

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav zakládání a pěstění lesů

**Metodika hodnocení poškození asimilačních orgánů
jehličnatých dřevin mrazem
a možnosti zvyšování odolnosti sadebního materiálu
douglasky tisolisté proti pozdním mrazům**

**Certifikovaná metodika
(osvědčení 82527/2014-MZE-16222/M89)**



Vaněk Petr, Mauer Oldřich, Josef Cafourek

Brno, 2014

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav zakládání a pěstění lesů

**Metodika hodnocení poškození asimilačních orgánů
jehličnatých dřevin mrazem
a možnosti zvyšování odolnosti sadebního materiálu
douglasky tisolisté proti pozdním mrazům**

Certifikovaná metodika

(osvědčení 82527/2014-MZE-16222/M89)

Vaněk Petr, Mauer Oldřich, Josef Cafourek

Brno, 2014

Za finanční podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum (projekt KUS – NAZV QI112A172).

ISBN 978-80-7509-162-8

Obsah

1	CÍL METODIKY	5
2	VLASTNÍ POPIS METODIKY	5
2.1	Úvod	5
2.2	Metody zjišťování poškození asimilačních orgánů lesních dřevin mrazem.....	7
2.2.1	Měření vodivosti elektrolytu (SEL)	7
2.2.2	Flourescence chlorofylu	10
2.2.3	Měření elektrického odporu/elektrické vodivosti částí rostlin	13
2.2.4	Vizuální hodnocení poškození.....	16
2.2.5	Odběr, transport a skladování vzorků.....	19
2.2.6	Mrazové testy.....	20
2.2.7	Porovnání metod pro vyhodnocení poškození.....	21
2.3	Zvyšování odolnosti douglasky tisolisté vůči pozdním mrazům.....	22
3	SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ.....	25
4	POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY.....	25
5	EKONOMICKÉ ASPEKTY.....	26
6	SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	26
7	SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE.....	28
8	DEDIKACE	28

METHODOLOGY FOR EVALUATING FROST DAMAGE TO ASSIMILATORY ORGANS OF CONIFEROUS TREE SPECIES AND POSSIBILITIES FOR IMPROVING THE RESISTANCE OF DOUGLAS FIR AGAINST LATE FROSTS

Abstract

The paper brings guidelines for the evaluation of frost damage to the assimilatory organs of coniferous tree species. The methodology contains a characterization of the four most commonly used methods used in the quantification of damage by late frosts (shoot electrolyte leakage, chlorophyll fluorescence, resistance measuring, visual assessment), i.e. simple methods based on the visual damage observation without using specific devices up to methods of high scientific level requiring a fully equipped laboratory. The descriptions contain practical guidelines to achieve the highest quality results from different evaluators. The methodology also describes a completely new method for the reduction of late frost damage to the Douglas fir planting stock by means of the application of boron containing fertilizers.

Keywords: late frosts damage, shoot electrolyte leakage, chlorophyll fluorescence, increasing frost resistance, *Pseudotsuga menziesii*

1 CÍL METODIKY

Problematika působení pozdních mrazů na pěstovaný a následně vysazovaný sadební materiál je téměř každoročně aktuálním tématem pracovníků zabývajících se pěstováním sadebního materiálu a obnovou lesa. Tato metodika si klade za cíl seznámit uživatele s možnostmi testování mrazuvzdornosti sadebního materiálu dřevin a hodnocení poškození asimilačního aparátu jehličnatých dřevin mrazovými teplotami a stanovit základní pravidla pro používání popsaných metod. Souběžně je v metodice uveden postup, jak preventivně zvyšovat odolnost sadebního materiálu lesních dřevin proti působení pozdních mrazů na příkladu douglasky tisolisté.

2 VLASTNÍ POPIS METODIKY

2.1 Úvod

Všeobecně lze konstatovat, že v podmínkách České republiky a většiny území střední Evropy nejsou registrovány závažnější problémy s mrazuvzdorností domácích dřevin v průběhu zimního období, kdy jsou rostliny v plně dormantním stavu. Nicméně v období nástupu či ukončování růstu rostliny v jarním resp. podzimním období, kdy jsou rostliny v nedormantním stavu a fyziologicky aktivní, je schopnost rostlinných pletiv odolávat nízkým teplotám značně nízká a riziko poškození nezdřevnatěných částí rostlin časnými či pozdními mrazy je v tomto období velmi vysoké. Poškození rostlin mrazem je obvykle spojeno s tvorbou ledu v mezibuněčných prostorech nebo ve vakuolách, což vede ke snížení vodního potenciálu v těchto strukturách a k dehydrataci cytosolu (PAVLOVÁ 2005). Přímé poškození rostlinných pletiv mrazem zpravidla však souvisí s vytvářením krystalů ledu v pletivech (ČERMÁK ET AL. 2005). Při delší době trvání mrazu se krystalky ledu postupně rozrůstají. Růst krystalů je podporován transportem vody v cytozolu v důsledku značně nízkého vodního potenciálu na povrchu ledu. Při překročení jisté hranice procesu mrznutí, která je specifická pro různá pletiva a druhy, dochází k nevratnému poškození buněk. Bezprostřední příčinou odumírání může být jednak silná dehydratace buněčného obsahu, jednak mechanické poškození buněčné stěny a plazmalemy krystalky ledu z apoplastu. Odolnost rostlin vůči mrazu (mrazuvzdornost) je založena na schopnosti dlouhodobě zabránit vzniku ledu uvnitř

buněk a tolerovat jejich odvodnění při zamrznutí vody v apoplastu. Snížení bodu tuhnutí přítomností osmoticky aktivních látek (cukrů, aminokyselin, polyalkoholů) je mechanismus, který je účinný jen při mírných mrazech. Mnohem významnější je proto schopnost po dlouhou dobu udržovat vodu v tekutém stavu i pod očekávaným bodem tuhnutí. To se však nedaří u parenchymatických buněk s velkými vakuolami a s tenkou buněčnou stěnou. Jedině pevná buněčná stěna je schopna zabránit větším deformacím buněk při tvorbě ledu v apoplastu a při dehydrataci cytozolu, a tím chránit zejména plazmatickou membránu a organely před mechanickým poškozením. Odolnost k velmi nízkým teplotám je vždy spojena se schopností snášet silnou dehydrataci buněk (vakuoly se zmenšují, voda zůstává v tenkých zbytcích cytozolu okolo organel a plazmalemy) (PROCHÁZKA, MACHÁČKOVÁ 1998). Zatímco přes zimní období jsou dřeviny schopné snášet velmi nízké teploty, v případě jehličnanů pod 40 °C (REPO 1992), v nedormantním stavu, například na jaře, jsou pletiva nově tvořících se letorostů poškozena v okamžiku počátku tvorby krystalků ledu. V tomto období tedy nově rostoucí letorosty snesou pouze velmi slabý mráz, v případě sazenic smrku ztepilého se poškození letorostů objevuje již při teplotě -3 °C (GLERUM 1985, REPO 1992). Poškození se projevuje změnou barvy asimilačních orgánů (žloutnutí, hnědnutí) a ve většině případů odumřením celého letorostu. V případě silnějších mrazů v období pozdního jara mohou sazenice lesních dřevin zcela odumřít.

V několika posledních letech došlo na území České republiky opakovaně ke značnému poškození sadebního materiálu ve školkách i již vysazených rostlin v prostředí lesních porostů pozdními a časnými mrazy. Tento fenomén se vyskytl téměř na celém území republiky s různou intenzitou a četností v závislosti na klimatických podmínkách daného regionu. V průběhu pěstování sadebního materiálu v lesních školkách lze tento problém částečně řešit pomocí účelových závlah, tj. ochranných postřiků proti mrazům, kdy se rostliny chrání krátkými postřiky v trvání 1-2 sekund v cca 60 sekundových intervalech. Podstatou působení je předávání tepla z vody rostlině – rozhodující význam má skupenské teplo mrznoucí vody. Toto teplo udržuje teploty rostlinných orgánů těsně pod bodem mrazu, zároveň však nad kritickou teplotu, při které dochází k poškození pletiv. Tento způsob ochrany proti mrazům je však limitován technologickým vybavením lesních školek. Pro tento účel lze použít pouze stabilní závlahový systém. Mobilní závlahový systém, kterým jsou vybaveny zejména školky produkující krytokořenný sadební materiál, se pro tento účel nedá použít. Jedním z druhů lesních dřevin, který je velice často poškozován časnými a pozdními mrazy, je douglaska tisolistá (PEŠKOVÁ 2003, ŠINDELÁŘ 2003), naše nejvýznamnější introdukovaná dřevina.

