

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí

Studijní program: Ekologie a ochrana prostředí

Studijní obor: Ochrana životního prostředí



Kompetícia semenáčov smreka s bylinnými druhmi

**Competition of spruce seedlings with herbal
species**

Zpracovala: Zuzana Michalová

Školitel: Mgr. Martin Weiser

Vedoucí práce: RNDr. Jolana Tátošová, Ph.D.

Odevzdané: srpen 2010

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracovala samostatne s použitím literatúry uvedenej v priloženom zozname. Tlačená verzia je totožná s elektronickou verziou vloženou do SIS-u.

V Prahe dňa 10.8.2010

Za obetavú pomoc a rady pri písaní práce ďakujem môjmu školiteľovi **Mgr. Martinovi Weiserovi**.

Obsah

Obsah	3
1. Úvod	4
2. Vplyv abiotických faktorov na počiatočný rast smreku.....	5
2.1. Svetlo	5
2.2. Voda a pôdna vlhkosť.....	6
2.3. Vplyv snehu a mrazu	7
2.4. Vietor	8
2.5. Pôda a lesný humus.....	9
2.5.1. Pôda.....	9
2.5.2. Lesný humus.....	10
2.6. Význam minerálnej výživy pre rast semnáčikov	11
3. Vplyv biotickej zložky na rast smrekového zmladenia	13
3.1. Význam konkurenčnej schopnosti medzi drevinami a bylinami	13
3.2. Presvetľovanie, vnútrodruhovú kompetícia	14
3.3. Vplyv drevinného podrastu na vývin smrečín.....	15
3.4. Vplyv pôdneho rastlinstva na zmladzovanie lesa.....	16
3.4.1. Stelivo	16
3.4.2. Machy	17
3.4.3. Bylinné druhy a trávy.....	17
4. Mikroklimatické a stanovištné podmienky.....	21
4.1. Mikroklimatické podmienky	21
4.1.1. Pne.....	21
4.1.2. Expozičné javy	22
4.2. Stanovištné podmienky	23
4.2.1. Vplyv vzdialenosti od porastového okraja na distribúciu semien	23
4.2.2. Význam porastových medzier	24
4.2.3. Vhodný lesnícky management pre podporu rastu zmladenia	25
5. Záver.....	28
Abstrakt.....	29
Abstract	30
Použitá literatúra	31

1. Úvod

Horské lesy sú v našich podmienkach tvorené z podstatnej časti porastmi smreku. Tie tam rástli prirodzene, alebo boli druhotne zavedené lesníkmi z hospodárskych dôvodov. V dnešnej dobe sú ale lesy z väčšej časti poškodené imisiami a nevhodným monokultúrnym hospodárením, a tak dochádza k ich plošným rozpadom a poškodeniam v podstatne rozsiahlejšom meradle, než keby sa jednalo o porasty zdravé a prirodzené, či minimálne v prírode blízkom stave.

Pre pochopenie dynamiky lesa, v mojom prípade smrečín, je však potrebné poznať podmienky jeho klíčenia a rastu v raných fázach. V mojej práci som sa zamerala na posúdenie vplyvu abiotických faktorov, akými sú svetlo, vlhkosť, snehová pokrývka či terénna expozícia, vždy v náväznosti na rast zmladenia. Veľkú dôležitosť, práve v iníciaľných fázach rastu smreka, som predpokladala práve u kompetície s bylinnými druhmi a celkovou vegetáciou, v ktorej vyrastá. Táto tematika zatiaľ nie je dostatočne preskúmaná, a tak sa jej mienim v praxi podrobnejšie venovať v rámci diplomovej práce. Moja bakalárska práca slúži ako rešerša dostupných poznatkov o podmienkach prežívania smreka, a to ako v lesnom prostredí, tak i na holosečiach alebo vývratiskách. Holoruby, pri ktorých sú odstránené z plochy všetky stromy, spôsobujú v rastlinnom kryte veľké zmeny. Prirodzená regenerácia má oproti umelej nesporné množstvo výhod, pretože zvyšuje diverzitu druhov a znásobuje šance, že plocha bude obývaná pôvodnejšími druhmi ako pri umelej výsadbe, nehovoriac o ekonomickej efektívite. Existujú dôkazy, že tento proces je dokonca možný aj v podmienkach, kde bolo prírodné prostredie zásadne zmenené. Samozrejme, úspech osídľovania závisí najmä od okolitých abiotických (svetlo, pôdne pomery, mikroklíma, stanovišťa) a biotických faktorov (druhy diaspór, distribúcia semien, ohryzávanie živočíchmi a kompetícia s okolitou vegetáciou), ktoré ho umožňujú alebo usmerňujú (JONÁŠOVÁ et al., 2006). Podrobné poznanie nárokov drevín (smreka) na úspešné klíčenie a ďalšie prežívanie je preto kľúčové pre zdravý rast lesa v nasledujúcich generáciách.

2. Vplyv abiotických faktorov na počiatkový rast smreku

2.1. Svetlo

Rast smreka pozitívne koreluje s difúznym žiarením (GLONČÁK, 2009), nie je potrebné priame svetlo (HUNZIKER, BRANG, 2005). Zatieňovacie pokusy, za použitia latkovej mriežky na zatienenie, dokázali u viacerých ihličnatých drevín (u smrekovca, borovice, smreku a jedle) veľký význam svetla pre zdravý rast zmladenia. Pri plnom svetle mali všetky druhy najväčší ročný prírastok objemu. Zatiernenie spôsobovalo úbytok, a to v poradí smrekovec, borovica, smrek a nakoniec jedľa, čo odpovedá ich stupňu svetlomilnosti (najviac smrekovec, najmenej jedľa). Pri nedostatku svetla dochádzalo k intenzívnemu výškovému rastu vplyvom etiolizácie (chorobného predlžovania osi stonky pri zakrpatenom vývine listov ; HUNZIKER, BRANG, 2005).

U smrekového zmladenia sa ukázalo, že síce nepatrí medzi druhy s najvyššími nárokmi na svetlo, no istý príkon fotosyntetického žiarenia je pre zdravý rast nevyhnutný (už 30% úbytok svetla znamená u smrekov stratu polovice priemerného ročného prírastku; SVOBODA et al., 1952).

Pri nedostatku svetla sa semenáčikom redukuje aj rast koreňov, čo môže viesť v neskoršom veku k početným vývratom (KORPEL' et al., 1991).

Aj v prípade, že majú stromy dostatok živín a pôdnej vlahy, nepokračujú v raste, ak nemajú zabezpečené potrebné slnečné žiarenie. Dreviny a byliny, ktoré rastú vo vyššej etáži, však toto zatienenie pre semenáčky predstavujú. Preto miera, ako prepúšťajú okolité rastliny svetlo, môže byť braná ako miera kompetície zmladenia s okolitou vegetáciou.

Dôležitosť priepustnosti zápoja v raných štádiách rastu ihličnanov dokazuje aj pokus u svetlomilného druhu *Pinus*. Ukázalo, že príjem N (forma NH_4^+ aj NO_3^-), vody a priebeh fotosyntézy je priamoumerný k množstvu PhAR – pokiaľ je jeho množstvo nedostatočné, uvedené procesy sú inhibované, a tým je následne spomaľovaný rast (SHROPSHIRE et al., 2001).

V podmienkach kanadských holín dominovali druhy *Salix humilis*, *Betula papyrifera*, *Rubus idaeus*, *Calamagrostis canadensis*, *Alnus sp.* a *Epilobium angustifolium* (SHROPSHIRE et al., 2001). V skorých štádiách vývinu ihličnanov majú byliny a pionierske dreviny oproti semenáčikom rôzne výhody, ako napríklad rýchly rast

a vysokú rozmnožovacia schopnosť (obmedziť prístup k svetlu môžu rýchlo a veľkoplošne). Čím vyššie boli stromy (*Alnus*, *Salix humilis*, *Betula papyrifera*), tým nižšia bola transmisia svetla; klesala od korunnej oblasti po povrch pôdy až na 10%. U tráv (napr. *Calamagrostis canadensis*) a vyšších bylenných druhov (napr. *Epilobium angustifolium*), ktoré mali druhú najvyššiu výšku, sa ukázalo byť zatienenie taktiež vysoké, až do 10-20% PhAR pri povrchu. U druhu *Rubus idaeus* bola krivka poklesu transmisie najstrmšia, od plného svetla v korunnej oblasti po menej než 10% tesne pri zemi. V druhom roku došlo k posuvu vo vývine vegetácie smerom k stromovým druhom. (Ďalšie bylinné druhy nepredstavovali dlhodobé nebezpečenstvo, pretože sa v kompetícii s okolitou vegetáciou nepresadili.) Svetelné pomery, v akých rastú semenáčky, sú teda ovplyvnené hlavne vysokými trávami, a neskôr hustotou zápoja krycieho drevinného porastu (SHROPSHIRE et al., 2001).

