Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

Poškození rašících pupenů jedle bělokoré mrazem

Bakalářská práce

Autor: Jiří Kerschlager

Vedoucí práce: Ing. Martin Baláš, Ph.D

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jiří Kerschlager

Lesnictví

Ochrana a pěstování lesních ekosystémů

Název práce

Poškození rašících pupenů jedle bělokoré mrazem

Název anglicky

Frost Damage of Silver Fir Sprouting Buds

Cíle práce

Cílem práce je analyzovat rozsah a další aspekty poškození terminálních a bočních pupenů mrazem u kultur jedle bělokoré ve fázi rašení, a to jak v terénních, tak laboratorních podmínkách.

Metodika

Vypracujte rešeršní rozbor na téma odolnost rašících pupenů lesních dřevin k pozdnímu mrazu – se zaměřením na jedli bělokorou.

Vyhodnoťte již dříve pořízená data z případové studie, která dokumentuje poškození rašícího terminálního pupenu mrazem v porovnání s bočními pupeny z vrcholové růžice. Jsou k dispozici data ze 3 lokalit, vždy cca 100 jedinců. Data poskytne vedoucí.

Po dohodě s vedoucím proveďte ověřovací simulaci mrazového stresu u sazenic jedle bělokoré v kontrolovaných podmínkách v klimakomoře. Budou provedeny nejméně 3 varianty simulace mrazového stresu s různým nastavením času a teploty. V každé variantě bude stresováno cca 50 jedinců.

Harmonogram:

V/2021 (podle aktuální fenologie): provedení laboratorního experimentu

IX/2021: předběžná verze literárního rozboru

XII/2021: předběžná verze výsledkové části

II/2022: předběžná kompletní verze práce

III/2022: finalizace práce

IV/2022 (podle oficiálního termínu): odevzdání finální verze práce

Doporučený rozsah práce

35 s., grafické přílohy dle potřeby

Klíčová slova

terminální pupen, boční pupeny, pozdní mrazy, klimakomora

Doporučené zdroje informací

Balcar V. et al. (2011): Obnova lesa ve vyšších horských polohách postihovaných extrémními mrazovými stresy. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce 1/2011. VÚLHM, Strnady, 36 s., ISBN 978-80-7417-043-0.

Caffarra A., Donnelly A. (2011): The ecological significance of phenology in four different tree species: Effects of light and temperature on bud burst. International Journal of Biometeorology, 55: 711–721.

Geiger R. (1950): The Climate Near the Ground. Harvard University Printing Office, Cambridge, 482 s.

Langvall O., Ottosson Löfvenius M. (2002): Effect of shelterwood density on nocturnal near-ground temperature, frost injury risk and budburst date of Norway spruce. Forest Ecology and Management, 168: 149–161.

Špulák O., Balcar V. (2013): Temperatures at the margins of a young spruce stand in relation to aboveground height. iForest – Biogeosciences and Forestry, 6: 302–309.

Špulák O., Martincová J. (2018): Vliv světelných podmínek na reakci sazenic jedle bělokoré na pozdní mráz. Zprávy lesnického výzkumu, 63(2): 73-81.

Uhlířová H., Kapitola P. et al. (2004): Poškození lesních dřevin. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 288 s., ISBN 80-86386-56-2.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Martin Baláš, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Konzultant

Ing. Josef Gallo, MSc.

Elektronicky schváleno dne 29. 4. 2021

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 7. 2021

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Poškození rašících pupenů jedle bělokoré mrazem" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 5. 4. 2023

Podpis autora

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Martinu Balášovi, Ph.D., za cenné rady, spolupráce a vedení mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině a blízkým, především rodičům a bratrovi za podporu při psaní této práce.

Abstrakt

Tématem této bakalářské práce byla analýza poškození pozdními mrazy u sazenic jedle bělokoré, kdy byla k dispozici data ze třech výzkumných ploch v terénu a následně proběhly simulace v klimakomoře. V teoretické části je rozebrán aktuální stav jedle v evropských i českých lesích a následně je rozebrána problematika škod způsobených pozdními mrazy.

V praktické části je popsáno, jak bylo vyhodnocováno poškození pozdními mrazy na sazenicích jedle a je hodnoceno, jak často docházelo k poškození mrazy pouze u bočních pupenů. Největší podíl sazenic, které měly poškozeny pouze boční pupeny, zatímco hlavní pupen zůstal nepoškozen, se nacházel na ploše Mistrovice, kde podíl dosáhl 59,2 %. Nejmenší podíl takto poškozených sazenic byl zaznamenán na ploše Truba a sice 23,4 %.

Následně byly provedeny v letech 2021 a 2022 simulace v klimakomoře, jejichž cílem bylo pokusit se najít parametry mrazové epizody (minimální teplota a doba trvání), při které bude dosažen maximální podíl sazenic s poškozenými pouze bočními pupeny případně alespoň podíl blížící se pozorování v terénu. Druhého cíle se povedlo dosáhnout při simulaci v roce 2022 při teplotě -3,5 °C po dobu 1 hodiny, kdy podíl sazenic s poškozeným hlavním pupenem byl stejný jako podíl sazenic s poškozenými pouze vedlejšími pupeny a to 42,1 %. Ve většině simulací se povedlo dosáhnout podílu specificky poškozených sazenic podobného jako na ploše Truba.

Klíčová slova: terminální pupen, boční pupeny, pozdní mrazy, poškození, klimakomora, jedle

Abstrakt

The theme of this bachelor's thesis was the analysis of late frost damage to sprouting buds in silver fir seedlings, where data from three field research plots were available and then simulations were run in a climatology. In the theoretical part, the current status of fir trees in European and Czech forests is discussed, followed by a discussion of late frost damage.

The practical part describes how late frost damage was assessed on fir seedlings and how often frost damage occurred only in lateral buds. The highest proportion of seedlings that had damage only to the lateral buds and the main bud remained intact was found in the Mistrovice plot, where the proportion reached 59.2 %. The lowest proportion of seedlings damaged in this way was recorded in the Truba plot at 23,4 %.

Subsequently, climatological simulations were carried out in 2021 and 2022 to try to find the parameters of the frost episode (minimum temperature and duration) that would result in the maximum proportion of seedlings with only lateral bud damage or at least a proportion close to the field observations. The second objective was achieved in a simulation in 2022 at -3.5 °C for 1 hour, where the proportion of seedlings with damaged main bud was the same as the proportion of seedlings with damaged lateral buds only, namely 42.1%. In most of the simulations, the proportion of specifically damaged seedlings was similar to the Truba plot.

Key words: terminal bud, lateral buds, late frost, damage, climacteric, silver fir

Obsah

1 Úvod 9

2 Cíle práce 9

3 Literární rešerše 10

3.1 Jedle bělokorá (*Abies alba*) 10

3.2 Poškození mrazem 12

4 Metodika 14

4.1 Terénní podmínky 14

4.2 Sběr dat 15

4.3 Plocha Truba 16

4.4 Plocha Planá nad Lužnicí 17

4.5 Plocha Mistrovice 18

4.6 Simulace 19

5 Výsledky 21

5.1 Plochy v terénu 21

5.1.1 Plocha Truba 21

5.1.2 Plocha Planá nad Lužnicí 21

5.1.3 Plocha Mistrovice 23

5.2 Výsledky simulací 26

5.2.1 Simulace v roce 2021 26

5.2.2 Simulace v roce 2022 31

6 Diskuze 33

7 Závěr 36

8 Seznam literatury a zdroje 38

1 Úvod

Při dnešním stavu lesů, kdy v důsledku klimatických změn, ale i dřívějšího nevhodného způsobu pěstování monokultur čelíme mnoha disturbancím, je velice důležité, aby odrůstaly nově obnovované porosty. Během odrůstání kultur se může vyskytnout řada problémů, zejména se jedná o škody zvěří, nebo mrazem.

Při obnově lesů je v posledních letech trendem pěstovat smíšené porosty s co nejnižším podílem smrku (*Picea abies*). Ne na všech stanovištích lze pěstovat listnaté dřeviny a jedle do našich lesů přirozeně patří. Je součástí hercynské směsi a její přirozené zastoupení činí 19,8 %. Současné zastoupení je přitom pouze 1,2 % a cílové 7,6 % (MZe 2022). Je tedy zřejmé, že s jedlí se bude v budoucnu při obnově pracovat a bude s ní nahrazován smrk především kolem 5. LVS na svěžích půdách kategorie S a poté na stanovištích ovlivněných vodou, kde skvěle plní zpevňovací funkci (Bušina, Hrdina 2016).

Náplní práce je případová studie, která vyhodnocuje neobvyklý typ poškození rašících pupenů některých jedinců jedle bělokoré mrazem, které bylo vedoucím práce nezávisle pozorováno na třech výzkumných plochách, původně založených pro jiný účel. Konkrétně se jednalo o jev, kdy u rašících pupenů byly mrazem poškozeny boční pupeny, ale terminální zůstal nepoškozen. Následně byly v rámci zadané bakalářské práce provedeny laboratorní experimenty, jejichž cílem bylo zjistit, zda bude možné nasimulovat zmíněný typ poškození také v řízených podmínkách.

Při obnově musíme znát veškerá rizika, která nám mohou komplikovat zajištění kultur. U jedle je známo, že bez oplocení nemá téměř možnost kvůli vysokému tlaku zvěře odrůst, zároveň je ale náchylná na poškození pozdními mrazy a je tedy důležité zjistit, jak moc mrazy ohrožují odrůstání jedle.

2 Cíle práce

Cílem je analyzovat aspekty a rozsah poškození terminálních a bočních pupenů jedle bělokoré mrazem v terénních i laboratorních podmínkách. Dále pomocí literární rešerše zjistit, jak byla tato problematika popsána a případně řešena v zahraničí a kde se lesníci setkali s tím, že alespoň u části jedinců docházelo k poškození bočních pupenů.

3 Literární rešerše

3.1 Jedle bělokorá (*Abies alba*)

Jedle patří společně se smrkem ztepilým (*Picea abies*) a bukem lesním (*Fagus sylvatica*) mezi dřeviny hercynské směsi. Jedná se o stín tolerantní dřevinu a nejlépe prospívá na půdách typu eutrické a dystrické kambizemě (Dinca et al. 2022). Na území České republiky se vyskytuje v nižších horských polohách s optimem mezi 500–900 m n. m., její původní výskyt je však i v nižších polohách, například v inverzních údolích (Novák, Dušek 2021). Vyskytuje se především ve smíšených porostech s listnáči i jehličnany, porosty se 100% zastoupením jedle jsou velice vzácné (Dinca et al. 2022). Jedle je jednou z našich významných melioračních a zpevňujících dřevin, na základě čehož se mírně zvyšuje její zastoupení v našich lesích, jelikož je takto prezentována ve většině cílových hospodářských souborů (Třeštík, Podrázský 2017). Zatímco její zpevňující funkce je dána kůlovým kořenem o její meliorační funkci se vedou diskuze, ovšem ve většině cílových hospodářských souborech je mezi MZD uváděna (vyhl. 298/2018 Sb.).

Jedle patří mezi naše přirozené dřeviny a na našem území se historicky vyskytuje již po staletí. Dříve byla v našich lesích výrazně zastoupenou dřevinou, ale postupem let došlo k jejímu úbytku způsobenému především znečištěným ovzduším a klimatickou změnou (Dinca et al. 2022), nejčastěji se jako příčina odumírání zmiňuje citlivost na SO_2 (Dobrowolska et al. 2017). Tomu, aby byl větší podíl jedle v našich porostech, neprospívá počasí posledních let, kdy jsou zaznamenávány menší úhrny srážek a etapy sucha a nenasycení půd vodou se během roku prodlužují. Dále nejsou příznivé rozsáhlé kalamitní holiny, pro které jsou tyto problémy s vlhkostí typické (Polách, Špulák 2022). Co se týče úbytku jedle z lesních porostů v historii, tak například Elling et al. (2009) tvrdí, že větší vliv na odumírání jedle mají emise SO_2 než klima nebo podnebí. Jedle je nejcitlivější dřevinou na působení SO_2 ze všech dřevin v Evropě, ale naštěstí v dnešní době díky odsiřování elektráren a přechodu na ekologičtější výrobu elektřiny a tepla problém s emisemi SO_2 odpadá a jedle se tak může z tohoto pohledu do krajiny vracet. Autoři dokonce tvrdí, že SO_2 má i zásadní vliv na odolnost jedlí vůči suchu, což pokládají jako důležité pro budoucnost jedle v lesních porostech Evropy, jelikož bez emisí je jedle odolnější a na mnoha stanovištích by mohla nahrazovat smrk, což je v dnešní době více než aktuální.

