Darina v jednotlivých variantách na jaře roku 2021. Jednotlivé křivky znázorňují procento otevřených květů vůči celkovému počtu květů na stromě.

4. Doporučení

Výsledky z obou pokusných let ukazují, že samotná aplikace etefonu v koncentraci 100 ppm má schopnost oddálit nástup a průběh kvetení. Nicméně posunutí v prvním roce o zhruba 3 dny a v druhém zhruba o 2 dny nepřináší významnou výhodu, navíc v jednom z pokusných let byl pozorován následný klejotok. Ten nemusí být významným problémem a může být jen neškodnou fyziologickou odezvou, ale při obecně problematickém pěstování merunek v okrajových oblastech nelze tento negativní vliv podceňovat. Ověření jeho významnosti si ovšem žádá dlouhodobější zkoušení.

Kyselina abscisová ani kyselina 1-aminocyklopropan-1-karboxylová neprokázaly při samotné aplikaci požadovanou efektivitu a nejeví se tak pro podzimní ošetření jako perspektivní. Použití samotného sójového oleje v druhém experimentálním roce ukázalo mírné dvoudenní zpoždění, které je však z praktického hlediska opět jen málo významné.

Kombinace ošetření látkou fytohormonální povahy doplněná o nástrík bílou barvou a jarní aplikaci sójového oleje dokázala zvýšit efektivitu, avšak z praktického hlediska jsou náklady na takovát ošetření již poměrně vysoké. Zásadní praktickou otázkou také zůstává, jak zajistit finančně nenáročnou aplikaci latexu nebo podobně bílé látky, tak aby bylo ošetření lehce proveditelné např. postřikovačem, trvanlivé a šetrné k rostlinám a životnímu prostředí.

Praktické doporučení je nepřeceňovat možnosti ošetření potenciálně zpomalujících kvetení. Kombinace etefonu, bílých nástriků a jarního ošetření oleji by mohla při zvládnutí levné aplikace přispět ke komplexu ochranných protimrazových opatření, nicméně její minimálně pětileté ověřování v provozních podmínkách by bylo nutné k vyloučení potenciálně negativních dopadů a k ověření rentability.

d) Protimrazové postřiky

1. Materiál

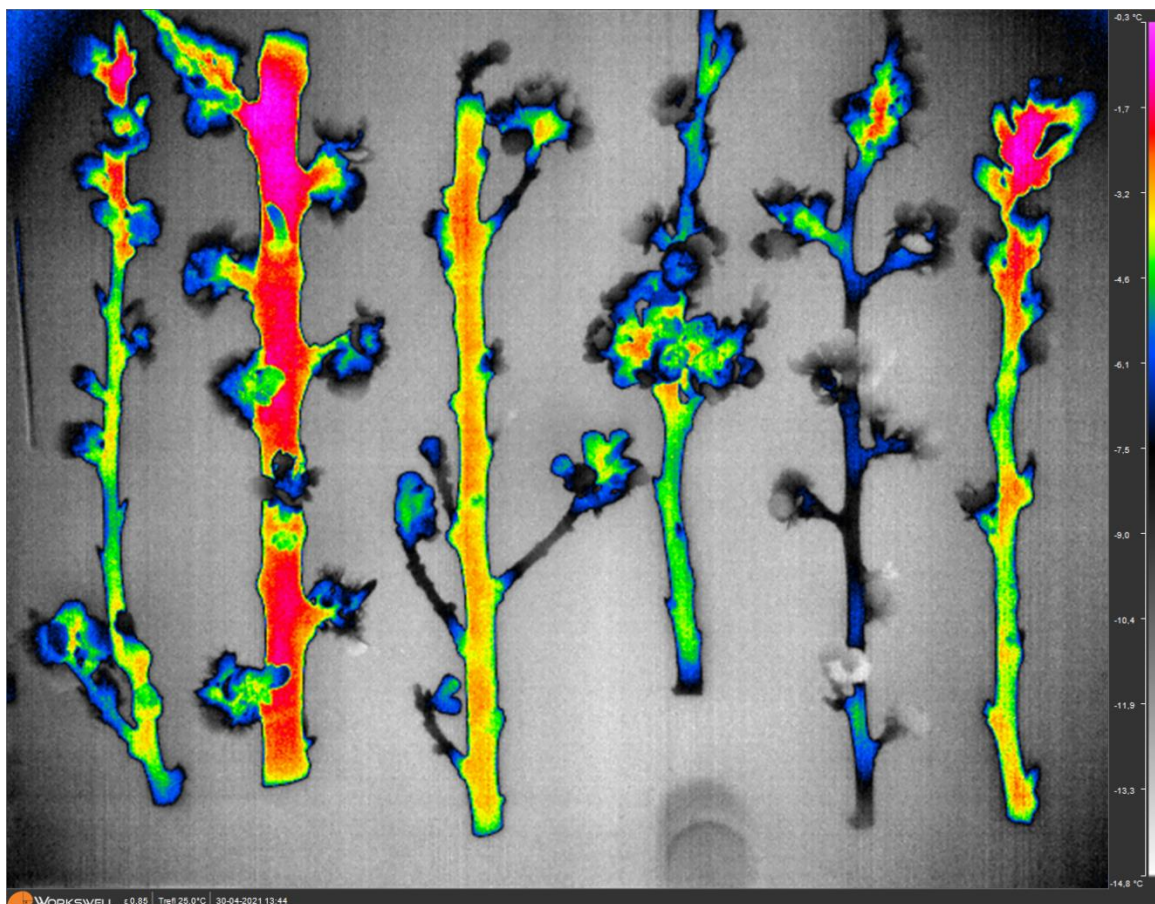
Rostlinný materiál byl odebírán v průběhu jarního období ze sadů VŠÚO Holovousy a Petra Buřila, Horní Beřkovice. Byly použity generativní orgány z jednoletých dormantních výhonů meruňky (*Prunus armeniaca* L. var. *armeniaca*) odrůdy Leskora. Výběr této odrůdy byl proveden vzhledem k tomu, že se jedná o nejrozšířenější produkční odrůdu zastoupenou v ČR.