2.2. Voda a pôdna vlhkosť

Všeobecne je množstvo zrážok potrebné pre výskyt lesa nízke. Podľa odhadov je postačujúcich 50 mm počas štyroch vegetačných mesiacov (5. – 9.), no len pri stálej priemernej relatívnej vzdušnej vlhkosti (zriedkavý prípad), alebo aspoň 100 mm zrážok pri nízkej vzdušnej vlhkosti. Lesy sa nevyskytujú na územiach, ktoré síce majú 50 – 100 mm zrážok počas vegetačného obdobia, lenže vzdušná vlhkosť je prinízka, alebo dochádza k zvýšenému výparu (vietor, teplo). Smrek patrí v rámci drevín ku skupine stromov vysoko náročných na vlhkosť. Suchými obdobiami trpí hlavne mladý nárast v lese, a spôsobujú jeho úhyn. To hrozí najmä na jar a v lete, teda vo vegetačnom období. (SVOBODA et al., 1952).

Pokiaľ je na jar na otvorených plochách zrážok primálo a vzdušná vlhkosť prinízka, v lese sa niekoľkonásobne zvyšuje. Vyššia vzdušná vlhkosť a nižší výpar v lese oproti otvoreným plochám vysvetľujú ochrannú funkciu dospelého porastu pre nálet. Vo vyšších nadmorských výškach tvoria významný podiel i zrážky horizontálne (napr. hmly). Na otvorených plochách zásobuje vlahou zmladenie rosa (SVOBODA et al., 1952; KORPEL' et al., 1991).

Škodlivý ale môže byť pre stromy aj vodou permanentne nasýtený vzduch, pretože brzdí transpiráciu a tak celú látkovú výmenu (KORPEL' et al., 1991).

Nietkoré druhy, napr. machy a rod *Vaccinium* zadržávajú vodu a tak bránia vysychaniu povrchu, čo môže prispievať k úspechu uchytenia sa náletu. V protiklade k

tomu druhy, ako napríklad malinovník, vodu silne stravujú a zvyšujú výpar, ako aj suchosť pôd. Vegetačný kryt má aj ďalší dôležitý význam, a to ako protierózna ochrana počas silnejších dažďov (viď kapitola 3.3. ; SVOBODA et al., 1952).

2.3. Vplyv snehu a mrazu

Mladým smriečkom výrazne škodia jarné mrazy. Mrazové škody sú dobre badateľné na kmienku stromčeka – má oblúkovitý tvar, ktorý vzniká hustým rozvetvením ako reakcia na omrzanie. Najväčší význam majú prízemné neskoré mrazy na konci jari (z dôvod intenzívneho príjmu vody a zásobných látok, ako aj delenia buniek a rastu, ktoré môže byť mrazom v tomto čase narušené). Zasahujú totiž listy v dobe, keď sú ešte nesmierne zraniteľné. Prízemné mrazy dosahujú len do výšky 0,5-1,0m, takže nimi najviac trpí mlad'. Výsledný účinok závisí na dĺžke trvania mrazu, citlivosti pletiva a od klíčovnej doby. Z našich drevín sa za veľmi citlivé považujú najmä smrek, jedle, duby a buky (naopak, za necitlivé listnaté dreviny ako jelša, jarabina a breza; SVOBODA et al., 1952).

Na holiny preniká smrekové zmladenie len za podmienok, keď nie sú vystavené nebezpečenstvu mrazového poškodenia. Pokiaľ na plochách k týmto neskorým mrazom dochádza, osadzujú sa najskôr drevinami voči mrazu odolnými (KORPEL' et al., 1991).

Účinok mrazu ešte umocňuje slnečná radiácia v nadchádzajúci deň. O mnoho citlivejšie na mrazové poškodenie sú smrek vysadené na voľných plochách (t.j. bez ochrany materského porastu – vyžarovanie z pôdy je tu intenzívnejšie; SAKSA et al., 2005).

Ďalej sa zistilo, že pôdy s väčšou plochou nekrytého minerálneho horizontu a celkovo disturbované plochy sú veľmi náchylné na mrazové poškodenie. Podstatné je i to, kedy boli semenáče vysiate – rastlinky zasadené na jar sú o mnoho menej náchylné na mrazové poškodenie ako tie, ktoré sa vysiali až na jeseň. Riziko vymrzania sa ale znižuje prítomnosťou humusovej vrstvy, vegetačného krytu, mulčovaním a snehovou pokrývkou, ktorá slúži ako izolácia a ochrana pred teplotnými výkyvmi na povrchu pôdy. Z toho vyplýva, že práve vegetačný kryt môže byť jedným z kľúčov k regulácii teplôt na pôdnom povrchu a jeho vhodný management môže napomôcť lepšiemu prežívaniu sadeničiek (GRANHUS et al., 2008).

Na voľnej ploche sa sneh skôr roztopí vďaka intenzívnejšej insolácii. Sneh sa rýchlejšie roztopí aj v porastoch, kde stoja stromy ďalej od seba. Dôvodom je, že kmene

stromov vyžarujú tepelné dlhovlnné žiarenie, a tak ohrievajú svoje okolie (cca. do 50 cm). To je kľúčové pre zmladzovanie smrekov na horných hraniciach lesa, kde je celoročne nižšia telota a snehová pokrývka sa pomerne neskoro roztápa (LOFVENIUS, 2003; viď kapitola 4.1.1.).

Prítomnosť snehovej pokrývky a vyrovnanejšia teplota v lese oneskoruje kambiálnu činnosť stromov a ich aktivitu v porovnaní s otvorenou a nechránenou plochou, čo môže zmladenie chrániť pred predčasným rastom v čase, keď je pravdepodobné, že môže dôjsť k jeho poškodeniu. Na druhej strane, pokiaľ sa sneh neroztopí a pôda dostatočne neohreje do vegetačnej doby, vedie to k neúspechu prirodzeného zmladenia. Dochádza k nemu najmä v husto zapojených lesoch vo vyšších nadmorských výškach a v chladných klimatických oblastiach (SVOBODA et al., 1952).

Priaznivo pôsobí snehová pokrývka i tým, že bráni vyschnutiu vegetácie a chráni pred predčasným rašením. Sneh pohlcuje slnečné žiarenie a prevádza ho do spodných vrstiev. Tiež vyrovnáva teplotné rozdiely, a tak chráni semenáčky pred vymrznutím. Vody z topenia snehu, tzv. zimná vlhkosť, zásobuje pôdu v čase prebúdžajúcej sa aktivity rastlín a sneh prispieva aj k šíreniu semien (LOFVENIUS et al., 2003).

V prirodzených horských smrečinách vo Švajčiarsku sa zistilo, že stupeň prepuknutia nákazy patogénom *Herpotrichia juniperi* u smrekových sadeničiek a semenáčikov je podporený predovšetkým prídlhým trvaním snehovej prikrývky, ako aj nízkymi teplotami po roztopení snehu v území (na rozsah týchto škôd vplývajú v menšej miere aj iné stresové faktory). Táto nákaza spôsobuje následnú vysokú úmrtnosť zmladenia (CUNNINGHAM et al., 2006).

2.4. Vietor

Vietor významnou mierou tvaruje kmene stromov a prispieva k deformáciám letokruhov. Typickejším negatívnym vplyvom je napríklad zvyšovanie transpirácie. Rastliny sú v takom prípade nútené zužovať a privierať prieduchy, čo pochopiteľne obmedzuje asimiláciu. Pri silných vetroch sa dostavujú tie isté javy ako v prípade sucha, alebo fyziologického sucha. Mladé kmene usychajú a listy hnednú na vrchole a po okrajoch koruny, pretože tam je transpirácia najsilnejšia (SVOBODA et al., 1952).

Vegetácia môže mať na pasekách a holinách obrovský význam pre zmladenie, pretože tlmí pôsobenie vetra a tým rastlinky chráni. Vietor je výrazne spomaľovaný

v lese pod korunami. Transpirácia prebieha pomalšie, pôda nie je mechanicky vysušovaná, pôdny pokryv odvievaný, a nedochádza k usychaniu vrcholkov či celých stromčekov. To je obzvlášť dôležité pre rast citlivých a mladých jedincov (KORPEL' et al., 1991).

Vietor poškodzuje mechanicky i dospelé stromy, pretože výkyvmi v koreňovej oblasti prispieva k vzniku vývrátov, či koreňových plesní (ak sú narušené). Slabšie jedince tak častokrát spadnú a vytoria porastovú medzeru, dôležitú pre vznik novej generácie stromov, čo môže byť pozitívne (SVOBODA et al., 1952; KORPEL' et al., 1991).

2.5. Pôda a lesný humus

2.5.1. Pôda

Iba vzácne sa stáva, že je napríklad pôda natoľko chudobná na živiny, že ich zásoba nepostačuje na výživu lesa. Čím je ale množstvo živín menšie, tým silnejší kokurenčný tlak vyvíjajú byliny na lesné dreviny (odčerpávajú o to intenzívnejšie vodu a dusík, viď kapitola 3.1.).