Jedli také příliš neprospívá současný systém hospodaření, kdy převažují holoseče a náseky. Pro přirozenou obnovu jedle je příznivější, pokud jsou napodobovány maloplošné disturbance, kdy odtěžením jednoho stromu, případně menšího množství stromů, vznikají

mezery, ve kterých je pak jedle schopna se přirozeně obnovovat (Muscolo et al. 2010). Ale v dnešní době, kdy kvůli změnám klimatu a kůrovcovým disturbancím vzniklo spoustu holin, je třeba se ptát, zda by nebylo možné se díky tomu pokusit zvýšit podíl jedle v našich porostech, což je ostatně cílem lesníků, jak bylo zmíněno v úvodu této práce. Vaněk, Mauer (2014) se ve svém výzkumu věnovali právě tomu, jak by bylo možné zalesňovat jedlí i vetší holiny a doporučují sázet jedli do rohu vykácené plochy, kde bude chráněna ze dvou stran dospělým porostem, nebo sázet jedli společně s modřínem ve střídavých řadách, kdy u těchto dvou variant sázení docházelo k nejlepší kombinaci, výškového přírůstu, vitality a mortality. V této studii poté zjistili, že na volné ploše sice jedle nevykazuje špatné hodnoty výškových přírůstů, ale dosahuje nejvyšší mortality.

Jedle se přirozeně vyskytuje na nejvíce stanovištích společně s bukem, který je také stín tolerantní dřevinou. Ovšem buk je schopen lépe než jedle reagovat na změny světelných podmínek a také proto je v lesích střední Evropy častěji zastoupený než jedle. To je také možný důvod, proč se jedle v lesích s převahou přirozeného zmlazení buku není schopna více prosadit a účinně obnovovat (Čater et al. 2014). V našich lesích je stále velmi častým způsobem obnovy jedle přirozená obnova. Nejlépe probíhá pod porosty borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a břízy bělokoré (*Betula pendula*), poté ve smíšených jedlových porostech s příměsí habru obecného (*Carpinus betulus*) a celkově ve smíšených porostech na bohatších půdách (Dobrowolska 1998). Díky těmto zjištěním můžeme jedli do těchto porostů zkoušet i uměle podsazovat, pokud je zde přirozená obnova jedle minimální, nebo žádná z důsledku malého množství dospělých plodících jedinců.

Ve své studii se Chauchard et al. (2010) zmiňují, že se posunula horní hranice výskytu jedle o cca 300 m, což sice není nijak významné z pohledu České republiky, ale z pohledu jiných Evropských zemí (např. Rakousko, Francie, Švýcarsko) a evropských lesů jako celku to lze brát pozitivně, jelikož to znamená, že jedle se do lesů Evropy může vracet i díky tomuto posunu její horní hranice výskytu. Jedle sice začala mizet z našich lesů i kvůli klimatické změně, ovšem díky ní se objevují i nové možnosti pro rozšíření areálu jedle bělokoré, kdy může být pozitivní prodloužení vegetační doby, ke kterému by mohlo docházet ve vyšších polohách. Zároveň je tu ale riziko, že bude ohrožována delšími obdobími sucha, která klimatickou změnu doprovází a která budou častá zase v nižších polohách (Lebourgeois et al. 2010). Může tedy docházet k rozšíření jedle do vyšších poloh, ale zároveň může vymizet z těch nižších.

S tímto souvisí i fakt, že jedle by se mohla stát zajímavou introdukovanou dřevinou v místech, kde se dříve přirozeně nevyskytovala, tomuto tématu se věnuje Koprowski (2013),

který tuto problematiku zkoumá v rámci severovýchodního Polska. Další výhodou jedle v této oblasti rozšiřování jejího výskytu na místa, odkud vymizela, nebo kam by se mohla díky různým faktorům nově rozšířit je i její odolnost vůči různým škodlivým činitelům, například hmyzím škůdcům, ale také její odolnost vůči kořenovníku vrstevnatému (*Heterobasidion annosum*) a mšicím (Kerr et al. 2015). Díky této odolnosti může být vysazena v místech, kde je s těmito škodlivými činiteli problém a obnova pomocí jiných dřevin, které na tyto škůdce trpí, se na těchto místech v minulosti nedařila.

Při obnově jedle nás můžou potkat ale také problémy, a to konkrétně se zvěří, která se na jedli zaměřuje více než na jiné druhy. Proto v lesích v České republice je prakticky nemožné zajistit plochy s jedlí bez použití oplocení. Největší problém nastává u zimního okusu spárkatou zvěří, kdy jedle bývá často nejlepší alternativou pro zvěř v době, kdy v krajině není mnoho další potravy (Häsler, Senn 2012). Především zvěř srnčí a jelení poté působí na výsadbách jedle velké škody. Při okusu bývají nejčastěji poškozeny stromky, které jsou větší, starší, vitálnější a lépe rostoucí než stromky v kultuře potlačené (Kupferschimd et al. 2013), což samozřejmě je pro lesníky nežádoucí, protože zvěř ničí přednostně ten nejlepší materiál, který se na zalesněné ploše nachází. Zde je třeba zmínit, že pokud nedojde k redukci stavů spárkaté zvěře na našem území, bude problém dosáhnout požadovaného zastoupení jedle v našich porostech, i přes všechna pozitiva, která byla doposud o jedli zmíněna.

Význam jedle pro evropské lesnictví je mnohem větší, než jak vypadá podle jejího aktuálního zastoupení v evropských lesích. Její důležitost spočívá ve zvyšování biodiverzity lesních ekosystémů a také je důležitá její odolnost vůči silným větrům a sněhu, čímž přispívá ke zvyšování celkové odolnosti porostů proti přírodním disturbancím. Její dřevo je poté jedním z nejcennějších mezi jehličnany rostoucími v Evropě. Slouží k výrobě celulózy i jako stavební dříví, jedle byly poté používány jako první vánoční stromky. (Dobrowolska et al. 2017).

3.2 Poškození mrazem

K poškození mrazem dochází ze začátku jara, kdy rostliny již začínají rašit. V denních hodinách je teplo, ale ještě se během nocí může ochladit až pod bod mrazu. V tu chvíli může docházet k poškození narašených pupenů, kdy jsou rostlinná pletiva těmito pozdními mrazy spálena. Bezprostředně poté, kdy k poškození mrazem dojde, se toto poškození projevuje zhnědnutím letorostu. V pozdějších letech lze poznat, že k poškození došlo podle toho, že chybí přírůsty. Například pokud mluvíme o poškození, kterým se zabývá tato práce, tak můžeme pozorovat, že chybí větve v přeslenu. Pokud dojde k poškození hlavního terminálního pupenu

jedle mrazem vznikají častěji vícekmenné stromky než po poškození tohoto pupenu okusem. Hlavní terminální pupen je poté nejčastěji nahrazen jedním z bazálních pupenů v nejvyšším přeslenu (Kupferschimd, Heiri 2019).

To, kdy dřevina začne rašit, ovlivňuje spousta faktorů, mezi které patří například vývoj teplot, intenzita slunečního záření a prodlužování dne. Také je důležité, o jaké rostliny se jedná, protože klimaxové druhy jako například buk lesní, které před rašením vyžadují delší chladnou periodu, raší pomaleji a jsou více citlivé na intenzitu světla než pionýrské druhy dřevin (např. bříza pýřitá). Ve výsledku jsou klimaxové dřeviny citlivější k poškození mrazem při rašení než dřeviny pionýrské (Caffarra, Donnelly 2011).

V souvislosti s rašením pupenů se Coke et al. (2012) ve své studii o dormanci pupenů zaměřují na vliv genetiky, hormonů, teplot a délky dne z pohledu slunečního svitu. V citovaných studiích výzkum probíhal na různých dřevinách jak nahosemenných, tak krytosemenných. Výzkum se sice nedotýkal přímo poškození mrazem na rašících pupenech, ale byly zde zmíněny zajímavé teorie o vlivu genetiky, hormonů, teplot a délky dne, které by mohly při podrobnější studii zodpovědět, proč docházelo u jedle k zvláštnímu typu poškození pouze bočních pupenů, které bylo základem této práce. U poškození mrazem tedy závisí na stupni narašení pupenu a na době, kdy začal pupen rašit. Jones, Cregg (2006) ve své studii zkoumali odolnost vůči mrazům u několika druhů jedlí a nejvíce na poškození mrazem trpěly ty, které začínaly rašit jako první. Pro tuto práci to může mít význam z toho pohledu, že většinou raší hlavní terminální pupen později než boční pupeny, což může být jeden z faktorů, proč na výzkumných plochách docházelo k jevu, kdy byly poškozeny boční pupeny a zároveň hlavní pupen zůstával v pořádku.

I proti poškození mrazy lze sazenice různými způsoby chránit. Například se doporučuje použití většího sadebního materiálu, jakým jsou poloodrostky a odrostky, jelikož čím níže nad zemí je teplota měřena, tím se zvyšuje riziko, že bude dosaženo teploty, která je schopna způsobit poškození (Špulák, Balcar 2013). Platí to jen v noci za jasného počasí, kdy obecně jsou při zemi vyšší výkyvy teplot mezi dnem a nocí z toho důvodu, že během dne se povrch zahřívá od slunečního záření. Dále je možné sazenice různě chránit třeba sázením pod porost, kde by mělo fungovat jiné mikroklima než na volných plochách. Pokud jedli sázíme na volnější plochy, tak Vaněk, Mauer (2014) měli ve svém výzkumu nejlepší výsledky, pokud byla sazenice jedle zasazena v rohu zmýcené plochy a ze dvou stran byla chráněna sousedním vzrostlým porostem, a dále v případě, kdy byla vysazována společně s modřínem opadavým (*Larix decidua*) a smíšení bylo provedeno přímo v řádku.

Špulák, Martincová (2018) zjistili, že více náchylné na poškození pozdním mrazem bývají sazenice jedle rostoucí v zástinu, které začínají dříve rašit než sazenice rostoucí na světle, které raší později. Autoři ve své studii dále zjistili, že větší poškození pletiv nastane v době, kdy po mrazové epizodě následuje slunečný den. Naopak, pokud je oblačno, poškození není tak výrazné. Dále má na mrazuvzdornost vliv plno faktorů, mezi které patří bilance uhlíku a vody a množství různých živin v rostlině. Velkou roli na to, zda bude rostlina trpět na poškození mrazem, hraje také fyziologie a stres vytvářený okolním prostředím (Charrier et al. 2015), což může být způsob hospodaření nebo znečištění, kdy stresovaná rostlina je následně náchylnější podléhat abiotickým a biotickým škodlivým činitelům.

Vliv na to, zda budou sazenice jedle trpět na poškození mrazem má také genetika a místo, odkud pochází sadební materiál. Výzkum (Kupferschmid, Heiri 2019) naznačil, že mnohem náchylnější k poškození pozdními mrazy jsou sazenice pocházející z nížinných zdrojů osiva, kde jsou podmínky teplejšího a suššího počasí, zatímco sazenice vzešlé ze zdrojů osiva pocházejících z vyšších poloh, kde bývá více vlhko a chladněji, jsou vůči poškození mrazem odolnější.

V dostupné literatuře se však nepodařilo najít podrobnější informace o výskytu poškození rašících pupenů jedlí mrazem, které je popisováno v této bakalářské práci, tedy situace, kdy jsou poškozeny pouze boční pupeny a hlavní terminální nikoliv.

4 Metodika

4.1 Terénní podmínky

Sběr dat probíhal na třech plochách nacházejících se v terénu, jednalo se o plochy Truba, Planá nad Lužnicí a Mistrovice.

Plocha Truba se nachází v areálu Výzkumné stanice Truba u Kostelce nad Černými lesy, která představuje technické zázemí pro arboretum FLD ČZU v Praze. Přírodní podmínky odpovídají 3. lesnímu vegetačnímu stupni a spadá do přírodní lesní oblasti (dále jen „PLO“) 10 – Středočeská pahorkatina. Jedná se o plochu bývalé okrasné školky se základními stanovištními parametry: SLT 3S, nadmořská výška 365 m, rovina, nezastíněná volná plocha.

Planá nad Lužnicí leží v Jihočeském kraji asi 7 km jižně od Tábora. Lesní vegetační stupeň je zde 2. a nachází se na rozhraní PLO 10 – Středočeská pahorkatina a 15b – Jihočeské pánve – část třeboňská pánev. Výzkumná výsadba se nachází na rekultivované vnitřní výsypce lomu na štěrkopísek se základními stanovištními parametry: SLT 3S, nadmořská výška 405 m,

JZ svah, mírný boční zástin od smíšeného porostu smrku a borovice. Pozemek je součástí majetku Městských lesů Tábor.

Plocha Mistrovice se nachází v Pardubickém kraji, obec leží 18 km severovýchodně od Ústí nad Orlicí. Spadá do 4. lesního vegetačního stupně a patří do PLO 26 – předhoří Orlických hor. Výsadba jedle se nachází v rámci větší kultury, která byla založena na bývalé zemědělské půdě. Základní stanovištní podmínky: SLT 4S, nadmořská výška 510 m, mírný SV svah, nezastíněná volná plocha. Pozemek je v soukromém vlastnictví.

4.2 Sběr dat

Na všech plochách byly vysazeny sazenice jedle bělokoré. U nich byly zaznamenávány údaje o výšce sazenice v cm, tloušťce kořenového krčku v mm a stupni poškození. Pro hodnocení stupně poškození sazenic byla vytvořena stupnice 1–6 (tabulka 1).