Tato publikace by měla sloužit jako praktická metodická pomůcka pro testování mrazuvzdornosti sadebního materiálu lesních dřevin, kdy může personál lesních školek pomocí mrazových testů ověřit rezistenci rostlin vůči poškození pozdním mrazem – například u sadebního materiálu určeného k výsadbám do mrazových lokalit. Pro tento účel jsou v publikaci popsány metody pro zjišťování míry poškození sadebního materiálu, které poškodil pozdní mráz. Dále tato publikace poskytuje metodický postup pro snížení škod způsobenými těmito nepříznivými faktory v prostředí lesních školek.

2.2 Metody zjišťování poškození asimilačních orgánů lesních dřevin mrazem

Dle našeho ověřování jsou nejvhodnějšími metodami, které se dají využít pro vyhodnocení míry poškození asimilačního aparátu jehličnatých dřevin pozdními mrazy: měření vodivosti elektrolytu buněk (SEL – shoot elektrolyte leakage), měření fluorescence chlorofylu, měření elektrické vodivosti, resp. odporu letorostu a vizuální hodnocení barevných změn letorostu. V následujících podkapitolách je popsána metodika použití těchto způsobů hodnocení poškození.

2.2.1 Měření vodivosti elektrolytu (SEL)

Buněčné organely jsou uloženy uvnitř buňky v cytosolu, který je tvořený zejména vodou, proteiny, signálními molekulami a ionty. Tím, že řada rozpuštěných komponent má náboj, působí jako elektrolyt. Základní metodický princip této metody, která je principiálně známa od 30. let minulého století (DEXTER ET AL. 1930, DEXTER ET AL. 1932), je založen na skutečnosti, že při poškození rostlinných pletiv mrazem dojde k destrukci buněčných membrán a k úniku elektrolytu (cytosolu) z buněk do mezibuněčného prostoru. Uniklý buněčný elektrolyt se vyznačuje značnou vodivostí elektrického proudu. Při užití této metody se využívá skutečnosti, že uniklý cytosol se dá snadno „vytřepat“ z mezibuněčného prostoru do destilované vody, ve které je vzorek části rostliny ponořen. Změření vodivosti roztoku (tj. míry úniku buněčného elektrolytu) se vzorkem rostliny po poškození poskytuje odhad velikosti poškození buněčných pletiv. Jelikož je však únik elektrolytu specifický pro každou hodnocenou rostlinu, je nutné změřit vodivost roztoku stejných vzorků zcela destruovaných nejčastěji vysokou teplotou – maximální únik elektrolytu z buněk. Porovnáním hodnoty vodivosti elektrolytu po poškození mrazem a vodivosti elektrolytu zcela destruovaných vzorků získáme míru poškození rostlinného pletiva (tj. kolik procent buněk bylo mrazem poškozeno).

Postup prací pro zjištění procenta úniku elektrolytu vzorku po poškození mrazem, či umělém mrazovém testu je následující:

- Terminální výhon je nutné omýt ve vodě a očistit ho tak od případných pevných nečistot (pro objektivitu měření alespoň 6 kusů). Následně je nutné vzorek omýt v destilované vodě od povrchových nečistot, které by mohly ovlivnit vodivost roztoku (např. zbytky hnojiv, či jiných přípravků).
- Z terminálního výhonu se odebere segment cca 2 cm dlouhý. Tento vzorek umístíme do zkumavky s destilovanou vodou (např. zkumavky o objemu 40 ml s 30 ml destilované vody). Zkumavka musí být řádně označena číslem vzorku – viz Obr. 1.
- Takto připravené vzorky ve zkumavkách umístíme na třepačku a necháme 24 hodin při laboratorní teplotě (+20 až +22° C). Není-li k dispozici třepačka, je nutné zkumavky se vzorky v průběhu zmíněných 24 hodin minimálně pětkrát protřepat.
- Po uplynutí 24 hodin se z poškozených buněk „vytřepal“ všechen uniklý elektrolyt do destilované vody a přistoupí se ke změření vodivosti vzniklého roztoku. K měření je nutné použít digitální konduktometr s dostatečnou přesností (0,1 μS) a měřící sondou, kterou je možné měřit ve zkumavkách (Obr. 2). Vodivost jednotlivých vzorků zaznamenáme.
- Po prvním měření vodivosti je nutné vzorky plně destruovat. Nejčastěji se v podmínkách laboratoří používá umístění vzorků do autoklávu na 10 minut při teplotě +110° C. Není-li k dispozici autokláv, lze vzorky ve zkumavkách též destruovat vložením do vroucí vody na 15 minut.
- Po tepelné destrukci vzorků se umístí, stejně jako před prvním měřením vodivosti, zkumavky při laboratorní teplotě na třepačku na 24 hodin.
- Po 24 hodinách došlo k vytřepání veškerého elektrolytu obsaženého ve všech buňkách vzorku. Změřením vodivosti tedy získáme maximální hodnotu konduktivity daného segmentu terminálního výhonu. Dosazením hodnoty vodivosti z prvního a druhého měření do uvedeného vzorce získáme procento poškozených buněk mrazem v daném vzorku.

$$SEL (\%) = \frac{1. \text{měření vodivosti}}{2. \text{měření vodivosti}} * 100$$

2.2.2 Fluorescence chlorofylu

Nepříliš dlouho používanou a v poslední době v sektoru lesnického výzkumu poměrně moderní metodou pro hodnocení fyziologického stavu dřevin je sledování fluorescence chlorofylu. Princip této metody je znám již poměrně dlouhou dobu (KAUTSKY, HIRSCH 1934), jejímu širšímu využití však stála v cestě nedostupnost technického vybavení z důvodu jeho vysoké ceny a nemobilnost tohoto zařízení. V současné době se vyrábí řada přenosných fluorimetrů, které mohou spolehlivě posloužit k ambulantnímu měření přímo v lesních porostech či lesních školkách, měření fluorescence tak není závislé na prostředí laboratoře.

Základními fotoreceptory, jež se podílí na procesu fotosyntézy, jsou v zelených rostlinách fotosynteticky aktivní pigmenty – převážně chlorofyly. Po absorpci kvanta světelné energie molekulami chlorofylu je v asimilačních orgánech zdravých rostlin cca 80 % energie využito pro proces fotosyntézy (fotochemické zhášení), cca 15 % je vyzářeno v podobě tepla (nefotochemické zhášení), zbytek energie pak připadá na zpětné vyzáření fotonů s vlnovou délkou větší než 650 nm (fluorescenční zhášení, fluorescence chlorofylu). Zmíněné tři procesy si vzájemně konkurují – pokles jednoho z těchto procesů se projevuje nárůstem jiného (GOVINDJEE 1995). Přestože je množství absorbované energie vyzářeno jako fluorescence pouze v řádu jednotek procent, můžeme dobře sledovat změny účinnosti fotochemických reakcí fotosyntézy, tj. jak je světelná energie rostlinou využívána (KRAUSE, WEIS 1991; MAXWELL, JOHNSON 2000).