Vo všeobecnosti možno povedať, že smrek má plytkú koreňovú sústavu. Závisí to aj na vodných pomeroch pôdy (o čo vlhšia, o to plytšia koreňová sústava), pretože už pri najmenšom odpore v minerálnej vrstve vyháňa korene do vrchnej, humusovej vrstvy. Tu potom odčerpáva vlhkosť a živiny len z povrchovej vrstvy, čo vedie k vzniku fyziologicky plytkých pôd. Z toho istého dôvodu sa smrekom zle darí na ťažkých hlinitých pôdach, lebo v daždivom období majú zaplavené (plytké) koreňové sústavy a v čase sucha extrémne vysychajú. Na takýchto substrátoch je potrebná pre zmladenie smreka (ak je vôbec žiaduce) prítomnosť tlejúcich koreňov a kmeňov (SVOBODA et al., 1952).

Tvorbou zlej formy humusu (mor) prispieva k degradácii pôd. Takýto dlhodobý stav má za následok únavu pôdy, jej zlú kondíciu, a následný spomalený rast a neprosperitu nasledujúcich generácií smrečín (Odkaz 1).

2.5.2. Lesný humus

V prostredí Krušných hôr sa zisťoval úspech zmladenia na pasekách a holiach. Pozorovanie sa konalo po druhom roku od semenného roku, aby bol zaistený dostatok semien (predácii bolo zabránené). Po druhom roku prežili len semnáčiky na ploche bez hrubej pôvodnej vrstvy humusu s koreňmi vegetácie, ktoré sa ukázali byť ako hlavné prekážky pri vývoji lesa na krušnohorských trávnatých plochách. Zistilo sa, že humus tu v dôsledku chladných podmienok, kyslej pôdnej reakcie a nedostatku živín nebol dostatočne rozložený a jeho vrstva bola príliš hrubá, než aby semnáčiky dosiahli minerálny podklad (PRACH et al., 1996).

Podľa toho, aký druh a aká kvalita humusu sa vyskytuje na konkrétnom území, sa dá do veľkej miery predpokladať úspech zmladenia. Silná vrstva surového humusu (nekvalitnej, morovej formy) znemožňuje prenikať koreňmi semnáčikov do minerálnej pôdnej vrstvy, preto na takomto povrchu nezmladzujú. V exponovanejšom teréne, kde je vrstva tohoto humusu silne narúšaná, objavuje sa bohatý prirodzený nálet. Kvalitný humus (forma moderová až mulová) poukazuje na dobrý teplotný a vlhkosťný režim pôdy, ako aj umožňuje lepší prístup k živinám zo sorpčného komplexu pri prirodzenej regenerácii lesa. Preto je kvalita humusu dôležitá (SVOBODA et al., 1952).

Kvalitu humusu výrazne ovplyvňuje aj drevinný podrast. Pozitívom je, ak napomáha rozkladu surového humusu do jeho priaznivejších foriem, a privádza živiny na povrch zo spodných vrstiev pôdy. Najlepšie sa rozkladá lístie čelade *Fabaceae*, ďalej lístie listnatých kríkov a listnatých stromov. Na druhej strane, malé kríčky a zdrevnatelé rastliny žijúce dlho na tom istom stanovišti podporujú silne tvorbu nepriaznivej formy humusu (t.j. mor). Patrí k nim napríklad *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus* a slabšie pôsobiaci *Calluna vulgaris*. Z machov sú to napríklad *Leucobryum*, *Dicranum* a *Polytrichum*. Lepšiu humusovú formu (t.j. moder) podporujú druhy *Hypnum* a *Hylocomnium*. Najhorší stav, úplné zrašelinatenie, predstavuje *Sphagnum*. Naproti tomu, druhy *Deschampsia flexuosa*, *Luzula*, *Holcus* a *Oxalis acetosella* rastú na takmer úplne rozloženom humuse (mulová a moderová forma). Na holosečiach majú tráviny nezastupiteľnú úlohu pri rozklade jeho nepriaznivej formy, a tiež pri ozdravení pôdy (Odkaz 2, SVOBODA et al., 1952).

Po okopaní plôch (scarification) a tým narušení pôvodného vegetačného krytu na miestach, kde pôvodne rástli *Vaccinium myrtillus* a *Deschampsia flexuosa*, tu mali smriečky najlepšie podmienky na prežívanie. Bolo to tak preto, lebo tieto rastliny

uprednostňujú plochy, kde sú dobré vlhkosťné pomery. Druh *Dicranum* ale rastie i na suchých a neuživných stanovištiach, a preto sa tu smreku často nedarilo ani po jeho odstránení a okopaní plochy (HANSSEN, 2002).

2.6. Význam minerálnej výživy pre rast semenáčikov

Dusík zabezpečuje rast semenáčikov, je základnou živinou. Pokiaľ chýba, ihličky sú malé a žltozelené, následne vädnú. Dusík sa nachádza v materskej hornine ako i humuse v neprístupnej forme, ale pri mineralizácii sa uvoľňuje v prístupných formách NO_3^- a NH_4^+ (LOFFLER, 1970).

Stále sa vie málo o prijímaní N semenáčikmi ihličnanov v kompetícii s inými rastlinnými druhmi. HANGS et al. (2003) porovnávali prijímanie dusíka u niektorých druhov tráv a u smreka *Picea glauca* (typický v Kanade). Zistilo sa, že keďže trávy majú jemnejšiu koreňovú sústavu a tým aj väčšiu plochu na fixáciu N než stromy, na rovnakú jednotku objemu koreňov rýchlejšie odčerpávajú živiny z pôdy než stromy (v tomto prípade N). Napr. druhy *Calamagrostis* a *Epilobium* odčerali z pôdy dostupný dusík vo forme NH_4^+ a NO_3^- 3-4x rýchlejšie než ihličnany! Kým najviac NH_4^+ potrebuje na svoj rast práve *P. glauca*, totálne celkové prvenstvo v príjme NH_4^+ , ako aj NO_3^- drží *Calamagrostis*, nasledovaná druhom *Epilobium*. To ich značne uprednostňuje v raných fázach boja o potrebné N pre rýchly rast a teda v naväzujúcom kompetičnom boji o svetlo a pod. Preto eliminácia tejto trávy v lesníckej praxi môže priniesť zlepšenie prežívania sadeničiek ihličnanov.

Ďalším mechanizmom, ktorý ale v tejto štúdii u smrekov prítomný nebol, no mohol by výrazne zlepšiť schopnosť ihličnanov prijímať vlhkosť, ako aj organické a anorganické zlúčeniny, je mykorhíza. Pravdepodobne by v podmienkach kompetície došlo k zlepšeniu príjmu pre ihličnany potrebného NH_4^+ , nie však doplnkového NO_3^- (HANGS et al., 2003).

Pre rast mladých smrekov sú dôležité i ďalšie prvky, ich absencia má za následok rôzne rastové zmeny až úhyn. Pri nedostatku kyseliny fosforečnej sa rastliny vyvíjajú pomaly a oneskorene. Draslík je základným prvkom fotosyntézy a dôležitou živinou pre rast koreňov, ukladá sa hlavne v mladých pletivách. Vápnik nemá rovnaký význam pre všetky rastliny. Závisí to od toho, či sú vápnomilné, alebo acidofilné. Spomaľuje príjem vody, pomáha pri tvorbe organických látok. Je však antagonistický voči K, ako aj iným prvkom (Mg, B, Fe, Mn, P a i.). Umiestňuje sa v starších pletivách

a tiež tvorí základ koreňov, neutralizuje organické kyseliny v bunkách (ako kyselinu šťaveľovú). Stabilizuje sorpčný komplex pôdy spolu s K. Horčík je nepostrádateľná súčasť chlorofylu. Nachádza sa spolu s kyselinou fosforečnou v semenách, kde zabezpečuje tvorbu chlorofylu v čase, kedy si semenáčik ešte nedokáže koreňovou sústavou zabezpečiť dostatočný prísun živín (LOFFLER, 1970).

Vhodnosť pôdneho substrátu z hľadiska minerálnej výživy pre rast smrekového zmladenia na vápencoch bola vyšetovaná BAIEROM et al. (2007) v švajčiarskych Alpách. Ukázalo sa, že s nižším pH vzrástla dostupnosť N, P, K, Cu a Zn, a s vyšším pH sa uvoľňovali skoro výlučne len Ca a Mg. Z vyšetovaných substrátov bolo najkyslejšie a s najvyšším obsahom N, P, K a Fe (t.j. základných prvkov pre výživu zmladenia) rozkladajúce sa drevo, ostatné živiny boli viac zastúpené v minerálnom podklade vápencov (predovšetkým Ca a Mg). Minerálny podklad ale poskytoval pre smreký nevhodnú skladbu živín a navyše veľmi rýchlo vysychal. Rozkladajúce drevo sa ukázalo ako veľmi vhodný substrát pre zmladenie, a to kvôli postupnému rozvoľňovaniu štruktúry a rovnomernému uvoľňovaniu živín. Pri uvoľňovaní N zohrávajú najväčšiu úlohu huby a nitrifikačné baktérie. S rastúcim stupňom rozkladu a rozvoľňovaním štruktúry pletív rastie aj akumulácia vody v ňom, a to je kľúčové v suchších obdobiach (viď kapitola 4.1.1.).

Týmto záverom jednoznačne odpovedá aj rast smreka, ktorý najhojnejšie zmladzuje na rozkladajúcom sa dreve, kým na minerálnom podklade rastú prevažne len trávinné druhy, a vyskytovali sa tu porastové medzery (BAIER et al., 2007).