Tabulka 1: stupně poškození

Stupeň	Typ poškození
1	Bez poškození
2	Poškozeny boční i hlavní pupen na terminálu
3	Hlavní terminální nepoškozen, všechny boční terminální poškozeny
4	Poškozeny pouze boční pupeny
5	Hlavní terminální a alespoň jeden boční terminální pupen poškozen
6	Jiné poškození než mrazem (okus, starší zaschnutí, apod.)

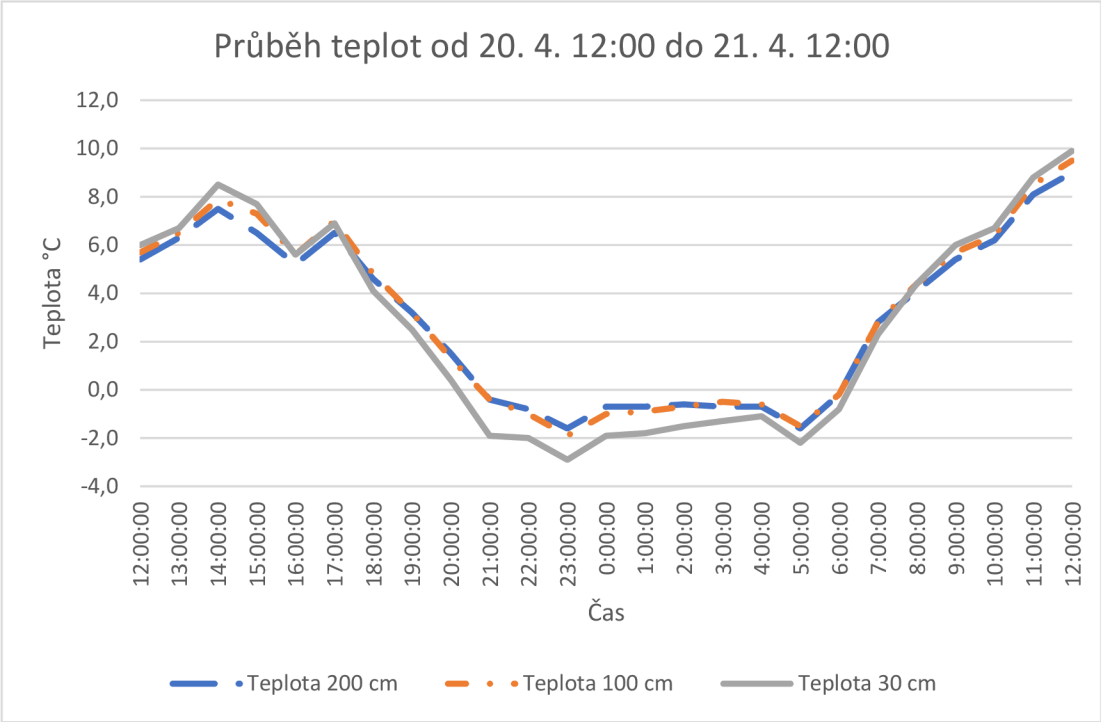
Z hlediska výzkumu prezentovaného v této práci jsou stěžejní sazenice se stupněm poškození 3 a 4, kdy nedocházelo k poškození hlavního terminálního pupenu, ale pouze k poškození bočních pupenů jak na terminálu tak mimo něj.

Pro jednodušší a přehlednější vyhodnocení výsledků byly sloučeny některé stupně poškození, které označovaly podobné poškození mrazem. Sloučeny byly stupně 2 a 5, které byly použity, pokud byl poškozen hlavní terminální a alespoň jeden nebo všechny boční pupeny na terminálu. Dále byly sloučeny stupně 3 a 4, které značily poškození pouze bočních pupenů nebo bočních pupenů na terminálu, bez poškození hlavního, tedy sledovaný jev. Toto poškození bylo poté v grafech zvýrazněno šrafováním. Vzhledem k tomu, že cílem práce je analyzovat, jak často dochází k poškozování mrazem pouze u bočních pupenů, kdy hlavní terminální pupen

je bez mrazového poškození, postačí nám tato zjednodušená stupnice, díky které jsou výsledky přehlednější.

4.3 Plocha Truba

Sazenice na této ploše byly vysazeny na jaře 2014 v celkovém počtu 880 ks. Dočasná výzkumná plocha sloužila ke sledování vlivu stimulátorů (brassinosteroidy a bio-algeen) na přírůst a vitalitu jedle. Sběr dat mrazového poškození probíhal v květnu 2017. Sazenice měly v tu dobu průměrnou výšku 84 cm a průměrnou tloušťku kořenového krčku 21 mm. Na ploše se nacházelo celkem 663 živých sazenic, na kterých bylo možné pozorovat stupeň poškození mrazem. Díky tomu, že se tato plocha nachází v areálu Výzkumné stanice Truba, jsou k dispozici i údaje z meteorologické stanice, ze kterých lze zpětně určit termín, kdy zde teploty byly pod bodem mrazu. Mrzlo zde ve dnech 19. 4., 20. 4. a 21. 4. Měření teploty probíhalo ve třech úrovních, 200 cm nad zemí, 100 cm nad zemí a 30 cm nad zemí. Dne 19. 4. mrzlo 7 hodin od 1:00 do 7:00, nejnižší teplota byla naměřena 30 cm nad zemí a byla -2,5 °C, průměrná teplota dosahovala od -1,3 °C ve 100 cm přes -1,5 °C ve 200 cm až po -1,7 °C ve 30 cm. Nejkratší dobu z těchto tří dní mrzlo 20. 4. a sice 4 hodiny od 3:00 do 6:00. Nejnižší teplota byla opět naměřena ve 30 cm a to -0,6 °C. Průměry byly ve 100 cm -0,1 °C, ve 200 cm -0,2 °C a ve 30 cm -0,4 °C. Naopak nejdéle mrzlo v noci z 20. na 21. 4., kdy se teploty pod bodem mrazu nacházely 10 hodin od 21:00 (20. 4.) do 6:00 (21. 4.). Nejnižší teplota byla i tento den ve 30 cm a to -2,9 °C, průměry byly -0,8 °C ve 200 cm, -0,9 °C ve 100 cm a -1,7 ve 30 cm. Je pravděpodobné, že poškození způsobila tato poslední mrazová noc. Na grafu 1 je zobrazen, jaký byl průběh teplot před, během a po této nejchladnější noci.



Graf 1: meteostanice Truba - průběh teplot od 20. 4. 12:00 do 21. 4. 12:00

4.4 Plocha Planá nad Lužnicí

Na této ploše byla jedle vysazena v září 2015 v celkovém počtu 650 ks. Původní účel výsadby bylo ověření účinnosti repelentu s obsahem kapsaicinu, což je látka pálivé chuti, vyskytující se například v chilli papričkách. Mrazová epizoda, která způsobila poškození, se zde vyskytla pravděpodobně v ranních hodinách 13. 5. 2020 kdy na meteorologické stanici v Táboře (vzdálené cca 10 km) ve 2 m nad zemí byla zaznamenána minimální teplota -1 °C (www.in-pocasi.cz). Teplota v přízemní vrstvě vzduchu byla pravděpodobně cca o 2 °C nižší. Sběr dat probíhal 21. 5. 2020. Vyhodnocení probíhalo na náhodně vybraném vzorku 100 sazenic, jejichž průměrná výška byla 69 cm a průměrná tloušťka kořenového krčku byla 16 mm. Pouze na této ploše byly sazenice vysazené na podzim a ne na jaře.

Obrázek 1: mrazem poškozené boční pupeny jedle na terminálu na výzkumné ploše Planá nad Lužnicí

4.5 Plocha Mistrovice

Na ploše Mistrovice byla jedle vysazena v květnu roku 2019. Účelem výzkumné plochy s celkovou rozlohou cca 1,5 ha je sledování růstu vybraných druhů dřevin vysazených na bývalé zemědělské půdě. Sledované výsadby jedle se nacházejí na dílčích plochách s označením B11, D11, G11 a H11. Na každé dílčí ploše bylo vysazeno cca 150 sazenic jedle. V rámci vyhodnocení poškození mrazem byli sledováni pouze jedinci v transektech, položených uhlopříčně přes dílčí plochu. Vybráni byli jedinci v celkovém počtu 76 kusů. Předmětná mrazová epizoda se zde zřejmě vyskytla rovněž 13. 5. 2020, kdy na meteorologické stanici Žamberk (vzdálené cca 12 km) ve 2 m nad zemí byla zaznamenána minimální teplota -2 °C (www.in-pocasi.cz). Data byla sbírána 25. 5. 2020 a jedle na této ploše byly tedy nejmladší ze všech. Na plochách B11 a D11 byly sazenice větší, konkrétně v průměru 31 cm vysoké a 7 mm tloušťka na B11 a na D11 výška 32 cm a 6 mm tloušťka. Sledovaných sazenic na těchto plochách bylo také více než na zbylých dvou B11 – 24 a D11 – 25. Na ploše G11 bylo 14 sazenic s průměrnou výškou 25 cm a tloušťkou kořenového krčku 6 mm. Na ploše H11 poté bylo 13 sazenic s průměrnou výškou 20 cm a průměrnou tloušťkou 5 mm. Na celé ploše

Mistrovice bylo tedy sledováno 76 sazenic jedle bělokoré s průměrnou výškou 29 cm a tloušťkou kořenového krčku 6 mm.

Obrázek 2: rozsáhlé poškození mrazem bočních pupenů na ploše Mistrovice, hlavní terminální pupen zůstává bez poškození

4.6 Simulace

Pro porovnání dat získaných v terénu, proběhla simulace přírodních podmínek v klimakomoře. Úkolem bylo pomocí uměle vytvořených podmínek zjistit, zda se podaří u sazenic dosáhnout toho, že budou poškozeny pouze boční pupeny a jak častý tento jev bude. První simulace byly provedeny v roce 2021 od 5.5. až do 1.6., kdy byly provedeny poslední simulace v klimakomoře. Sazenice byly vystaveny různě silnému mrazu po různě dlouhou dobu. Nejdříve byla nastavena teplota -3 °C pod dobu 3 a 4 hodin. Tyto pokusy proběhly 5., 11., 12., 26., 28.5. a 1.6. Poté proběhly pokusy s teplotou -3,5 °C na 3,5 a 4 hodiny ve dnech 17., 26. a 28.5. Další teplotou vybranou k simulaci bylo -4 °C na 3 a 4 hodiny 13., 18. a 19.5. Nakonec byla jako nejnižší teplota k simulaci vybrána hodnota -5 °C po dobu 3 hodin a tato simulace proběhla 12.5.

Po druhé byly simulace v klimakomoře provedeny v roce 2022, které ale tentokrát proběhly už v březnu. Sazenice byly před experimentem přeneseny cca na 3 týdny do pokojové teploty, aby se urychlilo jejich narašení. Tentokrát byly k simulaci použity pouze 3 druhy teplot a sazenice byly exponovány po kratší dobu. Nejprve byla 3.3. nastavena teplota -4 °C na 1 hodinu. Další simulace proběhla 5.3. a sice -3,5 °C na 1 hodinu. Poslední simulace ze dne 16.3. probíhala za teploty -3,5 °C na 1,5 hodiny. Při simulaci z roku 2022 byly tedy použity pouze dvě teploty, k simulacím se vůbec nepoužil mráz silnější než -4 °C a slabší než -3,5. Byla také zkrácena doba expozice, kdy sazenice byly vystaveny mrazu maximálně 1,5 hodiny na rozdíl od simulací v roce 2021, kdy byly sazenice v mrazu ponechány minimálně 3 hodiny a nejvíce 4 hodiny. Dalším rozdílem v simulacích je doba, kdy byly provedeny. Zatímco v roce 2021 probíhaly v květnu a červnu, tedy v době, kdy už je v plném proudu vegetační období, tak v roce 2022 probíhaly simulace v březnu, kdy vegetační období teprve začíná. Vzhledem ke zmíněnému urychlení rašení bylo možné sazenice mrazu exponovat mrazu přesně v době počínajícího rašení, a tedy očekávané nejvyšší citlivosti k mrazu. Všechny tyto faktory se mohou podílet na rozdílnosti výsledků simulací v letech 2021 a 2022.