Touto metodou lze nedestruktivním způsobem, tj. opakovaně na stejných rostlinách, vyhodnotit fyziologický stav rostliny a mimo jiné tak detekovat působení různých stresových faktorů, jako je například nedostatek vody, mráz, vysoké teploty, poškození toxickými látkami, nedostatek živin či mechanické poškození asimilačního aparátu. Při vyhodnocování působení stresových faktorů na fyziologii rostliny pomocí fluorescence chlorofylu je nejčastějším sledovaným parametrem poměr F_v/F_m – maximální kvantový výtěžek fluorescence chlorofylu vzorku adaptovaného na tmu. Po adaptaci asimilačního orgánu na tmu je změřena minimální hodnota fluorescence F_0 , po následném silném saturačním ozáření se fluorescence zvyšuje na maximální hodnotu F_m . Rozdíl mezi těmito hodnotami je variabilní fluorescence – F_v . Poměr F_v/F_m poskytuje přesný odhad fotosyntetické aktivity (PAPAGEORGIU, GOVINDJEE 2004), je to snadno měřitelná charakteristika fyziologického stavu asimilačního aparátu rostliny. U nestresovaných rostlin se její hodnota pohybuje v rozmezí 0,75 - 0,85. U stresovaných rostlin se hodnota tohoto poměru razantně snižuje (PETERSON ET AL. 2001).

V lesnické výzkumu je pro svou kompaktnost a jednoduchost obsluhy často používán přístroj Fluorpen FP 100, metodika měření je tedy popsána pro tento typ přístroje. Postup prací pro zjištění maximálního kvantového výtěžku fluorescence chlorofylu vzorků či rostlin, které již byly mrazovými teplotami poškozeny, je následující:

- Měření chlorofylové fluorescence lze provádět jak na rostoucích rostlinách přímo v lesních porostech či ve školce, tak na vzorcích rostlin, které po oddělení od rostliny vložíme řeznou ranou do nádoby s vodou nebo je navlhčené vložíme do umělohmotného obalu (zipový pytlík) a uchováme v chladu (+5 °C). Pro dostatečnou věrohodnost měření vyhodnocujeme alespoň 6 vzorků.
- V případě využití vzorků rostlin je před měřením po dobu jedné hodiny ponecháme v laboratorní teplotě (+20 až +22 °C).
- Připravené vzorky či rostliny je nutné po dobu minimálně 20 minut přizpůsobit na tmě. Součástí měřících přístrojů – fluorimetrů – jsou většinou různé adaptéry k tomuto určené. U přístroje Fluorpen FP 100 se zatemnění zabezpečuje pomocí „klipsen“ s pohyblivou clonou (viz Obr. 3 a Obr. 4) zajišťující zatemnění/odtemnění části asimilačního aparátu. Tuto klipsnu nasadíme na jehlice výhonu a clonou zatemníme.
- Po uplynutí minimální doby zatemnění nasadíme měřicí přístroj na zatemňovací klipsnu, odsuneme clonu, na přístroji navolíme měření parametru F_v/F_m , změříme a hodnotu zaznamenáme.
- Dle vypočítané hodnoty lze usuzovat na fyziologický stav, tj. míru poškození mrazem, rostliny či vzorku. Hodnoty poměru F_v/F_m se u nepoškozených rostlin pohybují v rozmezí 0,75 – 0,85. Vzorky rostlin zcela destruovaných mrazovými teplotami mají tuto hodnotu obvykle zcela nulovou.

Měření fluorescence chlorofylu je možno také testovat mrazuvzdornost rostlin, například jakým způsobem reagují různé provenience dané dřeviny na mrazové teploty nebo zda jsou opatření provedená za účelem zvýšení mrazuvzdornosti sadebního materiálu (např. aplikace přípravků) účinná. V tomto případě se popsané měření provádí dvakrát – před mrazovým testem a po něm. Postup prací je následovný:

- Všechny rostliny/vzorky (v minimálním počtu 6 kusů) je nutné pro evidenci měření označit.

- Před mrazovým testem provedeme první měření fluorescence chlorofylu postupem popsaným výše, tj. změříme hodnotu F_v/F_m vzorků minimálně 20 minut adaptovaných na tmu, hodnoty zapíšeme.
- Provedeme mrazový test s plánovaným průběhem teplot po stanovenou dobu.
- Po provedení mrazového testu adaptujeme vzorky minimálně jednu hodinu na laboratorní teplotu (+20 až +22 °C) a opět změříme hodnotu F_v/F_m vzorků.
- Spočítáme Index zachování fluorescence chlorofylu (I_{CHF}) dle vzorce:

$$I_{CHF} (\%) = \frac{\text{1. měření } F_v/F_m}{\text{2. měření } F_v/F_m} * 100$$

Tento vzorec nám udává do jaké míry si vzorek/rostlina dokázala zachovat fluorescenci chlorofylu po mrazovém testu, tj. do jaké míry byl její fotosyntetický aparát mrazovými teplotami poškozen. Hodnota tohoto poměru se u nepoškozených rostlin blíží 1,0, se vzrůstajícím poškozením hodnota klesá.



Obr. 3: Měřicí přístroj Fluorpen FP100, vzorky se zatemňovacími „klipsy“
 Fig. 3: Measuring instrument Model Fluorpen FP100, samples with blackout "clips"



Obr. 4: Měření fluorescence chlorofylu na krytokořenných sazenicích douglasky tisolisté
 Fig. 4: Measurement of chlorophyll fluorescence in containerized Douglas fir transplants

2.2.3 Měření elektrického odporu/elektrické vodivosti částí rostlin

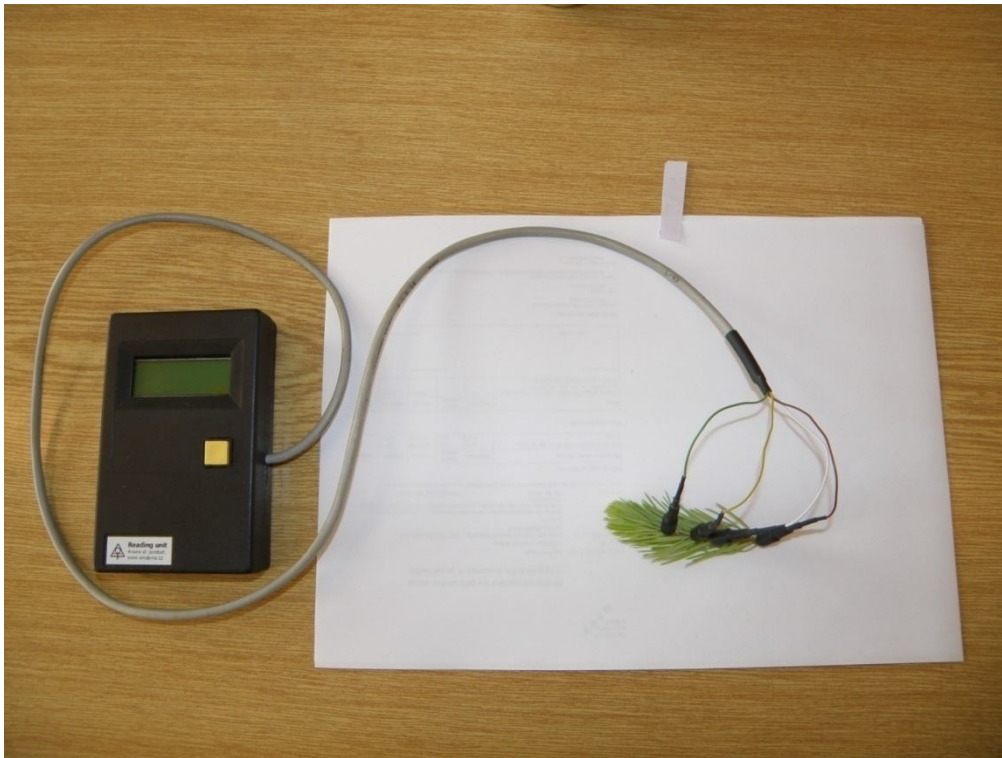
Dalším možným způsobem vyhodnocení poškození rostlin mrazovými teplotami je měření odporu, respektive vodivosti částí těchto rostlin (větev, část výhonu, letorost) přístroji k tomuto určenými. Principem fungování této metody je již zmíněný fakt, že při mechanickém poškození buněčných membrán mrazovými teplotami dojde k úniku buněčného elektrolytu do mezibuněčných prostorů. Z toho vyplývá, že čím více jsou buňky poškozeny a více elektrolytu je přítomno v mezibuněčných prostorech, tím menší má vzorek odpor, respektive tím větší má vodivost. Měřicí zařízení zpravidla sestává ze samotného zařízení a měřících elementů (nejčastěji dva, v některých případech čtyři), které mají charakter jehlic a při vlastním měření se zapichují do měřené části rostliny ve vzdálenosti definované výrobcem přístroje (Obr. 5, Obr. 6). Jelikož je míra odporu, resp. vodivosti silně specifická pro každou rostlinu, využívá se tato metoda při mrazových testech, kdy je možné na daném vzorku měřit hodnoty jak před vystavením mrazovým teplotám, tak po působení mrazu. Výpočtem poměru hodnot odporu/vodivosti před mrazovým testem a po testu usuzujeme na velikost poškození rostliny.