Nevhodnosť vápencového podkladu si smreký dokážu kompenzovať napríklad rastom v poraste čučoriedok (*Vaccinium myrtillus*), ktoré tvoria kyslú pôdnu reakciu a tak napomáhajú náletu pri prežívaní (BAIER et al., 2006).

3. Vplyv biotickej zložky na rast smrekového zmladenia

3.1. Význam konkurenčnej schopnosti medzi drevinami a bylinami

Dreviny majú vo všeobecnosti pomerne stále ekologické nároky, ktoré sa podľa stanovišťa do istej miery menia. Keďže sa na väčšine stanovišť vyskytuje viacero druhov s podobnou nikou, uplatňujú sa tu aj ich konkurenčné schopnosti, s cieľom obsadiť stanovište a zabráť čo možno najväčší a najvhodnejší priestor pre rast (SVOBODA et al., 1952).

Dôležité predpoklady, ktoré rastliny v kompetícii zvyhodňujú, sú tieňomilnosť, odolnosť voči škodcom, ohňu, imunita voči infekciám a plesniam, odolnosť voči vetru a nenáročnosť. Dominantou smrekov je ich malá náročnosť na svetlo, a tá väčšinou rozhoduje o ich konečnom „vítazstve“ na stanovišti. Ich výhody ale zanikajú na nepriaznivých stanovištiach, akými sú prisuché, príliš oligotrofné, či primokrú a nevzdušné pôdy. Takéto podmienky si vyžadujú skôr rozvoľnenie porastu. Na takýchto substrátoch sú preto silnejšie svetlomilné dreviny, ktoré sú obvykle adaptované na extrémne pomienky viacerými spôsobmi (nenáročnosť na klímu a oligotrofnosť prostredia, etc.). Preto aj na plochách, kde dochádza k častým disturbanciám, prevažujú spravidla trvalo svetlomilné dreviny, alebo lúčne spoločenstvá (SVOBODA et al., 1952).

Lúky sú všeobecne považované za nevhodné prostredie pre uchycovanie semenného náletu, jednak kvôli výraznej kompetícii trávinných druhov, jednak kvôli odumretým zvyškom vegetácie, absencii mykorhíznych húb, ako ja nevhodným mikroklimatickým podmienkam (DOVČIAK et al., 2008).

Čo urýchľuje a napomáha procesom premeny lúčneho spoločenstva na lesné, sú uchytené semenáče samotné – tak ako stromy v lese, aj oni menia okolité podmienky rozkladu humusu, svetelné a mikroklimatické parametre prostredia a vlastnosti pôdy. Navyše, v dospelosti prispievajú ku kolonizácii stanovišťa vlastnými semenami.

Malé smrekky majú odlišné nároky na prostredie ako väčšie – pozitívne reagujú aj na priame svetlo, zato im však neprospieva rásť v konkurenčnom prostredí tráv a koreňovej oblasti susedných stromov. Väčšie stromčeky však tieto vplyvy prekonávajú vďaka silnejšej koreňovej sústave. Aj keď len niekoľko semenáčov je schopných prekonať kritickú rastovú hranicu v hustom trávnom poraste, ďalej už nimi spravidla

nie sú ovplyvňované. Výsledky experimentu ukázali, že najviac semenáčov sa uchycovalo v strede lúky, kde nerástli žiadne alebo len malé smriečky (do 20 cm), naopak, najmenej ich rástlo na jej okrajoch, kde sa nachádzali vyššie mladé smrekky (50 – 130 cm) zo skoršieho obdobia (DOVČIAK et al., 2008). V kontraste k tomu je štúdia HANSSENA et al. (2003; viď kapitola 4.2.1.), z ktorej vyplýva, že semenáčiky pri porastovom okraji majú lepšie vlhkosťné pomery v dôsledku zatienenia a tým pádom nižšej evaporácie. Rozličnosť tvrdení je pravdepodobne spôsobená váhou kompetičného vylučovania na strane jednej, no zároveň stanovištných predkladov na druhej strane.

Smriečky v rámci vnútrodruhovej kompetície menia pôdne pomery v ich okolí, a tak vylučujú príliš tesne rastúcich jedincov iného, či vlastného druhu (DOVČIAK et al., 2008).

A taktiež aj prechod tráv do lesných spoločenstiev ovplyvňuje tak povrchové albedo, ako aj uhlíkové zásoby v pôde a stromoch samotných (bylinné soločenstvá menia vlastnosti humusu a kvalitu pôdneho pokryvu, viď kapitola 2.5.2.; DOVČIAK et al., 2008).

3.2. Presvetľovanie, vnútrodruhovú kompetícia

Smrekky rastú skôr zhlukovite, ich porasty sú početné. To vedie k rastu veľkého počtu jedincov o strednej sile. Ale práve tesnejšie zoskupenie napomáha častokrát v skorom veku k lepšej stabilite porastu, než pokiaľ rastie porast príliš rozvoľnene (možný pohľad je, že hlúčikovité zoskupenie zmladenia bráni silnej konkurencii okolo rastúcich bylinných a trávinných druhov, zatiaľ čo selekcia v rámci druhu a zoskupenia, tzv. presvetľovanie, úspech prežívania zmladenia neohrozuje). Tento pohľad je v kontraste k zisteniam DOVČIAKA et al. (2008). Možný pohľad je, že v štúdiu DOVČIAKA et al. (2008) išlo o neskoršie štádiá rastu zmladenia, kde už i u smrekov bolo presvetľovanie markantné, resp. stred lúky v tomto prípade poskytoval pre smrekky vhodnejšie kľúčne prostredie kvôli vyššej dotácii svetla a zrážok (závisí teda od konkrétnych stanovištných podmienok a taktiež zvolenej metodiky pozorovania). Je však faktom, že medzidruhovú kompetícia oslabuje vitalitu semenáčikov, a tak práve zhlukovitý rast je mechanizmus, ktorým sa proti nej bránia (SVOBODA et al., 1952).

Každý druh si podľa svojich životných nárokov reguluje počet jedincov a vzdialenosť, v akej môžu minimálne vyrastať. Úbytok, či vylučovanie kmeňov prebieha

postupne. Rýchlejšie je u svetlomilných než tieňomilných druhov. Zaujímavosťou je, že toto vylučovanie stromov prebieha rýchlejšie na úživných pôdach a za priaznivých vonkajších podmienok. Toto sa ukázalo aj vo Fínsku, kde prebehol monitoring prirodzeného zmladenia na ploche po veľkoplošnej disturbancii. Smreký mali i tu skôr zhlukovitý než náhodný rast. Regenerácia prebiehala na úrodnom podklade, s podrastom *Oxalis acetosella* – *Vaccinium myrtillus*. Úrodnosť podložia sa prejavila v omnoho početnejšom zmladzovaní, než je obvyklé po disturbanciách. To nakoniec viedlo k urýchlenému vylučovaniu slabších jedincov pri raste v rámci druhu a zoskupenia – k presvetľovaniu (KUULUVAINEN, KALMARI, 2003).

Navyše sa aj v podmienkach TANAP-u potvrdilo, že kým umelá výsadba má štruktúru pravidelnú, prirodzená obnova prebieha zhlukovite (FLEISCHER et al., 2007).

Podstatnejším faktorom, než vnútro- a medzidruhovú konkurencia je prostredie, v akom stromy bezprostredne rastú. Totiž i strom so slabšou genetickou výbavou, ak sa dostane do vlhkej kotlinky v suchom prostredí, alebo vyrastie na vršku v bažinnom postedí, je mnohonásobne zvýhodnený oproti svojim susedom. Aj to zohráva významnú rolu pri vnútrodruhovej kompetícii (SVOBODA et al., 1952).

3.3. Vplyv drevinného podrastu na vývin smrečín

Podrast (kroviny, zakrpatené tieňomilné druhy stromov) zlepšuje kvalitu pôdy rýchlym uvoľňovaním živín (solí, dusík) a rozkladom surového humusu. Zabezpečuje vyrovnané teplotné a svetelné pomery, zadržiava sneh a tým i dostatok vlhky v období intenzívneho jarného rastu. Tým napomáha rastu citlivých drevín v ich ranom vývoji (SMIT et al., 2006). Veľmi prínosný môže byť hlavne na vývratiskách a pasekách, teda v prostredí, ktoré by bez neho bolo obsadené trávami a inými bylinnými druhmi. Taktiež i stabilizuje pôdu pred veternými a dažďovými eróziami. Môže síce byť i škodlivým konkurentom cieľových drevín (kompetícia, prenos hubových ochorení), no jeho prínosy pri tvorbe rastových podmienok tieňomilných drevín sú veľké. Napríklad v severských zemiach, v ihličnatých lesoch, obohacuje prímes jelše pôdu dusíkom, ako i chráni mladé smriečky pred mrazovým poškodením (SVOBODA et al., 1952; SMIT et al., 2006).