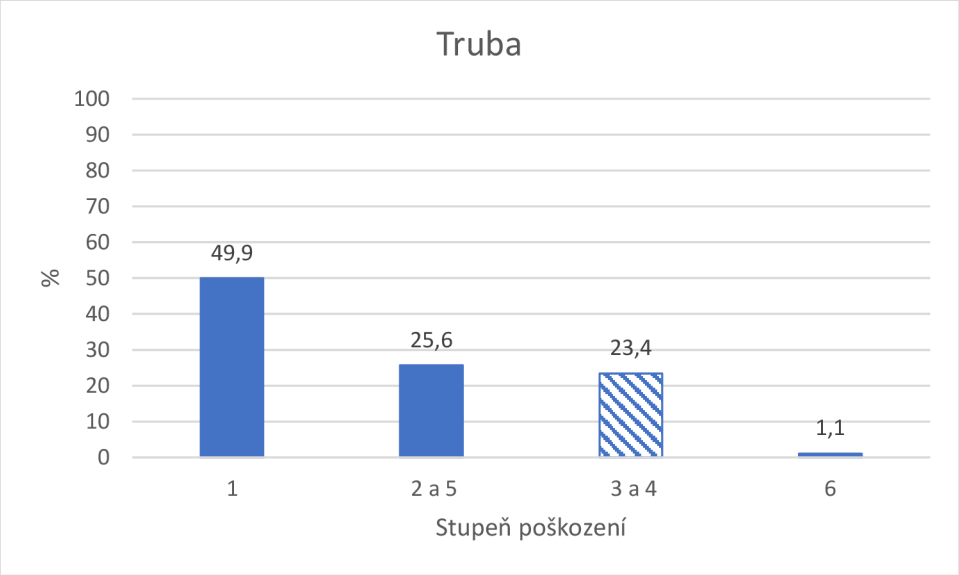
Obrázek 3: sazenice byly do klimakomory vkládány v květináčích po patnácti

5 Výsledky

5.1 Plochy v terénu

5.1.1 Plocha Truba

Na této ploše nacházející se na majetku ČZU, byl k dispozici ke sledování největší počet sazenic jedle. Mezi vysazením sazenic a sběrem dat uplynuly 3 roky a data zde byla sbírána nejdříve. Jedinci zde dosahovali největší výšky, v průměru 84 cm. Co se týče poškození mrazem, tak nejvíce sazenic zůstalo bez poškození, a to téměř 50 % (graf 2). Ze sazenic poškozených mrazem bylo více procent poškozeno včetně hlavního terminálního pupenu, ovšem nebyl zde výraznější rozdíl oproti sazenicím, které měly poškozeny pouze boční pupeny zatímco hlavní terminální byl bez újmy. Sazenic s tímto poškozením bylo na ploše 23,4 % a rozdíl oproti sazenicím s poškozeným hlavním terminálním pupenem mrazem byl mírně nad dvě procenta.

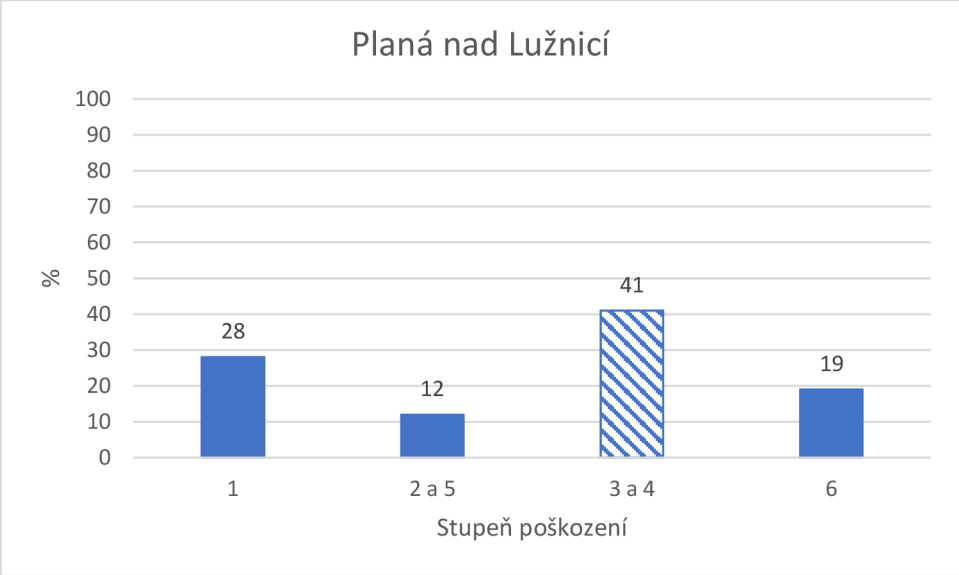


Graf 2: poškození na ploše Truba

5.1.2 Plocha Planá nad Lužnicí

Pouze na této ploše se vyskytovaly sazenice vysazené na podzim a v době sběru dat dosahovaly průměrné výšky 69 cm. Zde už je situace ohledně poškození pupenů mrazem jiná a nejvíce se zde vyskytuje poškození pouze bočních pupenů, a to jak na terminálu, tak mimo něj, bez poškození hlavního terminálního pupenu. Podíl takto poškozených sazenic dosahuje 41 % (graf 3). Zajímavé je, že sazenic, kde je poškozen i hlavní terminální pupen je pouze 12 %, což je vcelku výrazný rozdíl. Na této ploše se celkově vyskytuje velký počet poškozených

sazenic, kdy zdravých je jen 28 %. Důležité je, že se zde vyskytuje ve velké míře zkoumaný jev.



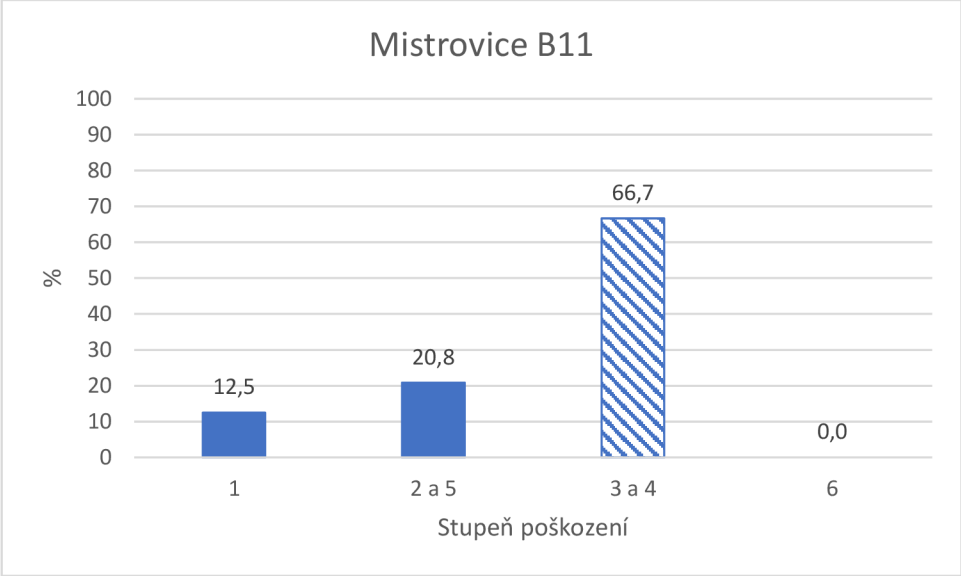
Graf 3: poškození na ploše Planá nad Lužnicí

Obrázek 4: poškození stupně 3 a 4 na ploše Planá nad Lužnicí

5.1.3 Plocha Mistrovice

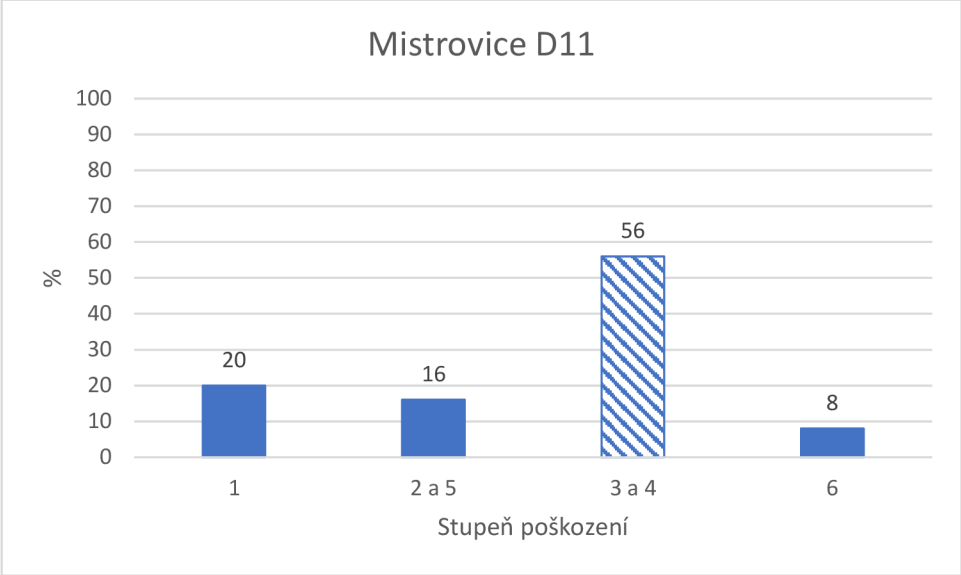
Zde probíhalo měření na třech dílčích plochách B11, D11, G11 a H11. Nejdříve bylo provedeno vyhodnocení na jednotlivých plochách a poté na celé výzkumné ploše Mistrovice.

Na ploše B11, kde dosahovaly sazenice průměrné výšky 32 cm, došlo nejčastěji k poškození mrazem s ohodnocením 3 a 4, tedy pouze boční pupeny a boční pupeny na terminálu. Takto poškozených sazenic bylo téměř 67 % (graf 4), což je výrazně více než sazenic, kde došlo i k poškození terminálního pupenu (20,8 %), nebo k žádnému poškození nedošlo (12,5 %).



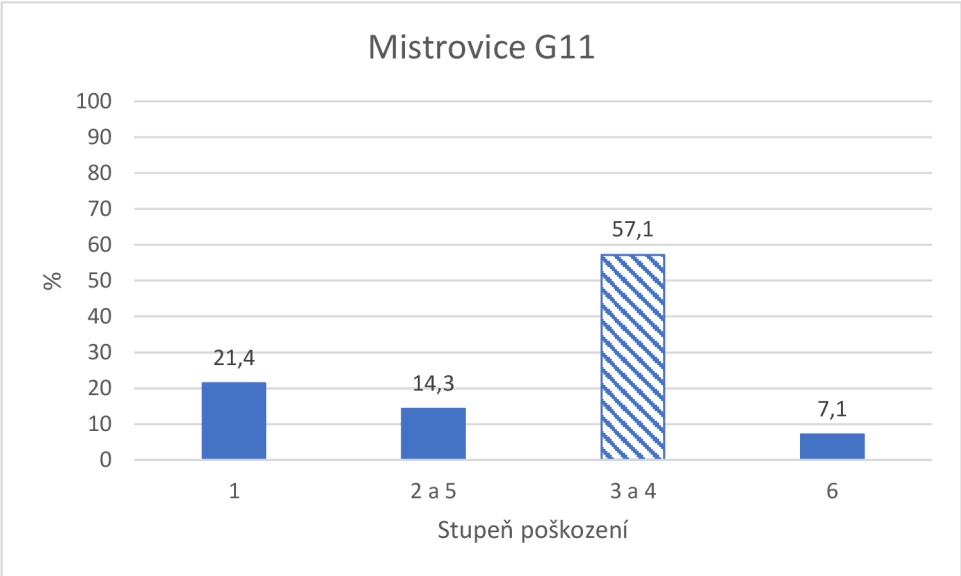
Graf 4: poškození na Mistrovice B11

Na ploše D11 dosahovaly sazenice podobné průměrné výšky jako na B11 (32 cm). I zde výrazně převyšovaly sazenice s poškozením 3 a 4, kterých je opět přes 50 % (graf 5). Na této ploše se vyskytuje více sazenic, které nejsou nijak poškozené (20 %), na rozdíl od předchozí plochy.



Graf 5: poškození na Mistrovice D11

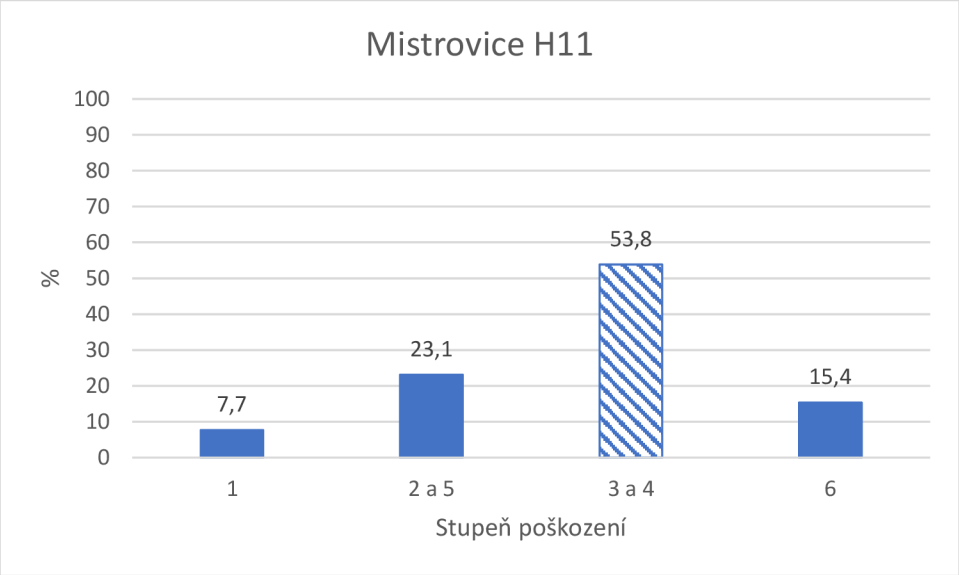
Na další dílčí ploše (s označením G11) se vyskytovaly nižší sazenice než na předchozích dvou plochách, konkrétně s průměrnou výškou 25 cm. Ovšem i zde se vyskytovalo přes 50 % sazenic s poškozením mrazem stupně 3 a 4 (graf 6). Podíl sazenic bez poškození byl podobný jako na předchozí ploše (21,4 %) a počet sazenic s poškozeným hlavním terminálním pupenem oproti předchozím dvěma plochám byl mírně nižší (14,3 %).