Postup prací pro zjištění velikosti poškození metodou měření odporu či vodivosti během mrazovém testu je následující:

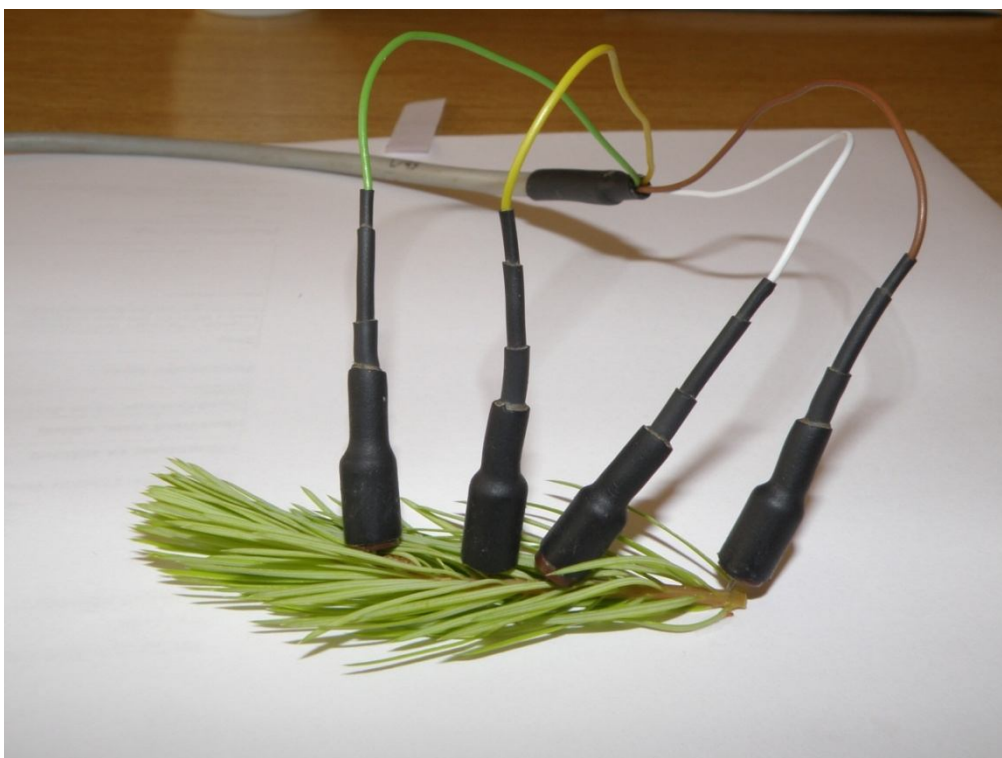
- V případě, že pracujeme se vzorky rostlin, tj. oddělenými částmi rostlin, je nutné je skladovat v chladu (+5 °C) a to nejdéle po dobu 24 hodin.
- Připravené rostliny či části rostlin je nutné pro evidenci označit (pro objektivitu měření použijeme alespoň 6 vzorků).
- Jestliže byly vzorky skladovány v chladu, je nutné je alespoň hodinu nechat adaptovat na laboratorní teplotu (+20 až +22 °C).
- Provedeme první měření odporu/vodivosti vzorku. Hodnoty zaznamenáme.
- Vzorky či rostliny podrobíme mrazovému testu s plánovaným průběhem teplot po stanovenou dobu.
- Po provedení mrazového testu znovu adaptujeme vzorky či rostliny laboratorní teplotě (+20 až +22 °C) minimálně po dobu jedné hodiny.
- Provedeme druhé měření odporu/vodivosti vzorku.
- Spočítáme poměr odporu (R) či vodivosti (G) vzorku před mrazovým testem a po mrazovém testu dle vzorce:

$$R1/R2 = \frac{\text{1. měření el. odporu}}{\text{2. měření el. odporu}} \quad G2/G1 = \frac{\text{2. měření el. vodivosti}}{\text{1. měření el. vodivosti}}$$

Dle výsledné hodnoty vypočítané dle uvedeného vzorce posuzujeme míru poškození rostlinných pletiv mrazovými teplotami. U nepoškozených pletiv se hodnoty poměrů R1/R2 a G1/G2 blíží hodnotě 1,0, se vzrůstajícím poškozením pletiv se v případě měření odporu hodnota poměru zvyšuje, v případě měření vodivosti hodnota poměru klesá.



Obr. 5: Měření elektrické vodivosti letorostu přístrojem firmy EMS Brno
Fig. 5: Measurement of annual shoot electric conductivity by the EMS Brno instrument



Obr. 6: Detail měřících elektrod v letorostu douglasky tisolisté
Fig. 6: A detail of measuring electrodes in the Douglas fir annual shoot

2.2.4 Vizuelní hodnocení poškozéní

Poškozéní asimilačních orgánů dřevin lze mimo uvedených způsobů hodnotit velmi jednoduchým a v praxi často používaným způsobem – vizuelním hodnocením. Rostlinná pletiva většinou na poškozéní mrazovými teplotami reagují změnou své barvy, kdy se ze zelené během několika dní mění na žlutou či hnědou (oxidace polyfenolů). Velmi rychle po poškozéní lze destruované části rostlin rozeznat také podle měkkého, vodnatého vzhledu (HOWELL, WEISER 1970). Jestliže je nově tvořící se letorost poškozén silně, obvykle během poměrně krátké doby zcela odumře a uschne. Při cíleném testování mrazuvzdornosti rostlin se obvykle vzorek testované části dřeviny (terminální výhon) po mrazovém testu uchovává v relativně teplém prostředí s ochranou proti vysychání, což umožňuje plné rozvinutí symptomů poškozéní. Délka tohoto skladování se liší dle testované dřeviny a vývojového stádia, obvykle je to však od několika dní do jednoho týdne (SAKAI, LARCHER 1987). Pro vizuelní hodnocení poškozéní jehličnatých dřevin časným či pozdním mrazem je velmi vhodná metoda, kterou již dříve zpracoval ANEKONDA (2000).

Metodický postup vizuelního vyhodnocení poškozéní vzorků rostlin dle této metody je následující:

- Analyzované vzorky (terminální výhony) označíme štítky s popisem (pro věrohodnost měření použijeme alespoň 6 kusů vzorků).
- Vzorky umístíme do balíčků, kde je vnitřní vrstva tvořena navlhčenou látkou či papírovými utěrkami. Vnější vrstva je tvořena alobalem. Vnitřní vrstva po bocích balíčku přesahuje vnější – aluminiovou fólii (viz Obr. 7 a Obr. 8).
- Balíčky uzavřeme a z vrchní strany přelepíme páskou s označením. Boční strany prozatím nepřehýbáme a necháme volně rozevřené tak, aby vzduch mohl proudit ke vzorkům.
- Vzorky v balíčcích podrobíme mrazovému testu s plánovaným průběhem teplot po stanovenou dobu.
- Po provedení mrazového testu přehneme a zalepíme boční strany balíčků, abychom zabránili vysychání vzorků a vnitřní navlhčené vrstvy.
- Takto zabalené balíčky se vzorky ponecháme 6 až 7 dní v laboratorní teplotě (+20 až +22 °C). Po uplynutí této doby se plně projeví změny (zežloutnutí, zhnědnutí, měkký až vodnatý vzhled) částí asimilačních orgánů, které byly mrazovými teplotami

poškozeny. Letorosty (či jejich části), které nebyly mrazem poškozeny, si zachovávají svěží vzhled zelené barvy (viz Obr. 9 a Obr. 10).