Niektoré druhy (napr. *Crataegus monogyna*) možno označiť ako ochranné porasty pre mladé smreký. Živočíchy ich považujú za „nechutné“, a tak poskytujú zmladeniu útočisko pred spásaním. Kým však sadeničky sú v nepsávanom prostredí

chránené pred predáciou, to isté vonkoncom neplatí pre semená. Pri pozorovaní sa zistilo, že počty semien v ochrannom poraste a mimo neho boli skoro rovnaké. Pre malých predátorov semien totiž kríky nepredstavujú žiadnu veľkú prekážku. Hlavný ochranný efekt neprístupných porastov spočíva preto v ochrane semenáčov (SMIT et al., 2006).

3.4. Vplyv pôdneho rastlinstva na zmladzovanie lesa

Poznanie vzťahu medzi podrastovou vegetáciou a klíčením semien je veľmi podstatné, pretože je to práve bylinná a machová etáž, do ktorej sa semenka stromov dostanú po dopade (JONÁŠOVÁ et al., 2006). Zároveň je rastlinstvo v úzkom vzťahu k tvorbe vrchnej vrstvy pôdy, humusu a steliva. Kombinácia medzi týmito druhmi pôdneho pokryvu buď výrazne podporuje uchytenie sa náletu, ale naopak potláča a znemožňuje ho. Napríklad, náletu neškodí pri zakoreňovaní len príliš tesná koreňová sústava machov, ale aj príliš silná humusová vrstva, ktorá ju doprevádza (HANSSEN, 2002; HANSSEN, 2003; VALKONEN, MAGUIRE, 2005).

Je známe že nálet sa uchycuje najčastejšie v porastových medzerách v korunnom zápoji. Ak sú ale príliš veľké, dochádza k silnému konkurenčnému boju medzi trávami a semenáčikmi, a to vedie k veľkému úhynu zmladenia (KORPEL' et al., 1991).

3.4.1. Stelivo

Existuje nepriama úmernosť medzi mocnosťou steliva a rastom semenáčikov každého druhu stromu. Na minerálnej pôde vzchádzajú sadenice podstatne lepšie než na plochách s vrstvou steliva a ešte porastenou machmi (HANSSEN, 2002).

Tráviny, a najmä ich stelivo, utláčajú dreviny mechanicky a ohýbajú ich výrastky, ako aj obmedzujú prístup k svetlu. Ich pozitívom je však, že podobne ako sneh, bránia ich zimnému vymŕzaniu a tlmia teplotné extrémny. Všeobecne ale stelivo, obzvlášť u rodu *Calamagrostis*, má na mladé stromky negatívny účinok, pretože dusí stromčeky o to viac, o čo hojnejšie vyrastajú v bezprostrednom okolí semenáčika (vlastné pozorovanie; SVOBODA et al., 1952).

Dokonca, plochy s nulovým stelivom a machovou pokrývkou, ktoré sú prehriate po požiaroch, predstavujú ideálne klíčne podmienky pre mnohé dreviny (nevýhodou je

zraniteľnosť týchto plôch voči mrazu a vymývaniu, či ďalším faktorom). Najcitlivejšie sú druhy ako smrekovec a osika, a práve preto zvyknú vyrastať po požiaroch na plochách spálenísk (to sme zaznamenali v TANAP-e, vlastné pozorovanie). V menšej miere vadiť stelivo smreku, borovici, sosnovej a breze. Pri hrúbke steliva 0,25 – 1 cm sa ich náletu darí optimálne (HANSSEN, 2002; SVOBODA et al., 1952).

3.4.2. Machy

Silná machová pokrývka dusí mladé rastlinky, pretože ich jemné koreňky nedokážu prerásť cez príliš hustú a hrubú rhizosféru. Takýmto druhom je napríklad ploník (*Polytrichum*). V málo prevzdušnených porastoch čučoriedok (na severe Európy) zaujímajú vlhšie miesta druhy *Polytrichum* a *Sphagnum*. Kým ploník predstavuje prostredie neumožňujúce zmladenie, rašeliník je dobrým podkladom, pokiaľ jeho vrstva nie je tiež až príliš hrubá (v takom prípade je rast smreka redukovaný). V tom istom prostredí zaujímali terénne vyvýšeniny druhy machov ako *Hylocomnium*, *Pleurozium*, *Rythiadelphus* a *Ptilium*. Z nich *Hylocomnium* a *Pleurozium* predstavovali veľmi dobrý substrát. Je to azda z dôvodu, že netvoria príliš hrubé vrstvy (SVOBODA et al., 1952).

Pozorovanie z juhovýchodného Nórska však ukázalo pravý opak, a to, že stromčeky preživali najlepšie v porastoch *Sphagnum ssp.* a *Polytrichum commune*, kým negatívne na ne pôsobilo podrast z druhov *Dicranum ssp.* a *Pleurozium schreberii*, ktoré mali semenáčikov len veľmi málo. Sú totiž príliš suché, a prerásť hustú spleť ich pakorienkov je pre semenáčky veľmi zložitá. Protichodné výsledky boli zrejme spôsobené odlišnými vlhkosťnými pomermi v týchto machoch na jednotlivých lokalitách (HANSSEN, 2002; HANSSEN, 2003).

Podľa ďalšej štúdie sú machy všeobecne škodlivé a spojené s malým počtom semenáčikov, pretože rýchlo vysychajú. Išlo o druhy *P.schreberi*, *Dicranum sp.*, *P. commune*, *H. splendens* (VALKONEN, MAGUIRE, 2005).

3.4.3. Bylinné druhy a trávy

Niektoré druhy rastlín sú pre život stromčekov priaznivejšie ako iné. Napríklad borovice vyrastajú radšej v inak pomerne suchých a kyslých vresoch (*Calluna vulgaris*), pokiaľ okolitá pôda porastá lišajníkmi, ktoré tvoria tuhé krusty najmä za sucha. Vres borovice uprednostňujú aj pred rastom v trávnom pokryve, pretože trávy sú v čase

sucha svojimi jemnými korenkami schopné vysať z pôdy obrovské percento vlahy. V oceánickejšom prostredí ale nevýhody vresu, ako je podporovanie podzolizácie, prevažujú. Vzájomné vzťahy rastlín s drevinami sú preto veľmi silne ovplyvnené súborom klimatických faktorov prostredia (SVOBODA et al., 1952).

Kompetícia *Vaccinium myrtillus* so semnáčmi *Picea abies* redukuje ich rast. Keď sa zamedzilo kompetícii koreňov čučoriedok so smrekovými koreňmi, zistilo sa, že rast a množstvo celkových výživových látok, ako aj objemový rast a mykoríza sa zlepšili (JADERLUND et al., 1997). Rast do výšky a hrúbky sa zlepšil aj pri obmedzení nadzemnej kompetície, zohrával ale menšiu rolu ako podzemná kompetícia. Pokiaľ sa pridalo do pôdy aktívne uhlie na neutralizáciu potenciálnych fytotoxínov, rast sa nezmenil, z čoho vyplýva, že v tomto smere čučoriedka rast smreka neovplyvňuje (ale jej fytotoxický vplyv bol dokázaný u osiky; JADERLUND et al., 1997).

V štúdií MALLIKA a PELLISIERA (2000), sa však ukázalo (pri skúmaní v laboratórnych podmienkach), že čučoriedky vylučujú do pôdy látky ako kyselinu p-hydroxibenzoovú a katechol, ktoré oneskorujú klíčenie smreka obyčajného až o 10 dní oproti každému inému pôdnemu zásahu. V porovnaní s JADERLUNDOM (1997) bol výsledok zreteľnejší a významnejší, pretože sa zrejme jednalo o väčšie koncentrácie než v tamajších podmienkach. Najsilnejšie inhibičné vlastnosti mal výluh z čerstvého lístia, a potom starého lístia. Odstránenie humusu (teda rast na minerálnom podklade) i tu podporilo rast smreka v poľných podmienkach (MALLIK, PELLISSIER, 2000). Otázka alelopatických vplyvov čučoriedok na inhibíciu rastu smreka by ale potrebovala ďalšie praktické overenie pokusmi.

Pozorovania z českých a slovenských hôr ukázali, že v porastoch čučoriedky s machmi sa náletu darí, kým v porastoch *Calamagrostis villosa* zmladenie nachádzame len v malom počte, alebo je obmedzený len na hnijúce drevo. Podobne je to aj v papradinovom podraste, pretože po ich odumretí tvoria tiež silnú vrstvu steliva (vlastné pozorovanie, SVOBODA et al., 1952).

Záleží preto na stanovištných faktoroch, do akej miery je alebo nie je bylinný podrast nápomocný či škodlivý pre regeneráciu lesa. Druhy s úzkymi listami (trávy, ostrice) ale určite teplotné extrémny netlmia, naopak, môžu prispieť k mrazovým škodám a úpalom drevín, pretože čerpajú z pôdy značné množstvo vlahy. Pritom ich úzke listy nie sú schopné zmenšiť tepelné výkyvy (SACCONE et al., 2009).