Graf 6: poškození na Mistrovice G11

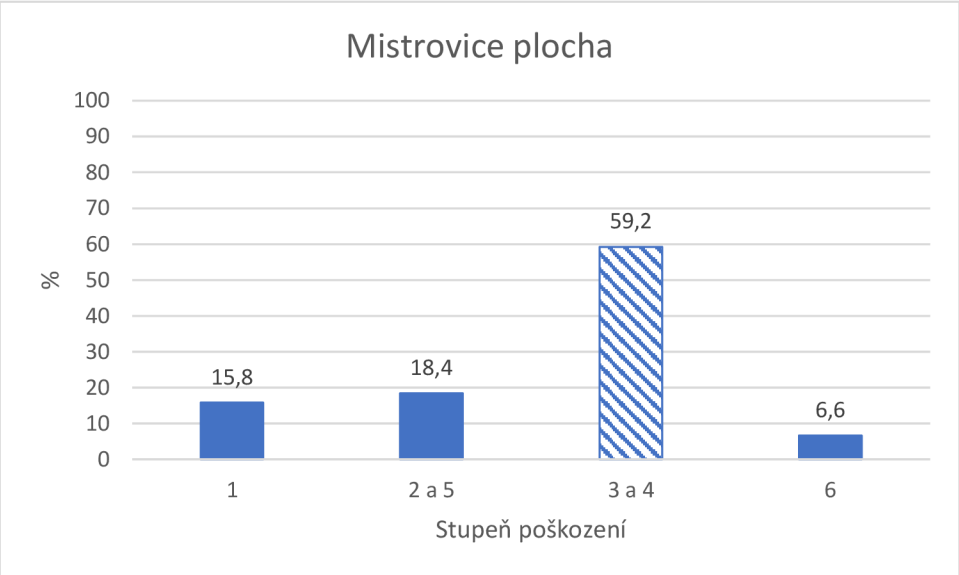
Na poslední dílčí ploše s označením H11 byly vůbec nejnižší sazenice z celé výzkumné plochy Mistrovice a sice průměrně 20 cm vysoké. I zde bylo nejvíce sazenic se stupněm poškození 3 a 4, jejichž podíl dosahoval téměř na 54 % (graf 7). Bylo zde naopak nejméně

sazenic bez jakéhokoliv poškození (7,7 %) a nejvíce sazenic s mrazovým poškozením hlavního terminálního pupenu, kterých bylo 23 %.



Graf 7: poškození na Mistrovice H11

Nakonec bylo provedeno celkové vyhodnocení sesbíraných dat na ploše Mistrovice, kdy jsem sečetl data ze všech dílčích ploch a dostal průměr z celé plochy. Sazenic s poškozením 3 a 4, které je pro sledovaný jev nejdůležitější, bylo dle očekávání získaných z vyhodnocování dílčích ploch nejvíce, téměř 60 % (graf 8). Podíl sazenic bez poškození a s poškozeným hlavním terminálním pupenem byl podobný, kdy rozdíl činil necelá 3 procenta, přičemž více bylo sazenic s poškozeným hlavním terminálním pupenem. Na ploše Mistrovice bylo nejvíce sazenic s poškozenými bočními pupeny a bočními pupeny na terminálu ze všech terénních ploch.



Graf 8: poškození na ploše Mistrovice

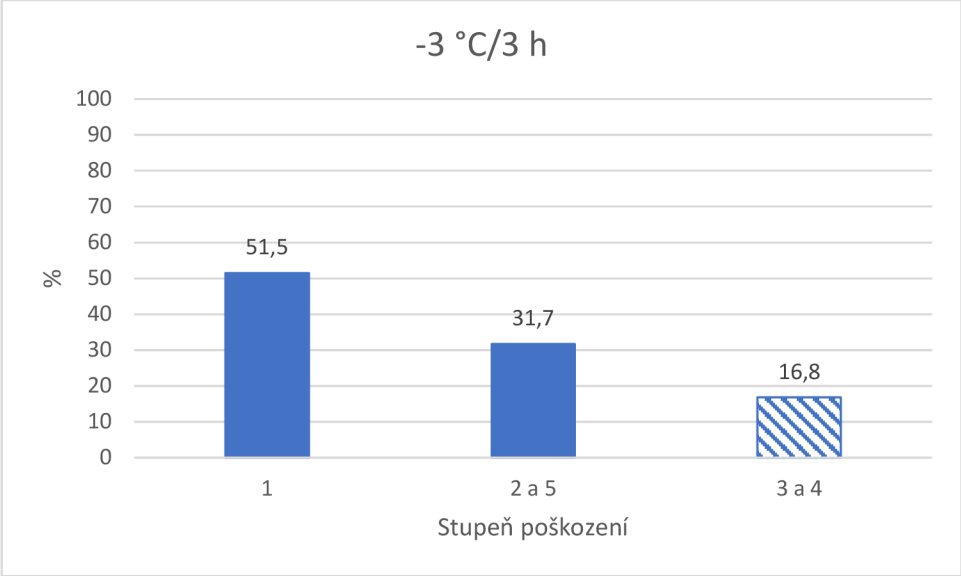
Obrázek 5: poškození stupně 3 a 4 na ploše Mistrovice

5.2 Výsledky simulací

Cílem simulací v klimakomoře bylo napodobit podmínky, za kterých v přírodě dochází k mrazovému poškození bočních pupenů, aniž by byl poškozen hlavní terminální pupen. V roce 2021 proběhly simulace se čtyřmi teplotami pod bodem mrazu po různě dlouhou dobu. Další rok už poté proběhly pouze tři simulace se dvěma teplotami.

5.2.1 Simulace v roce 2021

Nejvíce simulací bylo provedeno s teplotou -3 °C po dobu 3 hodin. Za takovýchto podmínek zůstalo 51,5 % sazenic bez poškození a pouze 16,8 % sazenic bylo poškozeno stupni 3 a 4 (graf 9).

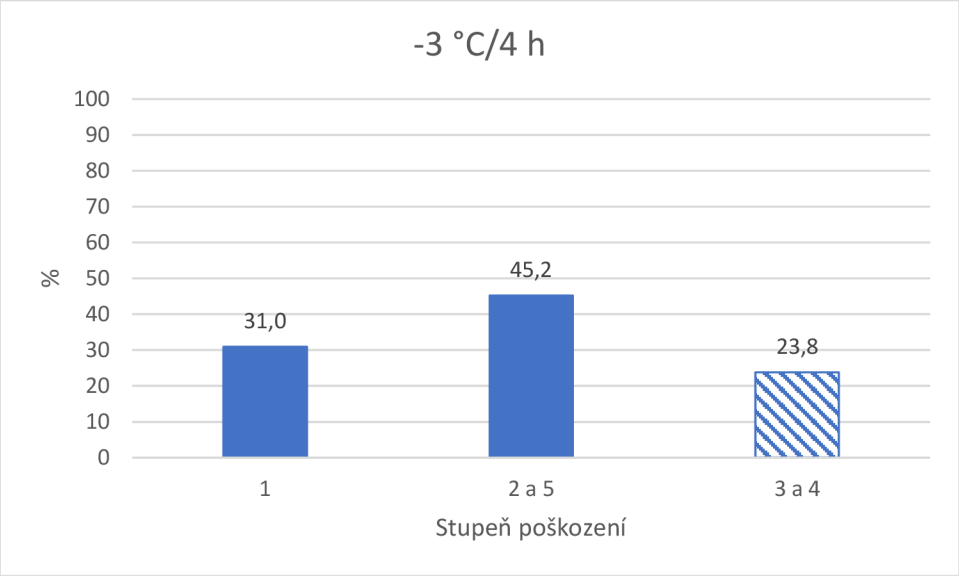


Graf 9: simulace -3 °C po dobu 3 hodiny

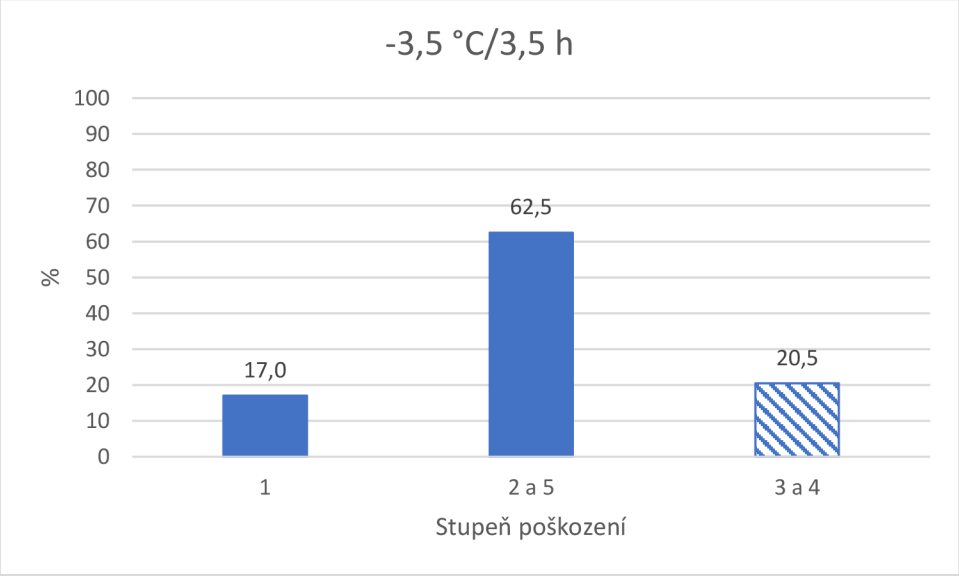
Obrázek 6:snímek pořízen po mrazové epizodě -3 °C/3 h, lze vidět na sazenici vlevo dole poškození bočních narašených pupenů

S teplotou -3 °C proběhla ještě jedna simulace, kdy byly sazenice vystaveny tomuto mrazu tentokráte 4 hodiny. Zde už zůstalo bez poškození pouze 31 % sazenic, nejvíce bylo ovšem sazenic, kde došlo i k poškození terminálního pupenu, tedy stupeň 2 a 5 (graf 10).

Další zvolenou teplotou bylo -3,5 °C po dobu 3,5 hodiny. Za těchto podmínek proběhly 2 simulace a výsledkem bylo, že nejvíce došlo k poškození stupně 2 a 5, jehož podíl dosahoval 62,5 % (graf 11). Sazenic s poškozením bylo více než bez poškození a sice 20,5 %.



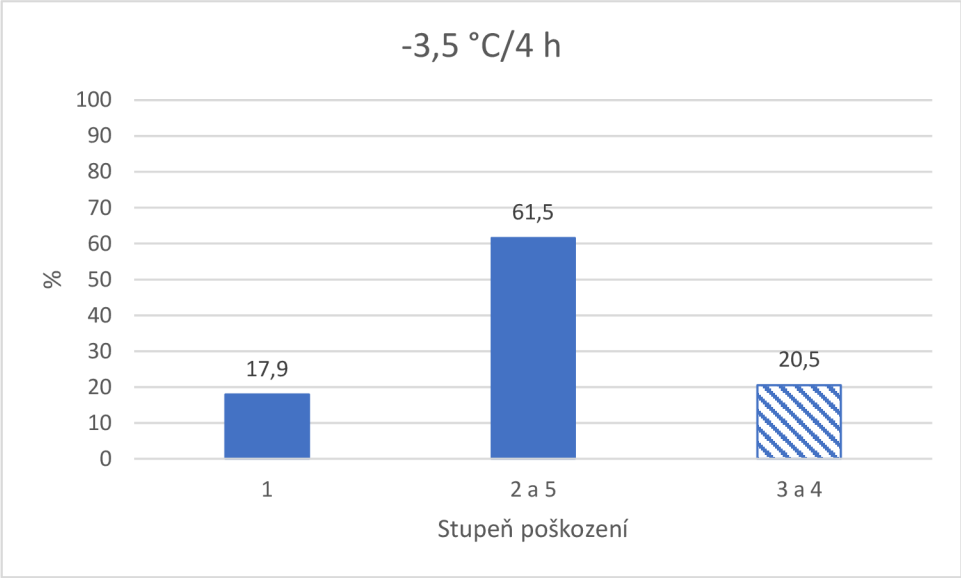
Graf 10: simulace -3 °C po dobu 4 hodiny