- Výsledné poškození hodnotíme vizuálně, nejčastěji po desítkách procent poškozené/nepoškozené plochy asimilačního aparátu vzorku.



Obr. 7: Balíček připravený pro vložení vzorků terminálních výhonů
Fig. 7: A package prepared for the insertion of terminal shoot samples



Obr. 8: Balíček se vzorky připravený k mrazovému testu
Fig. 8: A package with samples prepared for the frost test



Obr. 9: Nepoškozené vzorky douglasky tisolisté mrazem po týdnu skladování
Fig. 9: Douglas fir samples undamaged by frost after week storage



Obr. 10: Stoprocentně poškozené vzorky douglasky tisolisté mrazem po týdnu skladování
Fig. 10: Douglas fir samples damaged by frost at 100% after week storage

Kromě vyhodnocení samostatných vzorků rostlin dle popsané metodiky lze podrobit mrazovému testu i celé rostliny. Výsledné poškození terminálních výhonů lze vyhodnotit obvykle po týdnu od mrazového testu dle jednoduché stupnice (Obr. 11):

- Nepoškozený terminál – výhon nevykazuje žádné symptomy poškození.
- Částečně poškozený terminál – asimilační orgány terminálu vykazují částečné poškození (barevné změny částí jehlic), terminál je však nadále životaschopný.
- Poškozený terminál – výhon je zcela poškozen a odumřel.



Obr. 11: Nepoškozený terminál (vlevo), částečně poškozený terminál (uprostřed) a poškozený terminál (vpravo) douglasky tisolisté

Fig. 11: Intact terminal shoot (left), partly damaged terminal shoot (middle) and damaged terminal (right) of Douglas fir

2.2.5 Odběr, transport a skladování vzorků

Z popisu jednotlivých metod vyhodnocení poškození je zřejmé, že k určení míry poškození letorostů mrazovými teplotami není nutné do laboratoře transportovat celé rostliny, ale pouze vzorky jejich terminálních výhonů, což je účelné zejména při testování velkého počtu rostlin a přináší tak úsporu místa při převozu a skladování a umožňuje snazší manipulaci při samotném provádění hodnocení. Při převozu a skladování vzorků je však nutné dodržet určitá

pravidla tak, aby nedošlo k poškození vzorků a zkrácení výsledků samotného testování. Metodický postup transportu a skladování vzorků rostlin je následující:

- Letorosty ihned po oddělení (odstřížení) od rostliny vkládáme do uzavíratelného zipového sáčku, ve kterém je vložena navlhčená látka či papírová utěrka, při nutnosti evidence jednotlivých vzorků je opatřujeme nalepovacími štítky s označením, při nutnosti označování pouze varianty jako celku umístíme nalepovací štítky na sáček.
- Označené zipové sáčky s požadovaným počtem vzorků ihned umístíme do přenosného chladicího boxu. Vhodným typem je elektrický chladicí box s možností napájení z autozapalovače, taktéž lze použít chladicí box bez napájení s vloženými zmrzlými chladícími vložkami – v tomto případě je nutné na chladící vložky umístit dřevěný rošt, či jiný předmět zamezující přímý dotyk vzorků s vložkami (riziko poškození vzorků mrazem). Takto uložené vzorky převezeme co nejrychleji do laboratoře.
- V laboratoři vyjmeme vzorky z přepravního boxu a přemístíme je do chladicího zařízení, ve kterém udržujeme konstantní teplotu +4 °C. Vyhodnocení poškození provedeme co nejdříve, tzn. dobu skladování se snažíme minimalizovat. Maximální možná doba skladování za těchto podmínek je 48 hodin.

2.2.6 Mrazové testy

Jak již bylo zmíněno u některých popsaných metod, jejich praktické využití nespočívá pouze ve vyhodnocení míry poškození rostlin již postižených pozdními mrazy. Velký potenciál mají metody v cíleném testování odolnosti daného sadebního materiálu vůči pozdním mrazům. Tj. možnosti ověření, zda je sadební materiál vůči tomuto fenoménu dostatečně odolný – testování mrazuvzdornosti různých proveniencí dané dřeviny, testování účinnosti opatření pro zvýšení mrazuvzdornosti (aplikace různých přípravků). Pro tento účel je nutné použít umělé stresování rostlin mrazovými teplotami – takzvané mrazové testy. Mrazovými testy simulujeme průběh teplot při přirozeném poškození mrazem. Důležitým hlediskem při provádění mrazových testů je stanovení cílové teploty a doby působení mrazu. Oba tyto parametry jsou voleny s ohledem na charakter mrazového testu, tj. za jakým účelem je prováděn. V případě testování odolnosti sadebního materiálu vůči pozdním mrazům se jeví jako ideální cílová teplota -4 °C po dobu čtyř hodin. Důležitým parametrem je samotný průběh teploty, tj. snižování teploty na požadovanou hodnotu a její zpětné zvyšování. Tento proces by měl probíhat plynule rychlostí 2 až 3 °C za jednu hodinu. Z této skutečnosti plyne

i požadavek na technické vybavení – při provádění mrazových testů je vhodné disponovat zařízením, které umožňuje plynulou regulaci teplot. V případě, že takovéto zařízení nemáme, lze pro tento postup použít uchování vzorků v chladničce při teplotě cca +2 °C, jejich následné přemístění do mrazničky s konstantní teplotou -4 °C na požadovanou dobu a jejich následné přemístění zpět do chladničky s teplotou +2 °C. Samotný mrazový test provádíme takovým způsobem, aby s ohledem na cíl testu nastaly mrazové teploty v nočních, resp. brzkých ranních hodinách.

2.2.7 Porovnání metod pro vyhodnocení poškození

Při výběru vhodné metody kvantifikace poškození asimilačních orgánů mrazovými teplotami je nutné vycházet z požadované přesnosti vyhodnocení tohoto poškození (tj. pro jaký účel je poškození kvantifikováno) a zároveň z materiální a technické vybavenosti pracoviště. Za nejpřesnější metodu vyhodnocení poškození se dá považovat metoda měření vodivosti elektrolytu, resp. vodivosti elektrolytu uniklého z poškozených buněk (SEL). Tato metoda přináší přesné a exaktně měřitelné hodnoty poškození asimilačních orgánů rostlin. Z hlediska materiálního a technického vybavení a dodržování pracovních postupů je však tato metoda poměrně náročná (drahé vybavení, nutnost striktního dodržení pracovního postupu, výsledky jsou dostupné nejdříve po 48 hodinách od počátku testování). Z těchto důvodů se tato metoda v provozní praxi (lesní školky) příliš nepoužívá, nejčastěji je využívána k vědeckým účelům. Další popisovanou metodou zjištění poškození sadebního materiálu mrazem je měření fluorescence chlorofylu. Tato metoda slouží ke zjištění fyziologického stavu asimilačního aparátu (resp. celé rostliny) a přináší přesný odhad poškození mrazovými teplotami. Pracovní postup při použití této metody je velmi jednoduchý a velice rychlý (výsledky jsou k dispozici ihned). Některé typy dnes vyráběných fluorimetrů mají charakter kapesních přístrojů určených k ambulantnímu měření přímo v lesních porostech či na plochách školkařských provozů, proto má tato metoda vysoký potenciál využití v provozní praxi, jejímu širšímu využití však často brání prozatím stále poměrně vysoká cena těchto zařízení. Jednoznačně nejvhodnější metodou vyhodnocení poškození sadebního materiálu mrazem pro provozní praxi se jeví metoda vizuálního hodnocení. Tato skutečnost je dána jednoduchostí samotné metody. Pro proces vyhodnocení není nutné vlastnit drahé přístrojové vybavení ani mít zázemí obvykle vybavené laboratoře. Pracovní postup této metody je velmi jednoduchý a nedává mnoho prostoru k procesním chybám. I přes popsanou jednoduchost poskytuje tato metoda relativně přesné výsledky založené na pozorování barevných změn vzorků rostlin.