V štúdií z južného Švédska, kde sú prirodzené smrekové porasty, bola sledovaná ich kompetícia s trávnatými druhmi. Ukazuje sa ako škodlivejšia než s inými druhmi vegetácie, najmä v raných fázach vývinu mladých stromčekov. Odoberá im živiny

a v suchých obdobiach i vodu. Efekt na pôdnu teplotu je skôr nepriaznivý, pretože môže podporovať neskoré prízemné mrazy. Výlučky do pôdy sú pravdepodobne pre semenáčky toxické. Kosenie tráv neprináša častokrát žiadaný efekt, pokiaľ nie je odstránená aj podpovrchová kompetícia, napr. okopávaním alebo obracanim pôdy. Kompetícii s vegetáciou napomáha i skoré vysadenie (resp. vysadenie sa) smriečkov na plochu pred tým, než ju porastie príliš hustá vegetácia (HANSSEN, 2003).

Takéto stromčeky sú ale vystavené predácii tvrdoňom smrekovým (*Hylobius abietes*). Dá sa jej zabrániť vysadením stromčekov na plochy 3-4 ročné, no tu už býva kompetícia tráv príliš silná, než aby sa im úspešne darilo v zdravom raste bez ďalších podporných zásahov (HANSSEN, 2003).

Ďalej sa preukázalo, že úzkolisté trávy vylučujú látky (alelopatia), ktoré inhibujú rast koreňov u viacerých druhov drevín (*Betula pubescens*, *Betula verrucosa*, *Quercus petraea*). U smreka je alelopaické pôsobenie na jeho rast tiež pravdepodobné. (NILSSON, ORLANDER, 1999).

Pri porovaniach obsahu vody na holých plochách a na plochách s vegetačnou pokrývkou sa zistilo, že napr. u čučoriedok na surovom substráte, a druhoch *Calluna*, *Deschampsia flexuosa*, *Calamagrostis* a iných druhov tráv prevláda na jar ochrana pred výparom, ale v lete naopak odčerpávanie vody. Špeciálne *D. flexuosa* jednak bráni zakoreneniu smreka kvôli jej hustej koreňovej sústave a jednak ho oberá o živiny (dusík; najcitelnejšie v čase sucha). Výsledkom teda je, že kým približne do júna má pôda s vegetáciou viac vlahy než holá plocha, v lete sa bilancia obracia a semenáčky trpia suchom (SVOBODA et al., 1952; HANSSEN, 2002).

Pozorovanie NILSSONA a OERLANDERA (1999) ale prekvapivo ukázalo, že mladé smreký majú schopnosť kompetovať o vodu aj s tak silným súperom ako je práve metlička krivoľaká (*Deschampsia flexuosa*). Smrekom sa totiž aj po výrazne silnej perióde sucha podarilo v jej poraste prežiť, a uchovať si dobrý zdravotný stav: korene sa pritom nemuseli predlžovať hlbšie za vodou a čerpali ju z tej istej úrovne ako metlička.

Množstvo a druhové zastúpenie vegetácie mení do veľkej miery aj ohryzávanie živočíchmi. Môže jednak podporiť rast ihličnanov na úkor listnatých drevín, no i obmedziť postup sukcesie smerom k cieľovým drevinám (EERIKAEINEN et al., 2007).

Pokiaľ je ohryz príliš intenzívny, prevláda rast odolných druhov tráv (napr. typicky *Deschampsia flexuosa*) a spoločenstvo si trvalo zachováva trávinný charakter. Počet živočíchov, ako sú napríklad hlodavce živiace sa semenami, je na otvorenej ploche porostenej hustou vegetáciou podstatne väčší než pod lesným zápojom (SAKSA, 2005).

Okus mal vplyv na redukciu početnosti najmä u rastlín ako *Epilobium angustifolium*, pretože vrbovka je všeobecne považovaná za veľmi chutnú rastlinu (napr. pre srnce). Ohryzávanie kríčkov ako *Calluna vulgaris* a *Vaccinium myrtillus* počas leta, naopak, zintenzívnilo ich rast (BERGQUIST et al., 1999). To mohlo smerovať k zlepšeniu podmienok pre klíčenie a rast semenáčikov.

Vegetácia môže mať podporujúci aj brzdiaci efekt aj z hľadiska teplotných pomerov. Smrekové semenáčky sú veľmi citlivé na teplotné extrémny a výkyvy. Napríklad v tatranskej oblasti vo vegetácii *Calamagrostis villosa* semenáčky takmer nenájdeme, pretože teplotné pomery v nej sú príliš extrémne. Naopak, v poraste *Vaccinium myrtillus* sú tepelné pomery podstatne vyrovnanejšie, preto tu vývoj zmladenia možný je (SVOBODA et al., 1952, vlastné pozorovanie).

Dôležitá je aj schopnosť bylinného porastu opäť osídliť plochu, napríklad na požiariskách alebo kalamitných plochách. Trávy opäť tvoria najväčšie nebezpečenstvo, pretože sú schopné vytvárať výbežky a navrátiť sa na územie v rekordne krátkom čase. Rod *Vaccinium* sa správa opačne, na voľných plochách odumiera, a v takom prípade na zmladenie nemá výrazný vplyv. *Calluna sp.* je schopný regenerácie vo väčšej miere než *Vaccinium*, a preto je potenciálny konkurent zmladenia aj na voľných plochách (SVOBODA et al., 1952; DEL RIO, 2006).

Trávovité a bylinné druhy sú v Tatrách typické pre diferencované lesné porasty, kým machy prevládajú pod lesným zápojom monotónneho usporiadania, kde je málo svetla. Zaujímavosťou tu je, že v dôsledku až 60% zápoja tvoreného monotónnymi a nivelizovanými porastmi tu dochádzalo k vysokej mortalite prirodzeného zmladenia. Zistilo sa, že zmiešané porasty so smrekovcom vytvárajú lepšie svetelné a humusové pomery pre rast zmladenia na tatranských svahoch (viď kapitola 2.1., FLEISCHER et al., 2007).

Monitoring pokalamitného vývoja v Kanade ukázal, že smrek vyrostajú o veľa častejšie na nevyťažných územiach. Najlepšie sa tu semenáče uchycovali v porastoch *Vaccinium sp.*, *Chamaeiron danielsii*, ako aj *Potentilla sp.* Najmenej sa im darilo v porastoch *Carex sp.* z dôvodov koreňovej konkurencie o pôdnu vlhkosť (DEL RIO, 2006). V súlade s tým sú aj výsledky z pokalamitného vývoja vo Vysokých Tatrách, kde sa zmladenie nenašlo vo vrbovke *Epilobium angustifolium*, a dokonca ani pioniersky druh *Sorbus aucuparia* sa v ňom nedokázal presadiť (OLŠAVSKÁ et al., 2008).

4. Mikroklimatické a stanovištné podmienky

4.1. Mikroklimatické podmienky

4.1.1. Pne

Každý balvan a peň má svoju studenú a vlhkú severnú stranu, ako aj južnú stranu – horúcu a suchú. Severná strana je v priebehu dňa o mnoho chladnejšia, s ešte nižšími pôdnymi teplotami (rozdiely môžu byť veľmi vysoké, napr. na Šumave v septembri bol rozdiel okolo poludnia až 15°C; SVOBODA et al., 1952). Nálet sa rád uchycuje v prostredí so stabilnou teplotou a väčšou vlhkosťou. Na južnej strane dochádza práve kvôli teplotným extrémom a nepriaznivej mikroklíme ku krpateniu semenáčikov po celé roky. Navyše, aj peň sa rozkladá od severnej, vlhšej strany, ktorá takto poskytuje domov machom (významný zadrživateľ pôdnej vlhkosti). Lepšie podmienky pre rast sadeničiek sú na západe vývrátov – bránia rannému vysychaniu rosy. Stromčeky na veterených svahoch uprednostňujú ich záveterné strany (SVOBODA et al., 1952; KUULUVAINEN, KALMARI, 2003).

Pokiaľ sa nálet zakorení na pni alebo padlom kmene, poskytnú im pne dostatok vlahy v čase sucha a živiny z rozpadajúcej sa drevnej hmoty. Navyše sa tu rýchlejšie topí sneh a vzniká teplo z rozkladných procesov, čo je veľmi priaznivé pre rast náletu najmä v chladnejších regiónoch (HUNZIKER, BRANG, 2005).

Nie všetky kmene a pne stromov však môžu byť osídlené semenáčmi. Na to, aby rastlinky dokázali zakoreniť, je potrebná dostatočná mäkkosť rozkladajúceho sa dreva, čo bolo v pomienkach temperátneho boreálneho lesa nad 40 rokov. O stupni rozkladu vypovedá aj zmena vegetácie. So vzrastajúcim množstvom machov na dreve vzrástla prítomnosť zmladenia. Väčšie kmene poskytovali viac živín a teda boli priaznivejšie ako kmene s menším množstvom biomasy. Ich uvoľňovaniu napomáhajú rozkladné baktérie (NARUKAWA et al., 2003). Najlepším podkladom pre rast semenáčov sú mŕtve drevo, vyvrátené a rozkladajúce sa kmene a vlhké miesta (VALKONEN, MAGUIRE, 2005; GLONČÁK, 2009). V čistých a nemanagovaných smrečinách si smreký samé pripravujú prostredníctvom početných vývrátov nerovný reliéf pre prirodzenú obnovu.