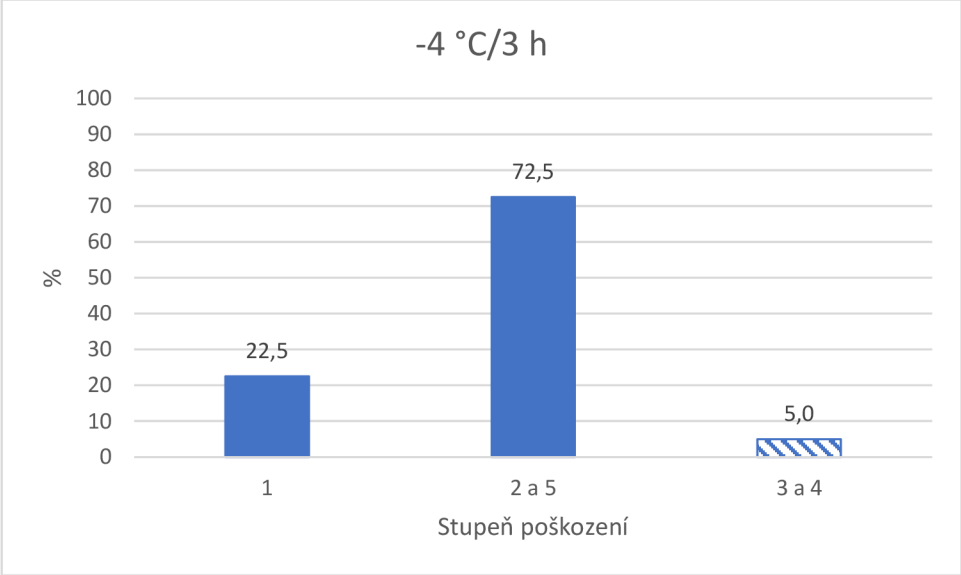
Graf 11: simulace -3,5 °C po dobu 3,5 hodiny

Teplota -3,5 °C byla použita ještě při jedné simulaci, kdy byla zvolena doba 4 hodiny. Zde byly výsledky téměř stejné, jako v předchozím případě, pouze zde bylo o 1 % méně sazenic s poškozením 2 a 5 (graf 12).

Další použitou teplotou byly -4 °C, nejprve po dobu 3 hodin. Zde bylo nejvíce sazenic opět s poškozením hlavního terminálního pupenu a to 72,5 %. Nejméně sazenic utrpělo poškození ve sledovaných stupních 3 a 4, a to pouze 5 % (graf 13).



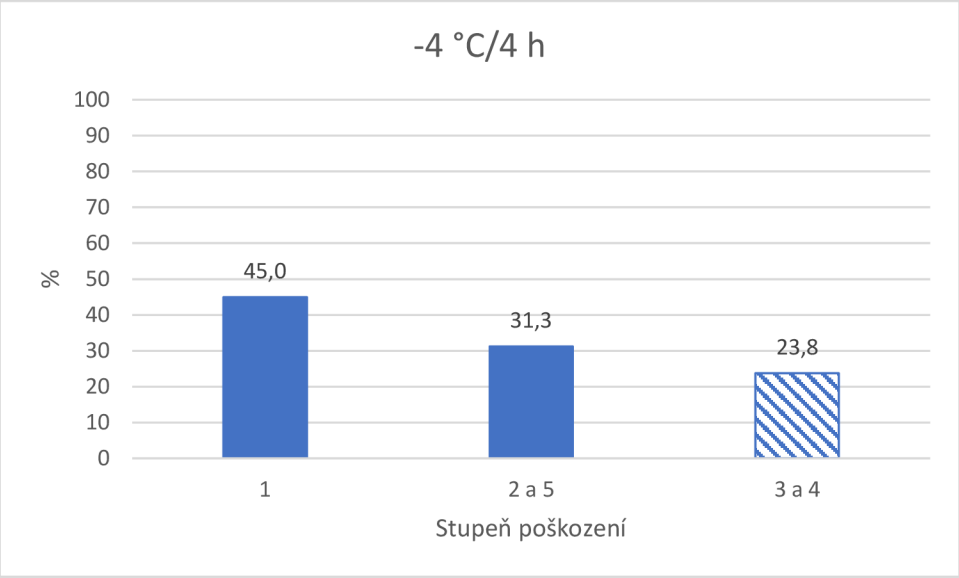
Graf 12: simulace -3,5 °C po dobu 4 hodin



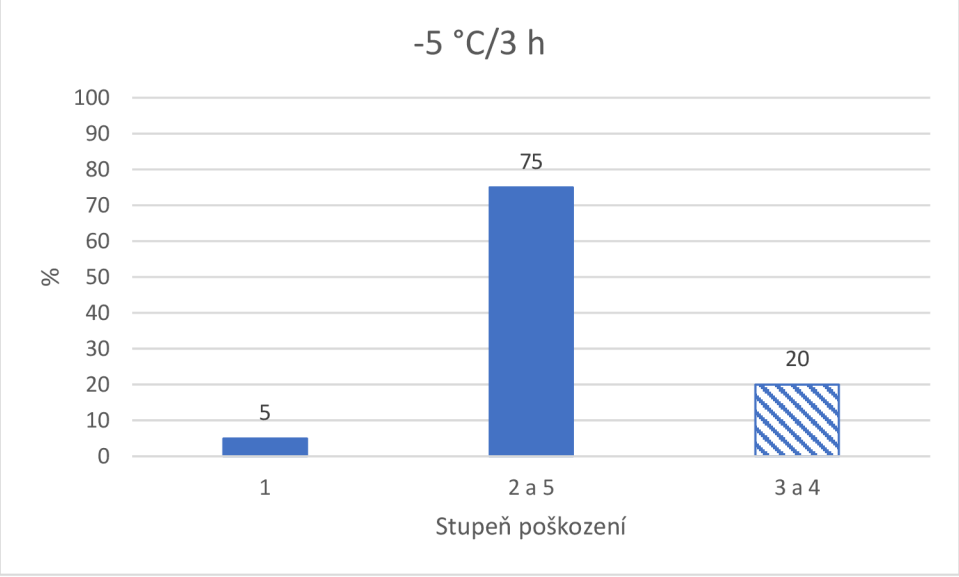
Graf 13: simulace -4 °C po dobu 3 hodin

Při teplotě -4 °C byly poté sazenice vystaveny ještě ve dvou simulacích po dobu 4 hodin. Zde bylo naopak nejvíce sazenic bez poškození, jejichž podíl dosahoval 45 %. Sazenic s poškozenými pouze bočními pupeny (stupně 3 a 4) bylo opět nejméně, ale ne tak výrazně, jako v předchozím případě. Bylo jich zde necelých 24 % (graf 14).

Poslední teplotou použitou k simulaci bylo -5 °C. Simulace proběhla pouze jedna, sazenice byly této teplotě vystaveny 3 hodiny a nejvíce sazenic mělo poškozeno i hlavní terminální pupen (stupeň 2 a 5). Nejméně bylo v této simulaci sazenic bez poškození a to 5 % (graf 15).



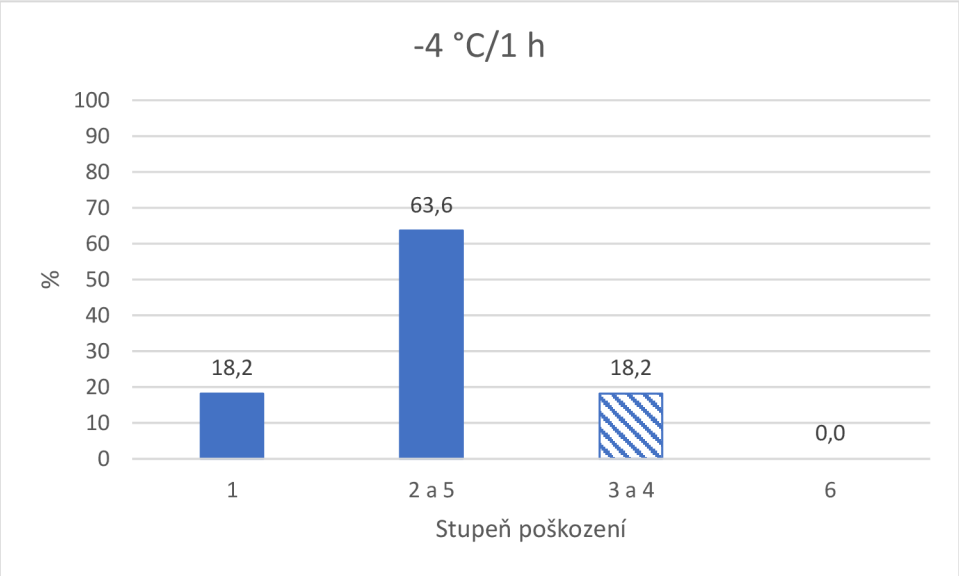
Graf 14: simulace -4 °C po dobu 4 hodin



Graf 15: simulace -5 °C po dobu 3 hodin

5.2.2 Simulace v roce 2022

V roce 2022 byly simulace zopakovány, jelikož rok před tím se nepovedlo dosáhnout požadovaných výsledků, a sice vyššího podílu sazenic s poškozenými pouze bočními pupeny jak na terminálu, tak mimo něj. Vzhledem k tomu, že v předchozím roce bylo nejvíce sazenic s poškozeným hlavním terminálním pupenem, byly tentokrát zvoleny jiné časy, po jejichž dobu byly sazenice vystaveny mrazu a to 1 hodina a 1,5 hodiny. Nebylo použito takové spektrum teplot, tentokráte byly použity pouze dvě hodnoty minimálních teplot a to -3,5 °C a -4 °C. Nejdříve proběhla simulace, kdy byly sazenice vystaveny jednu hodinu teplotě -4 °C. Za takovýchto podmínek byl největší podíl sazenic s poškozením stupně 2 a 5, kterých bylo 63,6 % (graf 16). Sazenic s poškozením pouze bočních pupenů byl zaznamenán stejný podíl jako těch, které nebyly poškozeny vůbec.

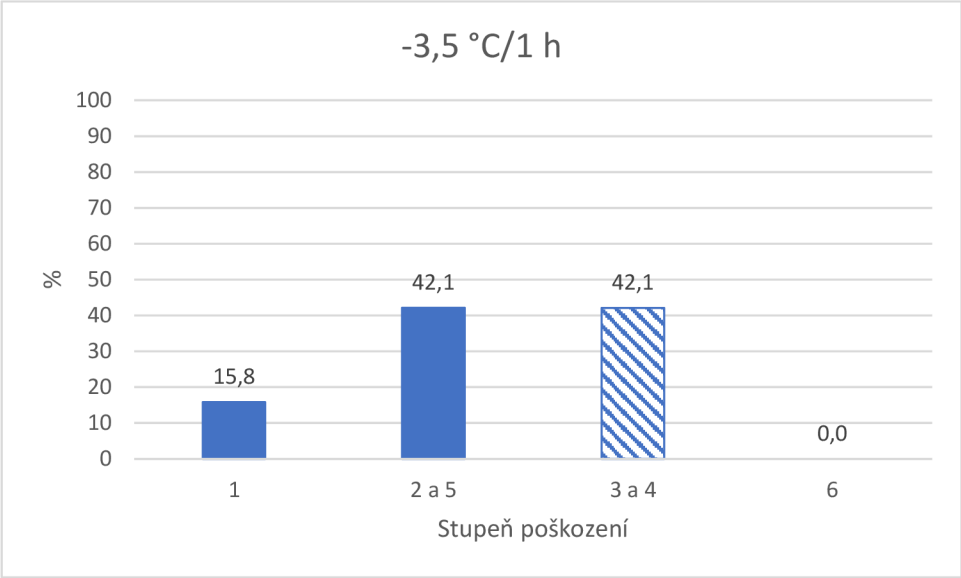


Graf 16: simulace -4 °C po dobu 1 hodiny

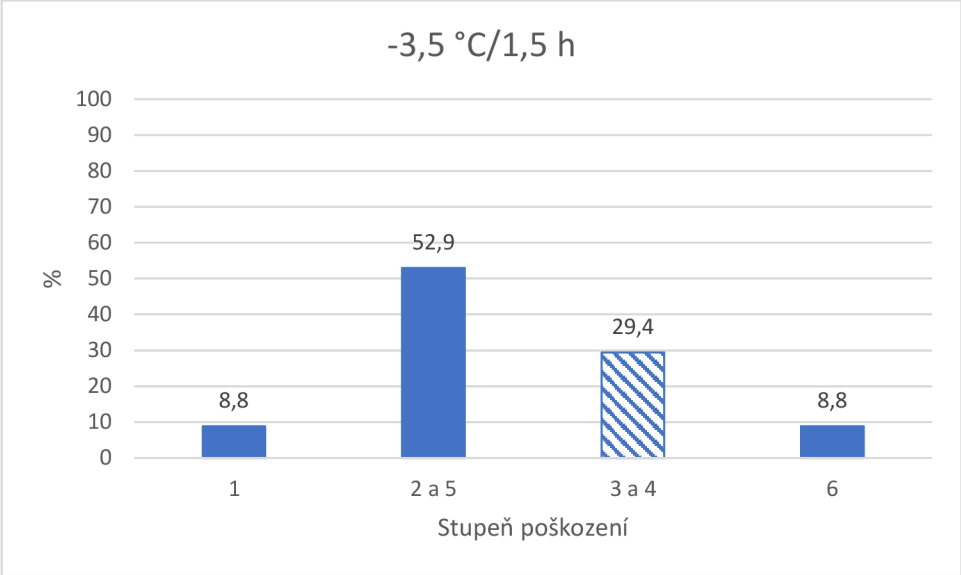
Obrázek 7: poškození typu 2 a 5 po mrazové epizodě -4 °C/ 1 h

Další simulace probíhala s teplotou -3,5 °C a sazenice byly této teplotě vystaveny po dobu jedné hodiny. Zde se povedlo dosáhnout výsledku, kdy podíl sazenic s poškozenými bočními pupeny vyrovnal podíl těch, které měly poškozen i hlavní terminální pupen (graf 17). Poprvé se tak povedlo napodobit to, co bylo pozorováno v terénních podmínkách.