Zbývající popisovanou metodou je měření odporu nebo vodivosti částí hodnocených rostlin. Přestože je tato metoda poměrně jednoduchá, rychlá a přístrojové vybavení není příliš nákladné, nelze tuto metodu k přesnému určení poškození vzorků posuzovaných rostlin mrazem doporučit. Touto metodou lze celkem přesně vyhodnotit vzorky rostlin zcela destruované nebo naopak zcela nepoškozené, nicméně široké rozpětí částečného poškození mezi těmito dvěma stavy metoda vyhodnocuje velice nepřesně. Z tohoto důvodu je pro přesné stanovení míry poškození vzorků vhodné využít některou z předchozích zmiňovaných metod.

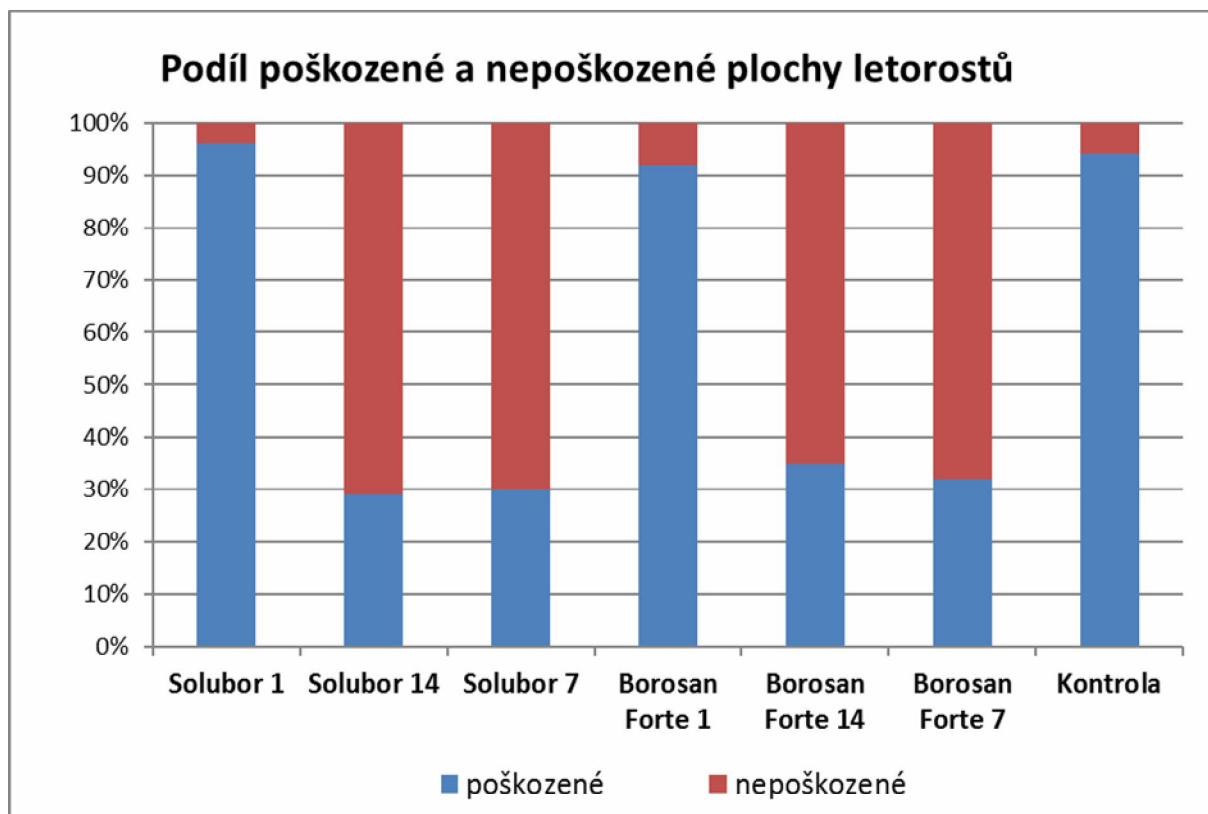
2.3 Zvyšování odolnosti douglasky tisolisté vůči pozdním mrazům

Douglaska tisolistá je nejrozšířenější introdukovanou dřevinou v lesích České republiky. Přes všechny její výhodné vlastnosti se při pěstování sadebního materiálu této dřeviny školkařská praxe potýká s problémem velice častého poškození pozdními a časnými mrazy. Přílišná citlivost douglasky vůči nepříznivým klimatickým podmínkám v mládí byla pozorována již při jejím zavádění do našich lesních porostů (ŠIKA 1977). Jediným dosud aplikovaným způsobem, jak částečně tyto škody eliminovat je volba vhodné proveniencie douglasky, která je vůči škodám mrazem více odolná, nicméně ani toto opatření nemůže tyto škody zcela eliminovat.

Při výzkumu možností snížení škod pozdním či časným mrazem bylo zjištěno, že poškození buněk mrazovými teplotami lze snížit aplikací vhodných přípravků. Jedním z nich jsou přípravky s obsahem boru. Tato skutečnost byla zjištěna v oblasti zemědělství, kde bylo zaznamenáno, že nedostatek boru vede k větší náchylnosti rostlin k mrazům (RÖHL 1988), zároveň hnojení borem zlepšuje stabilitu rostlinných buněk – způsobuje tvorbu polysacharidů v buněčných stěnách (GOLDBACH ET AL. 2006) a snižuje odumírání buněk vlivem tvorby krystalů ledu ve vakuolách. Pozitivní účinky boru byly zaznamenány i v oblasti dřevin (COOLING, JONES 1970). Dalším výzkumem zabývajícím se oblastí zvyšování mrazuvzdornosti sadebního materiálu douglasky tisolisté bylo zjištěno, že aplikací přípravků s vysokým obsahem boru postřikem lze zásadním způsobem zmiňované škody snížit. Velice dobře se osvědčila aplikace přípravků s vysokým obsahem boru – Solubor (obsah boru 17,5 %) a Borosan Forte (obsah boru 11 %). U obou přípravků bylo zjištěno, že opakovaná aplikace v intervalu 7 dní nebo v intervalu 14 dní výrazně sníží poškození pozdním mrazem a to až o 60 % oproti neošetřeným rostlinám. Metodický postup aplikace přípravků je následující:

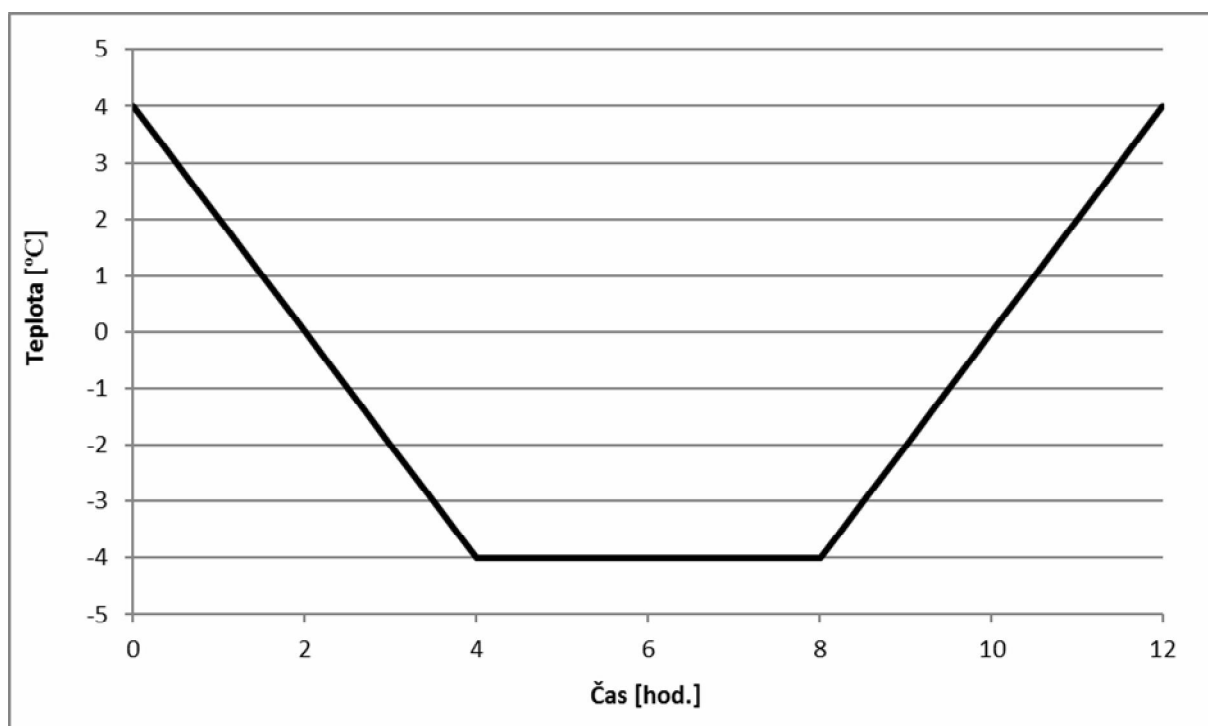
- Použít přípravek s vysokým obsahem boru (např. Solubor či Borosan Forte) v koncentraci roztoku 2 %.
- S počátkem nástupu vegetačního období, kdy začínají rostliny transpirovat (v závislosti na počasí – obvykle konec března) začít s aplikací přípravku postříkem.
- Aplikaci opakovaně provádět v intervalu 14 dní až do překonání kritického období hrozících pozdních mrazů (v závislosti na počasí konkrétního vegetačního období – obvykle do poloviny až konce května).

Popsaný způsob velmi výrazně sníží škody případným pozdním mrazem, tuto skutečnost dokládají výsledky výzkumu uvedené v grafu na obrázku č. 11. První aplikace přípravků byla provedena v posledním týdnu v březnu, přičemž každý z přípravků byl aplikován ve třech variantách – varianta 1 (jednorázová aplikace), varianta 14 (opakovaná aplikace každých 14 dní) a varianta 7 (opakovaná aplikace každých 7 dní). Mrazový test proběhl v posledním týdnu v květnu, v případě varianty 14 proběhla aplikace přípravků 5 krát, v případě varianty 7 byly přípravky aplikovány 9 krát. Průběh mrazového testu byl následující (viz obr. č. 12): vzorky byly aklimatizovány na počáteční teplotu +4 °C, poté byla teplota průběžně snižována o 2 °C za jednu hodinu až na cílovou teplotu -4 °C, tato teplota byla udržována následující 4 hodiny, poté byla teplota průběžně zvyšována zpět na +4 °C rychlostí 2 °C za jednu hodinu. Na obr. 11 jsou zobrazeny podíly poškozené a nepoškozené plochy asimilačních orgánů jednotlivých variant. Je z něj patrné, že varianty pouze s jednou aplikací přípravků neprokázaly lepší výsledky než varianta kontrolní (bez aplikace přípravků). Naopak varianty 7 a 14 obou přípravků velmi výrazně snížily podíl poškozené plochy vzorků letorostů, a to téměř shodně o více jak 60 %. Popisovaný způsob lze s úspěchem použít i na jiné druhy sadebního materiálu jehličnatých dřevin.



Obr. 12: Podíl poškozené a nepoškozené plochy asimilačních orgánů letorostů douglasky tisolisté po aplikaci přípravků na bázi boru

Fig. 12: The proportion of damaged and intact area of Douglas fir assimilatory organs after the application of boron based preparations



Obr. 13: Průběh teplot provedeného mrazového testu

Fig. 13: Course of temperatures during the performed frost test

3 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Ve školkařských provozech, lesnické praxi i výzkumné činnosti je možné analyzovat škody na sadebním materiálu pozdními mrazy různými metodami od kvalifikovaného odhadu až po exaktní zjištění míry poškození přesnými vědeckými metodami. Tato certifikovaná metodika poskytuje poprvé školkařským a lesnickým provozům, ale i výzkumným pracovištím ucelené informace o možnostech kvantifikace poškození asimilačních orgánů sadebního materiálu mrazovými teplotami na vysoké odborné úrovni. Metodika dává na výběr, jakou metodu a tedy odbornou úroveň výsledků pro tuto činnost zvolit v závislosti na technickém či laboratorním vybavení pracoviště a odborné úrovni pracovníků provádějící analýzy. To znamená od metod založených čistě na vizuálním hodnocení poškození bez nutnosti využití specifického přístrojového vybavení až po metody vysoké vědecké úrovně vyžadující plně vybavenou laboratoř.

Přestože se škody pozdními a časnými mrazy vyskytují na území České republiky každoročně (v závislosti na klimatických podmínkách daného regionu), je v současné době možnost ochrany sadebního materiálu pěstovaného v lesních školkách na volných nekrytých plochách proti tomuto fenoménu velmi omezená. Snížení poškození mrazem lze řešit různými metodami, které jsou ovšem poměrně výrazně pracné a výsledek ochrany je nejistý (zakrývání záhonů, zakuřování). Účinnou metodou ochrany je využití účelových závlah – ochranných postřiků vodou proti mrazům, kdy se sadební materiál chrání krátkými postřiky v trvání 1-2 sekund v cca 60 sekundových intervalech (předávání skupenského tepla). Tento způsob ochrany je však limitován technologickým vybavením lesních školek (nutnost užití stabilního závlahového systému). V minulosti jsme odzkoušeli aplikaci celé řady přípravků např. na bázi cukru, draslíku a jiných živin, přesvědčivých výsledků však nebylo dosaženo. Tato metodika podává zcela nové informace o možnosti výrazného snížení poškození sadebního materiálu pozdními mrazy formou aplikací přípravků s obsahem boru postřikem.

4 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Poškození sadebního materiálu pozdními mrazy přímo v lesních školkách či na obnovovaných plochách je každoročně vyskytující se problém a to nejen u dřevin, které jsou k tomuto jevu obzvláště náchylné (např. jedle bělokorá, douglaska tisolistá), ale i u ostatních hospodářských dřevin. Tato certifikovaná metodika shrnuje nejen zkušenosti o možných a prakticky

uplatnitelných metodách vyhodnocení poškození asimilačního aparátu sadebního materiálu pozdními mrazy, ale přináší i nové informace o možnosti zvyšování mrazuvzdornosti sadebního materiálu přímo v lesních školkách aplikací vhodných přípravků. Certifikovaná metodika je určena zejména školkařským provozům pěstujícím sadební materiál, její uplatnění lze ale také nalézt na středních školách a univerzitách v rámci studia lesního školkařství.

5 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Využití certifikované metodiky ke snížení poškození sadebního materiálu douglasky tisolisté pozdními mrazy povede k výraznému snížení ekonomických ztrát ve školkařských provozech. Při využití popisovaného postupu dojde ke snížení škod případným pozdním mrazem o cca 65 % (u neošetřeného sadebního materiálu se poškození pohybuje na úrovni 95 %, u sadebního materiálu s aplikací přípravků na úrovni cca 30 %). Množství rozpěstovaného jednoletého sadebního materiálu douglasky tisolisté v lesních školkách ČR se pohybuje na úrovni cca 3 milionů kusů. V případě, že by byl tento sadební materiál plošně poškozen pozdním mrazem, pohybovaly by se ztráty na úrovni 25,65 milionů Kč (průměrná cena sazenice 9 Kč). V případě použití popsaného postupu aplikace přípravků by ztráty byly na úrovni 8,1 mil. Kč, ztráty by se tak tady snížily o 17,55 mil. Kč.

6 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

COOLING, E., N., JONES, B., E., 1970: The importance of boron and NPK fertilizers to Eucalyptus in the Southern Province, Zambia. *East African Agricultural and Forestry Journal*, 36(2): 185-194. ISSN 0012-8325.