2. Metoda

Pro protimrazové ochranné postřiky byly navrženy a použity následující vodné roztoky: GT (50 g l⁻¹ glycerol, 2,5 g l⁻¹ α-tokoferol), GTB (50 g l⁻¹ glycerol, 2,5 g l⁻¹ α-tokoferol, 5 g l⁻¹ kyselina boritá), GTB (50 g l⁻¹ glycerol, 2,5 g l⁻¹ α-tokoferol, 5 g l⁻¹ kyselina boritá), GTBCMC (50 g l⁻¹ glycerol, 2,5 g l⁻¹ α-tokoferol, 5 g l⁻¹ kyselina boritá, 5 g l⁻¹ karboxymethylcelulóza), GTBKAO (50 g l⁻¹ glycerol, 2,5 g l⁻¹ α-tokoferol, 5 g l⁻¹ kyselina boritá, 60 g l⁻¹ kaolin), GKCI (50 g l⁻¹ glycerol, 10 g l⁻¹ KCl) a kontrolní vzorek H₂O (vodovodní voda). U všech roztoků kromě kontroly bylo přidáno smáčedlo Velocity (1 ml l⁻¹). Ukázka aplikovaného postřiku GTBKAO je na Obr. 19. Po přibližně 24hodinovém ponechání působení postřiku byly tři sady květů po 10 kusech odlomeny z výhonu a byla změřena jejich krystalizační aktivita. Krystalizační aktivita byla u vzorků měřena tak, že byl rostlinný materiál umístěn na filtrační papír, který byl položen na měděnou podložku umístěnou v pultovém mrazicím boxu s počítačem řízeným regulátorem s poklesem teploty 0,5 °C min⁻¹. Přesná teplota na měděné podložce byla kontrolně zaznamenávána pomocí digitálního teploměru. Bezprostředně po umístění rostlinného materiálu do mrazicího boxu bylo spuštěno infračervené snímání pomocí stacionární LWIR termovizní kamery Workswell WIC 640 s rozlišením 640x512px o vzorkovací frekvenci 30 fps. Záznam termokamery a následné vyhodnocení bylo provedeno pomocí SW Workswell CorePlayer Beta (viz Obr. 20). Naměřená data, teploty krystalizace, byla pomocí SW vizuálně odečtena a zpracována pomocí statistického software Statistica 7.0 (StatSoft).