Poslední byla provedena simulace opět s teplotou -3,5 °C, tentokráte však po dobu 1,5 hodiny. Zde bylo opět nejvíce sazenic s poškozením stupně 2 a 5, ale sazenic s poškozenými bočními pupeny bylo také nezanedbatelné množství, téměř 30 % (graf 18).



Graf 17: simulace -3,5 °C po dobu 1 hodiny



Graf 18: simulace -3,5 °C po dobu 1,5 hodiny

6 Diskuze

Studie měla za úkol ověřit, jak časté je při poškození pozdním mrazem poškození pouze bočních pupenů, kdy hlavní terminální pupen zůstává bez poškození. Z výzkumných ploch v terénu byl tento jev nejméně častý na ploše Truba, kde bylo poškození pouze bočních výhonů zjištěno v přibližně 23 % případů, zatímco sazenic s poškozeným taktéž hlavním terminálním pupenem bylo téměř 26 %.

Na ploše v Plané nad Lužnicí byl sledovaný jev výraznější, protože zde bylo 41 % sazenic s poškozením pouze bočních pupenů a sazenic s poškozeným hlavním terminálním

pupenem bylo pouze 12 %. Je zajímavé, že zde se sazenice vyskytovaly v mírném bočním zástinu od sousedního porostu, zatímco sazenice na předchozí výzkumné ploše byly nezastíněné. Langvall a Löfvenius (2002) přitom zjistili, že sazenice vyskytující se na nezastíněné ploše jsou k poškození mrazem náchylnější. Výše citovaní autoři bohužel nesledovali, zda docházelo k poškození pouze bočních pupenů. Celkové poškození mrazem bylo větší na ploše v Plané nad Lužnicí (53 %) než na ploše Truba, kde se nacházelo téměř 50 % sazenic bez jakéhokoliv poškození. Dalším důvodem, proč bylo poškození na ploše v Plané větší, může být ten, že sazenice na této ploše byly v průměru o 15 cm nižší než na lokalitě Truba. A samozřejmě největší vliv na poškození měl konkrétní průběh teplot v době, kdy byly pupeny na mráz nejcitlivější.

Na poslední výzkumné ploše v Mistrovicích byl sledovaný jev nejsilnější, kdy sazenic s poškozením 3 a 4 bylo dohromady 59 %. Zde probíhal sběr dat na čtyřech dílčích plochách a výsledky na nich byly velice podobné. Na plochách D11, G11 a H11 bylo sazenic s poškozenými pouze bočními pupeny mezi přibližně 54 % a 57 %. Nejvíce takto poškozených sazenic bylo na ploše B11 a to 66,7 %. Na plochách B11 a D11 se nacházely sazenice s průměrnou výškou 31 a 32 cm, zatímco na zbývajících dvou plochách dosahovaly sazenice průměrné velikosti 25 a 20 cm. V rámci celé plochy Mistrovice tedy nebyl zaznamenán vliv velikosti sazenic na poškození, protože sledovaný jev byl na všech plochách podobný a největší poškození pouze bočních pupenů bylo zaznamenáno na ploše s průměrně druhými nejvyššími sazenicemi. Pokud bude výzkumná plocha Mistrovice brána jako celek, tak zde došlo k největšímu poškození ze všech tří výzkumných ploch, zároveň zde byly nejmenší sazenice. Na ploše Planá nad Lužnicí byly sazenice o 30 cm větší a na lokalitě Truba dokonce o 45 cm větší. Je tedy možné, že výška do 40 cm nad zemí nemá výraznější vliv na typ poškození mrazem, což naznačují výsledky ze čtyř ploch na výzkumné ploše Mistrovice. Poté ovšem už může hrát roli každý decimetr navíc, což ovšem není nijak potvrzené a je to pouze spekulace. Na druhou stranu vidíme, že čím nižší sazenice byly, tím vetší byl podíl poškozených mrazem a zároveň se zvyšoval podíl těch, které měly poškozeny pouze boční pupeny. K tomuto by bylo tedy dobré se tedy ještě někdy v budoucnu vrátit a pokusit se ověřit vliv velikosti sazenic na druh jejich poškození mrazem. Největší zaznamenané poškození z výzkumných ploch mohlo být také způsobeno severovýchodní orientací svahu na nezastíněné ploše. Nejpravděpodobnějším vysvětlením, proč na ploše Mistrovice bylo největší poškození sazenic mrazem, bude nejspíše kombinace těchto všech faktorů (výška sazenic, SV svah a volná plocha).

V následných simulacích, při kterých bylo zjišťováno, zda je možné napodobit tento specifický druh poškození pouze bočních pupenů, bohužel nebylo dosaženo přesvědčivých výsledků, ale alespoň částečně se sledovaný typ poškození nasimulovat podařilo. Při simulacích v roce 2021 byly nejnadějnější výsledky získány při vystavení sazenic mrazu -3 °C po dobu 4 hodin a -4 °C také po dobu 4 hodin, kdy podíl sazenic se stupněm poškození 3 a 4 dosáhl na 23,8 %. Ani v jednom případě to ovšem nebylo více, než sazenic, kdy došlo i k poškození hlavního terminálního pupenu (45,2 % respektive 31,3 %). Třikrát se povedlo dosáhnout alespoň podílu 20 % sazenic s poškozenými pouze bočními pupeny a jednou bylo dosaženo podílu téměř 17 %. Nikdy ovšem tento podíl nebyl větší než u sazenic, kde byl poškozen i hlavní terminální pupen. Pouze při teplotě -3 °C pod dobu 3 hodin se stalo, že bylo více sazenic bez poškození, jinak při všech simulacích byl větší podíl sazenic, které byly mrazem poškozeny. Nejméně úspěšný výsledek byl dosažen při simulaci -4 °C po dobu 3 hodin. Zde bylo pouze 5 % sazenic s poškozenými pouze bočními pupeny, zatímco sazenic s poškozeným hlavním terminálním pupenem bylo 72,5 %. Tato umělá mrazová epizoda byla již příliš silná a způsobila výrazné poškození většiny stromků.

Vzhledem k nepříznivým výsledkům ze simulací v roce 2021 byly v roce 2022 provedeny pouze tři a použity byly teploty -3,5 °C a -4 °C s kratším časem (1,5 h). Simulace s teplotou -4 °C ani tentokráte nedopadla podle představ (18,2 % sazenic s poškozením 3 a 4), ovšem výsledky s teplotou -3,5 °C byly dobré. Při vystavení této teplotě na 1,5 hodiny byl podíl sazenic s poškozenými pouze bočními pupeny 29,4 % a sazenic s poškozeným hlavním terminálním pupenem bylo téměř 53 %. Tento výsledek byl lepší než jakýkoliv jiný, který vzešel ze simulací předchozí rok. Nejlepší výsledek při hledání kombinace teploty a času, které způsobuje sledované poškození, byl docílen při vystavení sazenic teplotě -3,5 °C po dobu jedné hodiny. Sazenic s poškozenými bočními pupeny i sazenic s poškozeným hlavním terminálním pupenem bylo shodně 42,1 %. Tento výsledek se totožným podílem sazenic s poškozením 2 a 5 a 3 a 4 nejvíce blížil tomu, který byl zjištěn na výzkumné ploše Truba. Jedná se o jedinou simulaci, kde se povedlo alespoň srovnat podíl sazenic s poškozeným hlavním terminálním pupenem se sazenicemi, které měly poškozeny pouze boční pupeny.

Z pohledu typů poškození pupenů lze konstatovat, že simulace byly úspěšné pouze částečně, protože se nepovedlo napodobit podmínky z terénu, kdy docházelo především k poškození bočních pupenů. Na druhou stranu je třeba konstatovat, že ve většině simulací byl podíl sazenic s poškozenými pouze bočními podobný jako na ploše Truba, tedy okolo 20 %.

Nepovedlo se tak dosáhnout většího podílu typu poškození 3 a 4, než 2 a 5, ale alespoň podíl byl podobný jako na první výzkumné ploše.

V rámci studia literatury bylo hledáno, zda nebyl už dříve popsán tento specifický druh poškození pouze bočních pupenů. Dolnicki, Kraj (1998) prováděli výzkum, kterým porovnávali odolnost vůči mrazu jedle bělokoré a jedle obrovské (*Abies grandis*). Část výzkumu probíhala i v Beskydech, kde bylo zjištěno, že na jaře ztrácí jedle bělokorá svoji mrazuvzdornost mnohem rychleji než jedle obrovská, ale bohužel se ve své práci autoři vůbec nezmiňují o typu mrazového poškození, kterému se věnuje tato práce. Zmiňují se ovšem, že menší mrazuvzdornost jedle bělokoré je způsobena dřívějším rašením pupenů, což je zajímavé z toho pohledu, že hlavní terminální pupen raší později, a tak by toto mohlo vysvětlovat, proč k poškození pouze bočních pupenů docházelo.

Klizs et al. (2016) ve svém výzkumu zaměřeném na poškození jedlí pozdními mrazy používali třístupňovou stupnici na hodnocení poškození sazenic mrazem a poškození bočních pupenů zde popisovali samostatně. Při zmíněném výzkumu převažoval typ poškození s hlavním pupenem nad poškozením pouze bočních pupenů. Citovaný výzkum se však zaměřoval především na poškození hlavního pupenu a k poškození pouze bočních pupenů se nijak podrobně nevyjadřuje, snad jen, že byla pozorována souvislost mezi typem poškození a typem mrazu, což v citované práci není dále rozváděno. Nøgaard Nielsen, Rasmussen (2009) se ve svém výzkumu zase nezaměřovali na jedli bělokorou, ale na jedli vznešenou (*Abies procera*) a jedli kavkazskou (*Abies nordmaniana*) a popisují zde také poškození bočních pupenů. Zmiňují, že boční pupeny byly vůči poškození mrazem méně odolné než hlavní terminální pupen. Dále zde vyslovují teorii, že jedle kavkazská by měla mít nižší mrazuvzdornost postranních pupenů než jedle vznešená.

V dostupné literatuře tedy nebyly nalezeny bližší informace o tomto specifickém poškození jedle bělokoré (ani jiné dřeviny). Ale je patrné, že i jiní autoři toto poškození pozorovali. Bohužel ho všichni vnímali jako vedlejší a dále se jím nezabývali.

7 Závěr

Cílem této práce bylo analyzovat rozsah a druh poškození mrazem na sazenicích jedle bělokoré. K dispozici byla data ze tří ploch v terénu a následně proběhly simulace v klimakomoře. Na dvou ze třech výzkumných ploch byl zaznamenán větší podíl sazenic se specifickým poškozením mrazem, kdy byly poškozeny pouze boční pupeny a hlavní terminální pupen zůstal bez poškození.

Nejčastější bylo toto poškození na ploše Mistrovice, kde se nacházely nejmladší a nejmenší sazenice jedle. Specifickým druhem mrazového poškození pouze bočních pupenů, kterým se tato práce zabývala, bylo na této ploše poškozeno celkově 59,2 % sazenic. Nacházely se zde čtyři dílčí plochy, přičemž největší podíl sazenic s poškozenými pouze bočními pupeny v rámci jedné plochy dosahuje až 66,7 %.

Na ploše Truba jako na jediné převážil podíl sazenic s poškozeným hlavním terminálním pupenem, kdy takto poškozených sazenic se na ploše nacházelo 25,6 %, zatímco sazenic s poškozenými pouze bočními pupeny bylo 23,4 %. Pouze na této ploše se byl největší podíl sazenic bez jakéhokoliv poškození. Na této ploše byly sazenice v době sběru nejstarší ze všech výzkumných ploch v terénu.

Na ploše v Plané nad Lužnicí dosáhl podíl sazenic s poškozenými bočními pupeny na 41 %. Nacházelo se zde nejméně sazenic s poškozeným hlavním terminálním pupenem ze všech ploch a sice 12 %. V porovnání s ostatními plochami zde byly druhé nejstarší sazenice v době sběru dat a druhé nejvyšší sazenice.