ČERMÁK, M., MARTINKOVÁ, M., NÁROVEC, V., 2004: Patologický účinek mrazu a sněhu na smrčiny. *Lesnická práce*, 84(3): 126 - 128. ISSN: 0322-9254.

DEXTER, S., T., TOTTINGHAM, W., E., GRABER, L., F., 1930: Preliminary results in measuring the hardiness of plants. *Plant Physiology*, 5: 215-223.

DEXTER, S., T., TOTTINGHAM, W., E., GRABER, L., F., 1932: Investigations of the hardiness of plants by measurement of electrical conductivity. *Plant Physiology*, 7: 63-78.

GLERUM, C., 1985: Frost hardiness of coniferous seedlings: Principles and applications. *In: Evaluating seedling quality*, M.L. Durea (Ed.). Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis., 107–123.

GOLDBACH, H., E., EICHERT, T., WIMMER, M., M., 2006: Ist der Borbedarf abhängig vom Klima? 14. Tagung des Arbeitskreises Blattdüngung am 12. Oktober 2006 in Würzburg.

GOVINDJEE, 1995: Sixty-three years since Kautsky - chlorophyll-a fluorescence. *Australian Journal of Plant Physiology* 22(2): 131-160. ISSN: 0310-7841.

HOWELL, G., S., WEISER, C., J., 1970: Fluctuations in the cold resistance of apple twigs during spring dehardening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 95: 190-192. ISSN: 2327-9788.

KAUTSKY, H., HIRSCH, A., 1934: Chlorophyllfluoreszenz und Kohlensäureassimilation. Das Fluoreszenzverhalten grüner Pflanzen. *Biochem. Zeitschrift* 274: 423-434.

KRAUSE G., H., WEIS, E., 1991: Chlorophyll fluorescence and photosynthesis - the basics. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 42: 313-349. ISSN: 1040-2519.

MAXWELL, K., JOHNSON, G., J., 2000: Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51: 659-668. ISSN: 1460-2431.

PAPAGEORGIU G., C., GOVINDJEE, 2004: Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis. *Advances in photosynthesis and respiration*. Springer: Dordrecht, Netherlands, 842 s. ISSN: 1572-0233.

PAVLOVÁ, L., 2006: Fyziologie rostlin, Karolinum, 254s. ISBN: 8024609851.

PETERSON, R., B., OJA, V., LAISK, A., 2001: Chlorophyll fluorescence at 680 and 730 nm and leaf photosynthesis. *Photosynthesis Research*, 70: 185-196. ISSN: 1573-5079.

PROCHÁZKA, S., MACHÁČKOVÁ, I., 1998: Fyziologie rostlin, Academia, 484 s. ISBN 80-200-0586-2.

REPO, T. 1992: Seasonal changes of frost hardiness in *Picea abies* and *Pinus sylvestris* in Finland. *Canadian Journal of Forest Research*, 22: 1949–1957. ISSN: 0045-5067.

RÖHL, W., 1988: Terminierung der Bor- und Mangan-Blattdüngung zu Winterraps (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera*) mit Einfach- und Doppelqualität unter Berücksichtigung der Ertragskomponenten und Qualitätsparameter, Dissertation, Universität Rostock, 100 s.

SAKAI, A., LARCHER, W., 1987: Frost survival of plants. Responses and adaptation to freezing stress. *Ecological Studies*, vol. 62. Berlin, Springer Verlag. 321 p.

ŠIKA, A., 1977: Pěstování douglasky v ČSR. *Lesnická práce*, č. 10: 428-435.

ŠINDELÁŘ, J., BERAN, F., 2004: K některým aktuálním problémům pěstování douglasky tisolisté, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, *Lesnický průvodce* 3/2004, VÚLHM, 34 s. ISBN 80-86461-38-6.

ŠINDELÁŘ, V., 2003: Aktuální problémy a možnosti pěstování douglasky tisolisté, *Lesnická práce*, 82(5): 14 – 16. ISSN: 0322-9254.

7 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

MAUER, O., VANĚK, P., 2013: Pěstování sadebního materiálu pro podsadby, do mrazových a suchých lokalit. In: *Lesné semenárstvo, škôlkarstvo a umelá obnova lesa 2013*, Združenie lesných škôlkarov Slovenskej republiky. s. 25-26.

VANĚK, P., MAUER, O., CAFOUREK, J., 2013: Pěstování sadebního materiálu douglasky tisolisté na zvýšení odolnosti proti mrazu. In: *Aktuálne problémy v zakladaní a pestovaní lesa*. 1. vyd. Zvolen: Národné lesnícke centrum, 2013, s. 46-55. ISBN 978-80-8093-178-0.

VANĚK, P., MAUER, O., CAFOUREK, J., 2014: Možnosti zvyšování odolnosti sadebního materiálu proti pozdnímu mrazu. *Zahradnictví*, 13(2): 25-27. ISSN 1213-7596.

8 DEDIKACE

Předložená metodika byla vypracována na Lesnické a dřevařské fakultě Mendelovy univerzity v Brně v rámci řešení projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum NAZV QI112A172 - *Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR.*

METHODOLOGY FOR EVALUATING FROST DAMAGE TO ASSIMILATORY ORGANS OF CONIFEROUS TREE SPECIES AND POSSIBILITIES FOR IMPROVING THE RESISTANCE OF DOUGLAS FIR AGAINST LATE FROSTS

Summary

In general, it is possible to claim that no serious problems are recorded in the conditions of the Czech Republic and in a larger part of Central Europe's territory with the frost resistance of native tree species during the winter season when the plants are at full dormancy. Nevertheless, in periods of plant growth beginning or end in spring or in autumn when the plants are at non-dormant state and physiologically active, the capacity of plant tissues to resist low temperatures is considerably low. In several last years, a considerably serious damage to the planting stock in nurseries as well as to transplants in the environment of forest stands by late and early frosts was repeatedly recorded in the Czech Republic. The phenomenon occurs nearly across the whole territory of the country at various intensities and frequencies in dependence on climatic conditions of particular regions. Although the damage by late frost occurs in the Czech territory every year, a possibility to protect the planting stock raised in forest nurseries in open plots without shelter against this phenomenon is very limited at present.

The certified methodology provides complete information and precise methodological procedures of high technical standard to nurseries and forest operations about possibilities for the quantification of damage to planting stock assimilatory organs by frost temperatures. The methodology gives an opportunity for choosing the method and hence the expert level of results for this activity in dependence on the technical workplace equipment or laboratory, and qualifications of staff performing the analyses. Some methods are based on a purely visual evaluation of the damage without any specific instrumentation; some methods are of high scientific standard and require a fully equipped laboratory (shoot electrolyte leakage, chlorophyll fluorescence). The described methodological procedures can be used for the quantification of damage to the planting stock by natural frost temperatures. At the same time, the described procedures can be used to investigate the frost resistance of plants when the forest nursery staff can check the resistance of plants to late frost damage – for example in the planting stock intended for plantation in frost localities.

A following part of the methodology brings the characterization of a quite new procedure of Douglas fir planting stock protection against late frost. In the past, the application of a range of preparations was tested that was based for example on sugar, potassium and other nutrients. Convincing results were not achieved though. This methodology bring a brand new information about a possibility for how to achieve a considerable reduction of damage to planting stock by late frost by way of the spray application of boron-containing preparations. The application of sprays with a high content of boron at the beginning of growing season at 14-day intervals can reduce the damage to the Douglas fir planting stock by 65%, as compared with untreated transplants (late frost damage in the untreated planting stock ranges up to 95% while in the treated planting stock it amounts to ca. 30%).

Název: Metodika hodnocení poškození asimilačních orgánů jehličnatých dřevin mrazem a možnosti zvyšování odolnosti sadebního materiálu douglasky tisolisté proti pozdním mrazům

Autoři: Vaněk Petr, Mauer Oldřich, Cafourek Josef

Vydavatel: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Tisk: Vydavatelství Mendelovy univerzity v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Publikace neprošla jazykovou úpravou

Vydání, rok: první, 2014

Počet stran: 31

Náklad: 50 ks

ISBN 978-80-7509-162-8