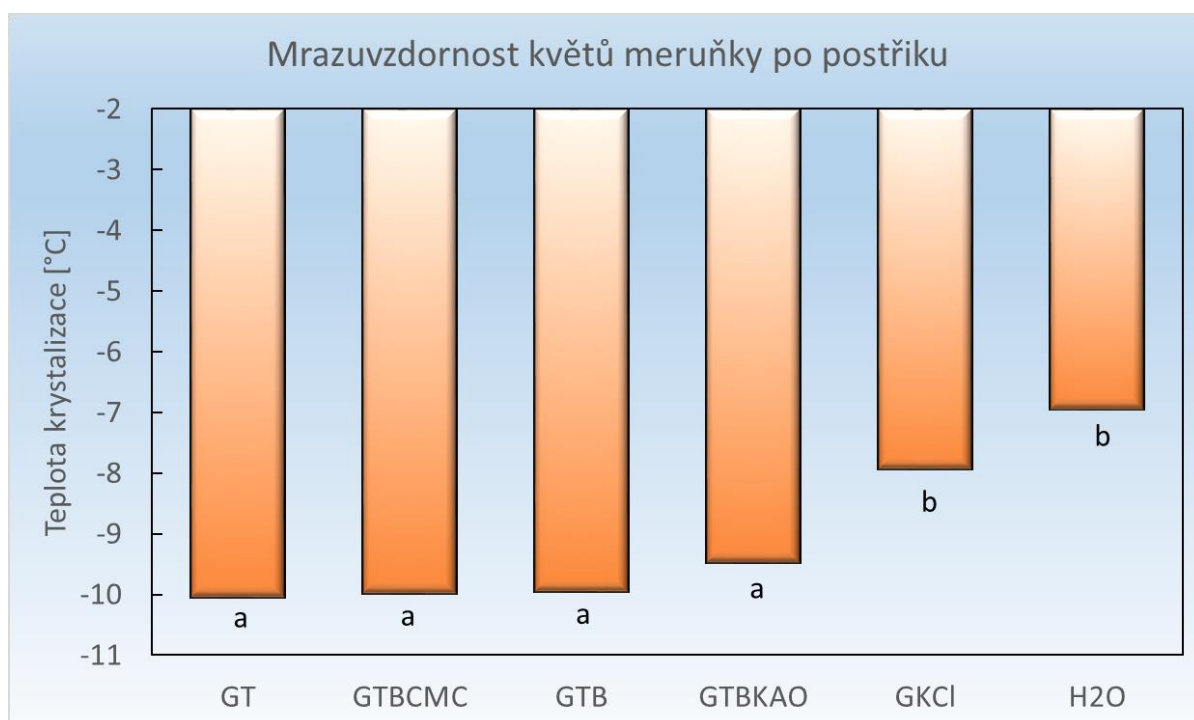
Obr. 19 Meruňka po aplikaci postřiku s kaolinem. Foto A. Bilavčík.



Obr. 20 Snímek termografického videozáznamu měření ledové krystalizace kvetoucích výhonů meruňky. Rychlost mrznutí: $0,5 \text{ } ^\circ\text{C min}^{-1}$. Infračerveně snímáno pomocí stacionární LWIR termovizní kamery Workswell WIC 640. Foto A. Bilavčík.

3. Výsledky

Průměrná ledová krystalizační aktivita u oddělených kontrolních květů meruňky postříkaných H_2O byla $-7,0 \text{ } ^\circ\text{C}$. U ochranných protimrazových postřiků byla dosažena následující průměrná ledová krystalizační aktivita: $-7,9 \text{ } ^\circ\text{C}$ u GKCI, $-9,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ u GTBKAO, $-10,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ u GTB, $-10,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ u GTBCMC a $-10,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ u GT. Statisticky signifikantně zhodnocené výsledky ledové krystalizace u květů po aplikaci jednotlivých ochranných postřiků jsou v grafu 6.



Graf 6 Mrazuvzdornost, teplota krystalizace, oddělených květů meruňky po protimrazovém postřiku: GT (glycerol, α -tokoferol), GTB (glycerol, α -tokoferol, kys. boritá), GTB (glycerol, α -tokoferol, kys. boritá), GTBCMC (glycerol, α -tokoferol, kys. boritá, karboxymethylcelulóza), GTBKAO (glycerol, α -tokoferol, kys. boritá, kaolin), GKCI (glycerol, KCl), a kontrolní vzorek H₂O. Stejné indexy pod sloupci vyznačují varianty signifikantně se nelišící na hladině spolehlivosti $\alpha=0,05$ (Anova, LSD test).