Simulace proběhly z toho důvodu, aby se ověřilo, zda je možné napodobit stejné poškození ve stejné míře, jaké bylo zjištěno v terénu. První simulace byly provedeny v roce 2021 a výsledky byly takové, že podíl sazenic s poškozenými bočními pupeny dosahoval většinou mezi 20 % a 24 %, což odpovídá podílu získanému na ploše Truba. Nepovedlo se ovšem, aby byl podíl sazenic s tímto poškozením vyšší než těch, které měly mrazem poškozený hlavní terminální pupen. Podíl sazenic s tímto poškozením byl velice širokého rozsahu od 31 % až po 75 %. Pouze v jedné simulaci nastal případ, kdy požadované poškození bylo velice nízké a sice 5 %, zatímco podíl sazenic s poškozeným hlavním pupenem byl 72,5 %, a to při použití teploty -4 °C po dobu 3 hodin. Podíl s poškozenými bočními pupeny byl nižší než 20 ještě v jedné simulaci při -3 °C pod dobu 3 hodin a to 16,8 %.

V roce 2022 proběhly tři simulace s použitím dvou teplot -3,5 °C a -4 °C. Zde se povedlo při teplotě -3,5 °C pod dobu 1 hodiny dosáhnout stejného podílu poškození pouze bočních pupenů a hlavního terminálního pupenu, který byl 42,1 %. V ostatních dvou simulacích byl podíl sazenic s poškozenými bočními pupeny nižší a to 29,4 % (-3,5 °C/1,5 hodiny) a 18,2 % (-4 °C/1 hodina).

Vliv na tento druh poškození může mít plno různých faktorů, ať už síla mrazu a doba po kterou trval, tak fyziologické procesy rostliny. Dalšími faktory může být stáří sazenic a jejich výška. V práci se nepovedlo přesně analyzovat, proč ke specifickému druhu poškození pouze

bočních pupenů mrazem na výzkumných plochách docházelo, ale vzhledem k tomu, že nejvíce bylo toto poškození zaznamenáno na ploše s nejnižšími sazenicemi a nejméně na ploše s nejvyššími sazenicemi, lze předpokládat, že výška sazenic bude hrát důležitý vliv.

Do budoucna by bylo dobré se u zkoumání této problematiky zaměřit na funkci fytohormonů při rašení, tedy kdy k nastartování procesu rašení dojde, za jakých podmínek a jak dlouho musejí trvat, dále vliv výšky sazenic a síly mrazu, při které k tomuto poškození dochází nejvíce. Dále se zaměřit na konkrétní stanoviště, kde se takto poškozená sazenice nachází, tedy expozice, zda se nachází na svahu či rovině a zda je chráněna například jinou sazenicí nebo jiným vzrostlým porostem.

8 Seznam literatury a zdroje

BUŠINA, František a Václav HRDINA. *Pěstování lesů.* Písek: Vyšší odborná škola lesnická a Střední lesnická škola Bedřicha Schwarzenberga Písek, 2016.

CAFFARRA, Amelia a Alison DONNELLY. The ecological significance of phenology in four different tree species: effects of light and temperature on bud burst. *International Journal of Biometeorology* [online]. 2011, **55**(5), 711-721 [cit. 2023-04-02]. ISSN 00207128. Dostupné z: doi:10.1007/s00484-010-0386-1

COOKE, Janice E.K., ERIKSSON, Maria E., JUNTTILA, Olavi. The dynamic nature of bud dormancy in trees: environmental control and molecular mechanisms. *Plant, Cell* [online]. 2012, **35**, 1707-1728 [cit. 2023-04-02]. ISSN 01407791. Dostupné z: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-3040.2012.02552.x?sid=EBSCO%3Aedsair

ČATER, Matjaž, J. DIACI a D. ROŽENBERGAR. Gap size and position influence variable response of Fagus sylvatica L. and Abies alba Mill. *Forest Ecology and Management* [online]. 2014, **325**, 128-135 [cit. 2023-01-10]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2014.04.001

DINCA, Lucian, Mirabela MARIN, Vlad RADU, Gabriel MURARIU, Romana DRASOVEAN, Romica CRETU, Lucian GEORGESCU a Voichița TIMIȘ-GÂNSAC. Which Are the Best Site and Stand Conditions for Silver Fir (Abies alba Mill.) Located in the Carpathian Mountains?. *Diversity* [online]. 2022, **14**(547), 547-547 [cit. 2023-04-02]. ISSN 14242818. Dostupné z: doi:10.3390/d14070547

DOBROWOLSKA, Dorota, Raphael KLUMPP a Andrej BONČINA. Ecology and silviculture of silver fir (Abies alba Mill.): a review. *Journal of Forest Research* [online]. 2017, **22**, 326-335 [cit. 2023-04-02]. ISSN 16107403. Dostupné z: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13416979.2017.1386021

DOBROWOLSKA, Dorota. Structure of silver fir (Abies alba Mill.) natural regeneration in the 'Jata' reserve in Poland. *Forest Ecology* [online]. 1998, **110**(1-3), 237-247 [cit. 2023-01-10]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/S0378-1127(98)00286-2

DOLNICKI, Adam a Wojciech KRAJ. Dynamics of frost resistance in various provenances of Abies grandis Lindl. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* [online]. 1998, **67**(1), 51-58 [cit. 2023-04-02]. ISSN 20839480. Dostupné z: doi:10.5586/asbp.1998.006

ELLING, Wolfram, Christoph DITTMAR, Klaus PFAFFELMOSER a Thomas RÖTZER. Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (Abies alba Mill.) in Southern Germany. *Forest Ecology and Management* [online]. 2009, **257**(4), 1175-1187 [cit. 2023-04-02]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2008.10.014

HÄSLER, H. a J. SENN. Ungulate browsing on European silver fir Abies alba: The role of occasions, food shortage and diet preferences. *Wildlife Biology* [online]. 2012, **18**(1), 67 - 74 [cit. 2023-04-02]. ISSN 09096396. Dostupné z: doi:10.2981/09-013

CHARRIER, Guillaume, Jerome NGAO, Marc SAUDREAU a Thierry AMEGLIO. Effects of environmental factors and management practices on microclimate, winter physiology, and frost resistance in trees. *FRONTIERS IN PLANT SCIENCE* [online]. 2015, **6**, 259-276 [cit. 2023-04-02]. ISSN 1664462X. Dostupné z: doi:10.3389/fpls.2015.00259

CHAUCHARD, Sandrine, Fabien BEILHE, Nicole DENIS a Christopher CARCAILLET. An increase in the upper tree-limit of silver fir (Abiesalba Mill.) in the Alps since the mid-20th century: A land-use change phenomenon. *Forest Ecology and Management* [online]. 2010, **259**(8), 1406-1415 [cit. 2023-04-02]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2010.01.009

JONES, G.E. a B.M. CREGG. Budbreak and Winter Injury in Exotic Firs. *HortScience* [online]. 2006, **41**, 143-148 [cit. 2023-04-02]. ISSN 23279834. Dostupné z: https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/41/1/article-p143.xml

KERR, Gary, Victoria STOKES, Andrew PEACE a Richard JINKS. Effects of provenance on the survival, growth and stem form of European silver fir (Abies alba Mill.) in Britain. *European Journal of Forest Research* [online]. 2015, **134**(2), 349-363 [cit. 2023-04-02]. ISSN 16124669. Dostupné z: doi:10.1007/s10342-014-0856-9

KLISZ, Marcin, Szymon JASTRZĘBOWSKI, Joanna UKALSKA, Paweł PRZYBYLSKI, Jan MATRAS a Marcin MIONSKOWSKI. The vulnerability of silver fir populations to damage from late frosts. *Forest Research Papers* [online]. 2016, **77**(1), 24-31 [cit. 2023-04-02]. ISSN 20828926. Dostupné z: doi:10.1515/frp-2016-0003

KOPROWSKI, Marcin. Reaction of silver fir (Abies alba) growing outside its natural range to extreme weather events and a long-term increase in march temperature. *Tree-Ring Research* [online]. 2013, **69**(2), 49 - 61 [cit. 2023-04-02]. ISSN 15361098. Dostupné z: doi:10.3959/1536-1098-69.2.49

KUPFERSCHMID, Andrea D. a Caroline HEIRI. Recovery of Abies alba and Picea abies saplings to browsing and frost damage depends on seed source. *Ecology and Evolution* [online]. 2019, **9**(6), 3335-3354 [cit. 2023-04-02]. ISSN 20457758. Dostupné z: doi:10.1002/ece3.4955

KUPFERSCHMID, Andrea D., Stephan ZIMMERMANN a Harald BUGMANN. Browsing regime and growth response of naturally regenerated Abies alba saplings along light gradients. *Forest Ecology and Management* [online]. 2013, **310**, 393-404 [cit. 2023-04-02]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/j.foreco.2013.08.048

LANGVALL, O a M OTTOSSON LÖFVENIUS. Effect of shelterwood density on nocturnal near-ground temperature, frost injury risk and budburst date of Norway spruce. *Forest Ecology and Management* [online]. 2002, **168**(1), 149-161 [cit. 2023-04-02]. ISSN 03781127. Dostupné z: doi:10.1016/S0378-1127(01)00754-X

LEBOURGEOIS, François, Cyrille B.K. RATHGEBER a Erwin ULRICH. Sensitivity of French temperate coniferous forests to climate variability and extreme events (Abies alba, Picea abies and Pinus sylvestris). *Journal of Vegetation Science* [online]. 2010, **21**(2), 364 [cit. 2023-04-02]. ISSN 11009233. Dostupné z: https://onlinelibrary-wiley-com.infozdroje.czu.cz/doi/full/10.1111/j.1654-1103.2009.01148.x

MUSCOLO, Adele, Maria SIDARI, Silvio BAGNATO, Carmelo MALLAMACI a Roberto MERCURIO. Gap size effects on above- and below-ground processes in a silver fir

stand. *European Journal of Forest Research* [online]. 2010, **129**(3), 355-365 [cit. 2023-04-02]. ISSN 16124669. Dostupné z: doi:10.1007/s10342-009-0341-z

MZe – ZELENÁ ZPRÁVA. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2021*. ÚHÚL Brandýs nad Labem, Ministerstvo zemědělství ČR, 2022.

MZe *Vyhláška č. 298/2018 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů.* Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon). Platnost od: 20.12.2018. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, 2018.

NØRGAARD NIELSEN, Christian C. a Hanne N. RASMUSSEN. Frost hardening and dehardening in Abies procera and other conifers under differing temperature regimes and warm-spell treatments. *Forestry* [online]. 2009, **82**(1), 43 - 59 [cit. 2023-04-02]. ISSN 0015752X. Dostupné z: doi:10.1093/forestry/cpn048

NOVÁK, Jiří a David DUŠEK. VÝCHOVA POROSTŮ JEDLE BĚLOKORÉ – REVIEW. *Zprávy lesnického výzkumu / Reports of Forestry Research* [online]. 2021, **66**(3), 176-187 [cit. 2023-04-02]. ISSN 03229688. Dostupné z: https://www.vulhm.cz/files/uploads/2021/09/635.pdf

POLÁCH, Robert a Ondřej ŠPULÁK. PROSPERITA JEDLE V PODSADBÁCH POD PŘÍPRAVNÝMI POROSTY LISTNATÝCH DŘEVIN O RŮZNÉM ZAKMENĚNÍ A VĚKU. *Zprávy lesnického výzkumu / Reports of Forestry Research* [online]. 2022, **67**(4), 269-277 [cit. 2023-04-02]. ISSN 03229688. Dostupné z: Zprávy lesnického výzkumu / Reports of Forestry Research; 2022, Vol. 67 Issue 4, p269-277, 9p

ŠPULÁK, Ondřej a Jarmila MARTINCOVÁ. Impact of light on the response of silver fir saplings to the late frost. *Zpravy Lesnickeho Vyzkumu* [online]. 2018, **63**(2), 73 - 81 [cit. 2023-04-02]. ISSN 18059872. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/327362308

ŠPULÁK, Ondřej a Vratislav BALCAR. Temperatures at the margins of a young spruce stand in relation to aboveground height. *IForest - Biogeosciences and Forestry* [online]. 2013, **6**(1), 302-309 [cit. 2023-04-02]. ISSN 19717458. Dostupné z: doi:10.3832/ifor0815-006

TŘEŠTÍK, Michal a Vilém PODRÁZSKÝ. Soil improving role of the silver fir (Abies Alba Mill.): A case study. *Zpravy Lesnickeho Vyzkumu* [online]. 2017, **62**(3), 182 - 188 [cit. 2023-04-02]. ISSN 18059872. Dostupné z: https://www.vulhm.cz/files/uploads/2019/02/495.pdf

VANĚK, Petr a Oldřich MAUER. Regeneration of Silver fir (Abies Alba Mill.) on Clear-cut Areas. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* [online]. 2014, **62**(1), 267-277 [cit. 2023-04-02]. ISSN 12118516. Dostupné z: doi:10.11118/actaun201462010267

www.in-pocasi.cz. *In-počasí* [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: https://www.in-pocasi.cz/archiv/?typ=teplota&mesic=5&den=13#overview_graph

foto: Ing. Martin Baláš, Ph.D