Na mokrych pôdach, ako aj v čučoriedkovom poraste sa nálet uchycuje spravidla na hnijúcom dreve. Drevo má v porovnaní s málo vzdušnými a ťažkými pôdami lepšiu pórovitosť a schopnosť zadržiavať akurátne množstvo vlahy. Vyvýšením nad povrch zároveň bráni vymŕzaniu semenáčikov. V prípade, že pôda je prevzdušná dostatočne, darí sa na nej smriečkom rovnako dobre, alebo lepšie ako na dreve. Rast na vyvýšeninách bráni v prvom rade kompetícii medzi rastlinstvom a mladými drevinami, a na niektorých výrazne zaburenených plochách je jedinou možnosťou pre prirodzené zmladenie (SVOBODA et al., 1952, NILSSON, OERLANDER, 1999; HANSEN, 2003).

Rozkladajúce sa drevo a jamy a kopce po vývratoch (mounds and pits), ktoré zaberali len necelú tretinu plochy, hostili vyše 2/3 zmladenia, kým len jeho 1/3 rástla v pôvodnom, neporušenom prostredí fínskych lesov (KUULUVAINEN, KALMARI, 2003).

Na vápencovom podklade sú pne a vývraty spravidla jediným vhodným biotopom pre klíčenie a rast smrekov, a to hlavne vďaka ich pH a dostatku poskytovaných živín. Aby bol vznik zmladenia možný, je tu potrebné ponechať vývraty a kmene na mieste (viď kapitola 2.6., BAIER et al., 2007).

Za zmienku stojí aj odraz slnečných lúčov od kmeňov a koreňov okolitých stromov. Do istej vzdialenosti od kmeňa sa zmladeniu totiž nedarí z dôvodu podstaného zahrievania povrchu. Pokiaľ majú stromy zdravú koreňovú sústavu, vyrastajú semenáče ďalej. Ak odumrie koreňová sústava celá, posúva sa hranica až k samotnému kmeňu. Na druhej strane, práve vďaka tepelnému vyžarovaniu kmeňov je možný rast niektorých drevín i nad hornou hranicou ich rozšírenia. Citlivé dreviny majú tendenciu vyrastať o to bližšie pri kmeni dospelého stromu, o čo sú okolité podmienky menej priaznivé (napr. smrek pod odolnejšími borovicami). LOFVENIUS et al., 2003).

4.1.2. Expozičné javy

Vysoké Tatry sú hraničným pohorím medzi Poľskom a Slovenskom. Severná časť, a teda aj severne exponované a zároveň náveterné svahy patria Poľsku, kým slovenské svahy sú exponované južne a ležia v zrážkovom tieni. Pri prechode oblačnosti cez hrebene hôr sa zrážky zmenšujú, pretože z veľkej časti vypadávajú už na náveternej strane. Preto zrážkový tieň pociťujú stromčeky zreteľnejšie na južných svahoch. Rozdiel sa odráža aj v zložení lesa a prítomnosti určitých drevín. Napríklad na slovenskej strane máme preto borovicu limbovú, ako aj smrekovec, ktorý ťažko nájdeme na poľskej strane pohoria, no zas je tu veľmi nízke zastúpenie jedle a úplná

absencia buku, ktorý tvorí bohaté porasty na severnej strane (SVOBODA et al.,1952; FLEISCHER et al., 2007).

Na malých vyvýšeninách je rozloženie zrážok práve opačné než vo vysokých pohoriach: v záveternej strane sa zachytí viac zrážok, dažďových, a hlavne snehových (SVOBODA et al.,1952).

4.2. Stanovištné podmienky

4.2.1. Vplyv vzdialenosti od porastového okraja na distribúciu semien

Základom pre zalesnenie nezarastených a zničených území je schopnosť semien dostať sa na túto plochu, tzv. migrácia. Na to je potrebný ich dostatočný počet a dostatočná kvalita. Semená, ktoré majú dolet príliš ďaleký, bývajú zväčša prázdne alebo poškodené, preto sa so vzrastajúcou vzdialenosťou od materských stromov znižuje i množstvo zmladenia. U smreka je nálet najhojnejší do 30-40m, menej do 100m (t.j. jedna až dve stromové dĺžky). Pretože v blízkosti materského stromu je znížená evaporácia v dôsledku zatienenia, majú tu semenka lepšie vlhkosťné podmienky v iníciaľnej fáze vývinu (HANSSEN, 2003; JONÁŠOVÁ et al., 2006).

V transporte však významne napomáhajú i živočíchy, napríklad hlodavce a vtáky, ktoré sú schopné zaniest' semená na vzdialenosti, kam by sa bez ich pomoci dostávali desaťročia (SVOBODA et al., 1952).

Hlavné abiotické faktory pre vyklíčenie sú voda a teplo (vodá pomáha pri napučaní a roztrhnutí osemenia). Prílišné striedanie teplôt na povrchu pôdy škodí klíčivosti smreka, a tiež vlnová dĺžka dopadajúceho žiarenia zohráva svoju rolu: kým biele až červené svetlo (otvorená plocha) klíčenie podporujú, modré (zapojený les) ho zastavuje (JONÁŠOVÁ et al., 2006).

Rozmnožovanie stromov môže prebiehať aj prostredníctvom výmladkov (t.j. stromov vzniknutých vegetatívne z odrezkov), tie rastú rýchlejšie, a skôr dospievajú než semenáče. Už po zakorenení výmladkov ich vek odpovedá jednoročnému semnáčiku. U ihličnanov je ale častejšie zakorenenie mladých vetvičiek v dostatočnej vrstve humusu. Deje sa to na hornej hranici lesa a v prostredí, ktoré je príliš nehostinné pre tvorbu dostatočného množstva semien (zmladzovanie smreka na hornej hranici lesa, vid' kapitola 2.3.). Tento jav je dôležitý aj v konkurenčnom boji s burinou a trávami, pretože rýchly rast a zabezpečenie si prístupu k svetlu je základom prežitia dreviny na

otvorenej ploche. Množstvo semenných rokov je ovplyvnené aj zemepisnou šírkou a nadmorskou výškou, čím vyššie a severnejšie sa nachádza rastový areál, tým menej ich je (KANTOR et al., 1975).

Výhodu v konkurenčnom boji medzi vegetáciou a drevinami majú tie druhy, ktoré tvoria veľké množstvo ľahších semien (pri zachovaní klíčivosti a dobrej kondície). Môžu tak rýchlo a účinne osídliť v krátkom čase plochu ešte pred tým, než zarastie prílišným množstvom ostatnej vegetácie. Druhy s ťažšími semenami zas môžu byť prenášané živočíchmi, ale hlavne sa úspešne dostanú do pôdy aj pokiaľ je zaburenená. Smreký tvoria prechod medzi týmito kategóriami (SVOBODA et al., 1952; KANTOR et al., 1975).

4.2.2. Význam porastových medzier

V podmienkach prírodnej regenerácie je najvhodnejšie vytváranie medzier v poraste, ktoré budú dostatočne veľké pre jeho rozvoj, a zároveň nie priveľké, aby lesné okraje mohli chrániť zmladenie a umožňovať mu lepšie uchytenie sa na voľnej ploche. Podmienky pre zmladenie sa rôznia stanovište od stanovišta (KORPEL' et al., 1991; JONÁŠOVÁ et al., 2006).

V lesnom prostredí rozlišujeme obvykle porast dospelých stromov a podrast tvorený náletom a mladými jedincami. Pokiaľ nedôjde k utvoreniu medzery v zápoji, podrast mizne a regeneruje sa. Doba, po akú sa podrast udrží pod zápojom, sa líši podľa nároku na svetlo (u tieňomilných druhov, ako u smreka a jarabiny, sa drží aj niekoľko rokov). Pri páde alebo výrube starších jedincov sa otvárajú podmienky pre rast semenáčikov. Najväčšie množstvo sa objavuje v materskom poraste so strednou hustotou zápoja. To bolo ukázané aj v Triglavskom NP. V menších medzerách rástlo viac smriečkov s nižšou výškou, zatiaľ čo v stredne veľkých medzerách ich vyrastalo menej, ale boli vyššie (DIACI et al., 2005). Tent stav je možné vysvetliť tak, že kým menšie porastové medzery sú pre prirodzené zmladzovanie lesa optimálne, na veľkých otvorených plochách prežili len najvitálnejšie jedince.

Pokiaľ sú totiž medzery v poraste väčšie, je zmladenie poškodzované mrazmi (skorými aj neskorými), vysokými teplotami, ako aj hubené trávnu pokrývkou. Optimálna hustota zápoja závisí od klimatických pomerov územia. Tam, kde plocha trávami zarastená nie je, darí sa drevinám lepšie. Ak sú porasty v dôsledku klimatickej nepriazne príliš rozvoľnené a plochy pokryté rôznymi bylinnými a machovými druhmi

(horná hranica lesa, svetlé polostepné lesy), obnovujú sa smreký formou zhlukovitých zoskupení. Zhlúčiky vyrastajú na miestach, ktoré majú vhodné mikroklimatické, no najmä bezkonkurenčné prostredie (KOREL' et al., 1991; SVOBODA et al., 1952).