4. Doporučení

Na oddělených květech meruňky byly otestovány ochranné protimrazové postřiky na bázi kryoprotektivních složek. Postřiky na bázi glycerolu a kyseliny borité vykazovaly zvýšení odolnosti květů meruňky proti mrazu. Uvedené výsledky budou na pracovišti VÚRV, v.v.i. v součinnosti se spolupracujícími institucemi využity v dalším studiu protimrazové ochrany meruněk s cílem ověřit dané postřiky ve venkovních podmínkách a poskytnout tuto technologii zemědělské praxi.

Na základě znalostí získaných předchozími experimenty a publikovanými výsledky v původních sděleních o mrazové odolnosti a vlivu ošetření generativních orgánů meruňky před výskytem jarních mrazíků byla vypracována tato metodika, která usnadní rozhodování sadyře, který přístup, případně kombinaci těchto přístupů, k ochraně kvetoucích meruněk před jarními mrazíky použít.

V. Srovnání novosti postupů

Navržená metodika přináší nový postup, který popisuje aktivní i pasivní postupy snížení či eliminace poškození generativních orgánů meruněk jarními mrazíky. Uvedená metodika umožní uživatelům z široké ovocnářské praxe efektivně se rozhodnout pro optimální typ protimrazové ochrany meruňkových sadů v jarním období. V České republice doposud nebyl podobný komplexní metodický postup snížení či eliminace poškození generativních orgánů meruněk jarními mrazíky publikován.

VI. Popis uplatnění metodiky

Uživatelem této metodiky bude širší ovocnářská veřejnost, a to prostřednictvím Ovocnářské unie České republiky, z. s., Holovousy 1, 508 01. Tato metodika umožní efektivní zavedení protimrazových opatření při ochraně meruňky v době květu.

VII. Ekonomické aspekty

Metodika uvádí doporučující postupy pro snižování či eliminaci mrazového poškození kvetoucích sadů meruněk. S aplikací konkrétních postupů v ní uvedených souvisí její rentabilita a ekonomické přínosy. Při výskytu jarních mrazíků, se ekonomické přínosy využití uvedených postupů a nových typů protimrazové ochrany odvíjí od stupně a rozsahu poškození kvetoucích porostů. V roce 2020 došlo vzhledem k mrazovému poškození ke snížení sklizně meruněk oproti předchozímu roku o dvě třetiny (z 2109 t v roce 2019 na 471 t v roce 2020). Pokud budeme ve střízlivém odhadu uvažovat o 10% snížení ztrát díky aplikaci opatření uvedených v metodice, je možné odhadovat objem zachráněné produkce na řádově 164 t. Při kalkulaci průměrné ceny 40 Kč za 1 kg meruněk je odhadovaný přínos v ceně ovoce přibližně 6,5 mil. Kč. Náklady na konkrétní protimrazová opatření se liší podle typu: v rozsahu 100 tis. Kč/ha u protimrazových svící, které patří mezi nejvíce nákladné, v řádech statisíců při použití vrtulníků na plochu až desítek hektarů, generátory mlhy stojí přibližně 120–150 tis. Kč s možností jejich vození na traktoru v sadu do rozlohy 3 ha, po generátory tepla typu Forstguard/Frostbuster s cenou provozu od 65 tis. Kč/ha. O finančním přínosu aplikace konkrétních protimrazových opatření však budou rozhodovat aktuální podmínky v daném sadu, především však rozsah poklesu teploty. Jedním z dalších přínosů práce na této metodice je rozvoj spolupráce mezi autorskými pracovišti, který bude dále pokračovat v řešení problematiky ochrany meruněk proti jarním mrazíkům a testovat nové způsoby protimrazové ochrany.

VIII. Seznam použité související literatury

- Alhamid J, Mo C, Zhang X, Wang P, Whiting M, Zhang Q, 2018. Cellulose nanocrystals reduce cold damage to reproductive buds in fruit crops. *Biosystemsengineering*. 172, 124-133.
- Anderson JA, 2012. Does FreezePruf Topical Spray Increase Plant Resistance to Freezing Stress? *HortTechnology*. 22(4), 542-546.
- Amet, 2021. AMET - sdružení Litschmann & Suchý. Výpočet teplot pro řízení protimrazové ochrany. [online]. 2. 12. 2021 [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <http://www.amet.cz/vlhkateplota.html>
- Apogee, 2020. Leaf and bud temperature sensor. Model SF-110. Rev:28-Oct-2020. Apogee Instruments, Inc. [online]. 2. 12. 2021 [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <https://www.apogeeinstruments.com/content/SF-110-manual.pdf>
- Agro frost, 2021a. Frost alarm. [online]. 2. 12. 2021 [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: http://www.agro frost.eu/wpcontent/uploads/2018/11/Alarm_EN_2018_web_min.pdf
- Agro frost, 2021b. The Frostbuster [online]. 2. 12. 2021 [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <http://www.agro frost.eu/frostbuster/>
- Bilavčík A, Zámečník J, Grospietsch M, Faltus M, Jadrná P, 2012 Dormancy development during cold hardening of in vitro cultured *Malus domestica* Borkh. plants in relation to their frost resistance and cryotolerance. *Trees*. 26(4), 1181-92.
- Buchtová I, 2020 Situační a výhledová zpráva Ovoce 12/2020. Ministerstvo zemědělství, Praha, https://eagri.cz/public/web/file/666701/SVZ_Ovoce_12_2020.pdf
- Centinari M, Smith MS, Londo JP, 2016. Assessment of freeze injury of grapevine green tissues in response to cultivars and a cryoprotectant product. *HortScience*, 51(7), 856-860.
- 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.
- Deyton DE, Sams CE, Cummins JC, 2010. Effect of abscisic acid and soybean oil on delay of peach flowering. *Acta Hort.* 884, 449-453.
- Francko DA, Wilson KG, Li QQ, Equiza MA, 2011. A topical spray to enhance plant resistance to cold injury and mortality. *HortTechnology*. 21, 109–118.
- Fuller MP, Hamed F, Wisniewski M, Glenn DM, 2003. Protection of plants from frost using hydrophobic particle film and acrylic polymer. *Annals of applied biology*. 143(1), 93-98.
- Hołubowicz T, Basak A, Pacholak E, 2004. Effectiveness of HELP application on the protection of fruit plant flowers against frost. *Folia Hort. Ann.* 16(2), 65-69.
- Chalker-Scott L, 1992. Disruption of an ice-nucleation barrier in cold hardy Azalea buds by sublethal heat stress. *Annals of Botany*. 70(5), 409-18.
- Kaska N, 1978. Delaying of flowering in apricots by ethephon and abscisic acid. *Acta Hort.* 80, 219-224.
- Keller JD, Loescher WH, 1989. Nonstructural carbohydrate partitioning in perennial parts of sweet cherry. *J Amer Soc Hort Sci*, 114, 969-975.
- Klement Z, Rozsnyay DS, Báló E, Pánczél M, Prileszky G, 1984. The effect of cold on development of bacterial canker in apricot trees infected with *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. *Physiological plant pathology*. 24(2), 237-46.
- Laňar L, Scháňková K, 2021a. Protimrazová závlaha: principy a praktické používání – I. Díl. *Zahradnictví*. 3, 31-33.
- Laňar L, Scháňková K, 2021b. Protimrazová závlaha: principy a praktické používání – II. Díl. *Zahradnictví*. 4, 50-53.

- Min K, Showman L, Perera A, Arora R, 2018. Salicylic acid-induced freezing tolerance in spinach (*Spinacia oleracea* L.) leaves explored through metabolite profiling. *Environmental and Experimental Botany*. 156, 214-227.
- Myers R, Deyton D, Sams C, 1996. Applying soybean oil to dormant peach trees alters internal atmosphere, reduces respiration, delays bloom, and thins flower buds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(1), 96-100.
- Nitranský Š, 1992. Klasifikátor pro rod *P. armeniaca* Mill. VÚRV Praha, 29.
- Pakkish Z, Tabatabaieia MS, 2016. The use and mechanism of NO to prevent frost damage to flower of apricot. *Scientia horticulturae*. 198, 318-325.
- 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 Hort.* 395, 193-200.
- Palonen P, 1999. Relationship of seasonal changes in carbohydrates and cold hardiness in canes and buds of three red raspberry cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 124(5), 507-13.
- Parker ML, Clark MB, Campbell C, 2012. Absciscic acid applications in peach. *Acta Hort.* 962, 403-409.
- Proebsting EL, Mills HH, 1978. Low temperature resistance of developing flower buds of six deciduous fruit species. *Journal of the American Society Horticultural Science*. 103, 192-198.
- Sakai A, Larcher W, 1987. Frost survival of plants. New York NY: Springer-Verlag. 1-20.
- Snyder RL, Melo-Abreu JD, 2005. Frost protection: fundamentals, practice and economics. Volume 1. Frost protection: fundamentals, practice and economics. 1, 1-240.
- Tsipouridis C, Thomidis T, Xatzicharis I, 2006. Effect of sprinkler irrigation system on air temperatures and use of chemicals to protect cherry and peach trees from early spring frost. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 46, 1-4.
- Vercammen J, Gomand A, 2011. Improvements of the fruit set of 'Jonagold' apple. *Acta Hort.* 903, 789-794.
- Vercammen J, Gomand A, Bylemans D, 2015. Improving the fruit set of 'conference' with gibberellins or Regalis. *Acta Hort.* 1094, 257-264.
- Wisniewski M, Lindow SE, Ashworth EN, 1997. Observations of ice nucleation and propagation in plants using infrared video thermography. *Plant Physiol.* 113:327-334
- Wölfel D, Noga G, 1998. Minderung frostbedingter Blutschäden an Apfeltrieben durch Vitamin E (α -Tocopherol) in Kombination mit Glycerol oder Ethylenglykol. *Erwerbsobstbau*. 40, 34-38.
- Zámečník J, Bieblova J, Grospietsch M, 1994. Safety zone as a barrier to root-shoot ice propagation. *Plant and Soil*. 167(1), 149-55.
- Zhu Y, Yang G, Yang H, Zhao F, Han S, Chen R, Zhang C, Yang X, Liu M, Cheng J, Zhao C, 2021. Estimation of Apple Flowering Frost Loss for Fruit Yield Based on Gridded Meteorological and Remote Sensing Data in Luochuan, Shaanxi Province, China. *Remote Sensing*. 13(9), 1630.
- Zilkah S, Wiesmann Z, Klein I, David I, 1996. Foliar applied urea improves freezing protection to avocado and peach. *Scientia Horticulturae*. 66(1-2), 85-92.

IX. Seznam publikací, které předcházely metodice

- Bilavcik A, Zamecnik J, Faltus M, 2020. Studium odolnosti rostlin k nízkým teplotám s využitím termických metod. *Úroda*, 68(12):19-26.
- Bilavcik A, Zamecnik J, Faltus M, Jadrná P, 2019. Analysis of freezable water content by DSC for apple dormant bud cryopreservation. *Horticultural Science*, 46(4): 163-170.
- Bilavčík A, Faltus M, Zámečník J, 2019. Termická analýza ovocných dřevin 41. Mezinárodní český a slovenský kalorimetrický seminář. Univerzita Pardubice, Pardubice, 2019, 17–20.
- Bilavčík A, Faltus M, Zámečník J, 2019. Characterisation of plant viability - An important factor for survival at low temperatures, Europe Biobank Week, Lubeck 2019, 26.
- Bilavcik A, Faltus M, Zamecnik J, 2019. Stanovení mrazuvzdornosti generativních orgánů meruňky. *Úroda* 67(12):107-112.
- Bilavcik A, Zamecnik J, Faltus M, 2015. Cryotolerance of apple tree bud is independent of endodormancy. *Frontiers in plant science*, 6:13.
- Faltus M, Bilavčík A, Zámečník J, 2015. Thermal analysis of grapevine shoot tips during dehydration and vitrification. *VITIS-Journal of Grapevine Research*, 54:243-245.
- Bilavčík A, Zámečník J, Grospietsch M, Faltus M, Jadrná P, 2012 Dormancy development during cold hardening of in vitro cultured *Malus domestica* Borkh. plants in relation to their frost resistance and cryotolerance. *Trees*. 26(4), 1181-92.

X. Dedikace

Metodika je výstupem řešení projektu NAZV QK1920124 a institucionálního projektu VÚRV, v.v.i. č. MZE RO0418.

XI. Jména oponentů

Odborný oponent:

doc. Ing. Josef Sus, CSc.

Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha - Suchbátka

Oponent odborného orgánu státní správy:

Bc. Tomáš Jan

Oddělení zkoušek odlišnosti, uniformity a stálosti, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Hroznová 2, 656 06 Brno

Název: Metodika snížení či eliminace poškození generativních orgánů meruněk jarními mrazíky

METODIKA

Autoři (podíl na práci): RNDr. Alois Bilavčík, Ph.D. (40 %)
Ing. Luděk Laňar Ph.D. (20 %)
Ing. Tomáš Nečas, Ph.D. (20 %)
Ing. Miloš Faltus, Ph.D. (10 %)
Ing. Jan Náměstek, Ph.D. (5 %)
Ing. Jiří Zámečník, CSc. (5 %)

Vydal: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Drnovská 507, 161 06, Praha 6 – Ruzyně

Metodika je veřejně přístupná na adrese www.vurv.cz

Náklad: 200 výtisků

Vyšlo v roce 2021, první vydání

Vydáno bez jazykové úpravy

Kontakt na autory: bilavcik@vurv.cz
lanar@vsuo.cz
tomas.necas@mendelu.cz
faltus@vurv.cz
namestek@vsuo.cz
zamecnik@vurv.cz

Autoři fotografií:

Titulní fotografie: Alois Bilavčík - Termické měření ledové krystalizace kvetoucích větvíček meruňky pomocí infračervené termografie, řez květy, Tomáš Nečas – květy pod sněhem

Fotografie v textu a tabulce: Autoři uvedeni pod fotografiemi

Fotografie v příloze: Tomáš Nečas

Poslední stránka: Tomáš Nečas – Kvetoucí sady meruněk

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 2021

ISBN: 978-08-7427-362-9

Příloha:

‘Bergarouge’



‘Goldrich’



‘Harrow Joy’



‘Harrow Star’



‘Adriana’



‘Betinka’



‘Candela’



‘Sophinka’



Příloha: Odolnost generativních orgánů meruňky k nízkým teplotám v jednotlivých fenologických fázích. Kritické teploty TC_{10} , TC_{50} a TC_{90} jsou teploty, při kterých došlo k poškození 10, 50 a 90 % generativních orgánů (vystaveno 30 minut dané teplotě).

								
Fenofáze	Nalévání pupenů	Rašení pupenů	Růžové poupě	Fáze balonu	První květy otevřené	Plný květ	Konec kvetení	Zvětšování semeníku/plůdky
Phenophase	Swollen Bud	Tips separate	Calyx red	First White	First Bloom	Full bloom	In the shuck	Green fruit
BBCH	BBCH51	BBCH53/54	BBCH 55	BBCH 59	BBCH 60	BBCH 65	BBCH 69	BBCH71
Baggiolini***	A	B	C-D	E1	E2-F1	F2	G	H
TC_{10} (°C)	-9,4*	-4,3*/-6,7**	-6,2/-5,6	-4,9/-4,4	-4,3/-3,9	-2,9/-2,8	-2,6/-2,8	-2,3/-2,2
TC_{50} (°C)	-	-9,8*	-10,5	-7,4	-6,7	-4,5	-3,6	-2,8
TC_{90} (°C)	-	-14,1*/-17,8**	-13,8/-12,8	-10,3/-10,0	-10,1/-7,2	-6,4/-5,6	-4,7/-4,4	-3,3/-3,9

* Proebsting EL, Mills HH, 1978. Low temperature resistance of developing flower buds of six deciduous fruit species. Journal of the American for Society Horticultural Science. 103, 192–198.

** Longstroth M. Critical spring temperatures for tree fruit bud development stages. Michigan State University Extension [online]. 2. 12. 2021 [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <https://www.canr.msu.edu/fruits/uploads/files/TreeFruitCriticalTemperatures.pdf>

*** Upraveno podle Viti R., Bartolini S, Andreini L, 2008. Apricot Flower Bud Development: Main Biological, Physiological and Environmental Aspects Related to the Appearance of Anomalies. Int. J. Plant Dev. Biol. 2(1), 25-34.

Foto: A. Bilavčík (1, 2, 3, 5, 8), T. Nečas (4, 6, 7).