Stredne veľké porastové medzery, kotlíky, majú pre zmladenie viaceré výhody. Sú to ochrana proti vetru (o čo väčšia je medzera, význam je slabší), ochrana pred príliš silným slnečným žiarením (teplo je skôr prijímané od okolitého porastu) a dobré vlhkostné pomery. Sú teda výhodnejšie ako malé porastové medzery (KORPEL' et al., 1991; DIACI et al., 2005).

Pokiaľ sa stromky zmladzujú v malých porastových oknách, priaznivé pôsobenie okolitého lesa po čase ustáva, pretože koreňové sústavy zmladenia sa dostanú do prostredia koreňov dospelcov, teda do konkurencie o vlahu a živiny (KORPEL' et al., 1991).

4.2.3. Vhodný lesnícky management pre podporu rastu zmladenia

V posledných rokoch vzrástol záujem o les nie len ako o zásobareň dreva, ale aj samostatný systém ekologickej stability. Preto sa zmenil pohľad aj na tradičný prístup, kde boli rozsiahle plochy úplne vyťažené a les sa zo semenáčikov vysadzoval opäť. Aby sme vedeli, aké metódy pre podporu prirodzenej lesnej regenerácie sú najpriaznivejšie, treba porovnať viacero rozličných postupov. Potom sa ukáže, ktorý je najšetrnejší a pre regeneráciu smreka najpriaznivejší.

U smreka je často zvýšená šanca na uchytenie sa a prežitie okopávaním (scarification). Za predpokladu, že sú vlhkostné pomery vyvážené, dostatočný počet semenáčikov sa ucyhtí aj bez ďalších zásahov do ich okolia. Po vysadení je pre sadeničky lepšie, keď sú okopávané. Dochádza tak k menšiemu tvrdoňovému napadnutiu než v prípade neupravovanej pôdy (viď kapitola 3.4.3.). Zároveň vedie k priaznivejším teplotným (zvýšenie pôdnej teploty v chladných oblastiach podporuje rast i klíčenie) a vlhkostným pomerom. Konkurencia smriečkov s okolitou vegetáciou o vodu a živiny tiež zaniká. Okopávanie teda zvyšuje rovnomernosť rastu drevín. Zároveň však môže zničiť množstvo mladých jednicov, pokiaľ vyrastajú blízko seba, a to obzvlášť u smreka (prirodzená regenerácia u neho je zhukovitá). Na druhej strane ubúda počet plôch s nulovým osídlením. Vo všeobecnosti je ale tento zásah pokladaný za veľmi priaznivý pre zmladenie (vo Švédsku: po okopávaní 39000 ks.ha⁻¹, 25 % plôch bez

zmladenia, v kontrole 9000 ks.ha-1 a 75 % plôch bez zmladenia; KARLSSON et al., 2002).

Druhým najviac priaznivým zásahom je z praxe prevracanie pôdy (inverting). Ako najmenej úspešný sa javí bezzásahový management. V bezzásahových zónach na pokalamitných plochách sa náletu darí hlavne pri okrajoch lesa, teda pod ochrannou clonou materského porastu (HANSSEN et al., 2003; GRANHUS et al., 2008).

Ďalším zásahom je strihanie vegetácie pri rôznych intenzitách zatienenia a prítomnosti vegetácie. Najlepšie výsledky ukazujú plochy, kde bola po ostrihaní (kosení) vegetácia stredná intenzita zatienenia semenáčika. Pokiaľ bola vegetácia odstránená úplne, boli plochy príliš zraniteľné a teda je tento druh managementu pre úspech zmladenia nie vždy žiadaný, hlavne na mrazových a suchých lokalitách (HANSSEN et al., 2003; GRANHUS et al., 2008).

Rastu smreka jednoznačne napomáha vŕšenie (na kopčekoch je vyššia teplota pôdy a nižšia konkurencia od podrastu), najlepšie v kombinácii s odstraňovaním prízemnej vegetácie okopávaním (HANSSEN et al., 2003).

Odstraňovanie raždia a konárov (slash removal) neovplyvňuje pôdnu vlhkosť v 10 cm pôdy, ale ovplyvňuje vlhkosť v humusovej vrstve tak, že povrch pôdy bez raždia je voči vysychaniu menej odolný. Semenáčky s nedostatočne hlbokou koreňovou sústavou tu preto ľahšie usychajú. Po prípade semená nevyklíčia. Na druhej strane, odstránenie raždia zvyšuje teplotu pôdy, a to je pri klíčení veľká výhoda. Navyše, odstraňovanie haluzín ovplyvňuje množstvo vegetácie a jej zloženie, čo má pre regeneráciu ihličnanov tiež obrovský význam. Konáre chránia pôdu pri ťažbe pred mechanickým poškodením, zároveň však môžu predstavovať aj mechanickú prekážku pre uchycovanie sa náletu (KARLSSON et al., 2002).

U každého zásahu je najdôležitejšie správne načasovanie, v semenných rokoch je úspešnosť zmladenia najpravdepodobnejšia. Kvalitnými zásahmi môžeme napomôcť rýchlejšiemu rastu semenáčikov, a tie sa potom skôr stanú odolné voči nepriaznivým klimatickým faktorom (suchu, mrazu; HANSSEN et al., 2003; GRANHUS et al., 2008).

Pôdne zásahy spravidla pôdu skvalitňujú a zbavujú smreký neželanej kompetície, no musia byť prevádzané šetrne. Vo Fínsku sa napríklad vyskytujú pôdne koreňové patogény (parazitické huby *Heterobasidium parviporum*, *H. annosum*), ktoré pri narušení koreňov spôsobujú väčšie škody na zmladení než konkurujúca vegetácia (VALKONEN, MAGUIRE, 2005).

Úprava pôdy je dôležitá, aby sa dosiahli vhodné teplotné a vlhkosťové pomery, a tým pádom vznikol substrát pre budúce stromčeky. Nie však v prvý rok, pretože vtedy

semenáče potrebujú pokoj k stabilizácii a disturbancie im škodia. Ťažba dreva tu môže spôsobiť úhyn veľkého množstva zmladenia (EERIKAEINEN et al., 2007; DEL RIO, 2006).

Pokiaľ zmladenie uhynie a kým nadíde ďalší semenný rok, môže byť už plocha porastená burinou a trávami natoľko, že to znemožní ďalšie zmladzovanie smreka. Z toho dôvodu sa na kalamitných plochách ťažba nedoporučuje. V Tatrách sa rozvíja na miestach po vývratoch nitrofilná vegetácia (napr. *Epilobium angustifolium*), zatiaľ čo pôvodná a pre zmladenie priaznivejšia lesná vegetácia sa zachovala na miestach s neodstránenými vývratmi. Preto neodstránenie kalamitného dreva môže napomôcť zmladeniu, lebo redukuje nežiaducu kompetíciu nitrofilných druhov (KORPEL' et al., 1991).

Vo švajčiarskych Alpách sa ponechávajú vyvrátené stromy na lokalite ešte z dôvodu protieróznej ochrany (RAMMIG et al., 2006). I tento druh managmentu, pri ktorom sú vývratiská ponechané na samovývoj, má ale svoje medzery. Môže viesť k nekontrolovateľným celoplošným a dlhodobým rozpadom lesa v prípade napadnutia lesa lykožrútom (skúsenosti zo správ lesov NP Šumava a TANAP-u, pracovníci Výskunej stanice ŠL TANAP-u, ústne podanie).

Prirodzená regenerácia lesa má i ďalšie výhody, akými je rast lesa budúcej generácie, ktorý má o mnoho pôvodnejšiu skladbu a je i trvalo udržateľnejší. Následne sa v ňom odporúča výberové hospodárenie, tj. selektívna ťažba najstarších a najsilnejších stromov, pri zachovaní prirodzenej synúzie viacetážového lesa. Tento managment je používaný napr. v lesoch Švajčiarska (KORPEL' et al., 1991).

5. Záver

V mojej práci som popísala abiotické, biotické, ako aj stanovištné a klimatické faktory, ktoré klíčenie a rast smrekov umožňujú, či naopak brzdia. Keďže prvoradou otázkou bolo, do akej miery je ich rast ovplyvnený kompetíciou s bylinnými druhmi (a celkovou vegetáciou rastúcou v bezprostrednom okolí), snažila som sa nájsť súvislosť medzi rastom smreka a rozvojom vegetácie v náväznosti na ostatné faktory.

Môj výsledný poznatok je, že o klíčení a prežívaní smrekov rozhoduje nie len prítomnosť jednotlivých druhov vegetácie, ale v podstatnej miere aj abiotické prostredie a klimatické činitele. Zistila som, že kým isté druhy pôdnych rastlín a kerov, ako aj stromov môžu smreku v raste napomáhať, je závislé na klíme, mikroklíme, stanovišti a ostatných faktoroch (prítomnosti predátorov, hmyzu, na počasí, dĺžke trvania snehovej pokrývky a podobne), aké bude výsledné zmladenie. Samotní autori sa častokrát rozchádzali v záveroch, čo bolo spôsobené práve nerovnosťou podmienok, v akých robili pozorovania. Preto si myslím, že táto téma by si vyžadovala podrobnejšie poznatky z viacerých lokalít. Moja bakalárska práca slúži ako rešerša dostupných poznatkov, no zároveň ako základ pre ďalšie terénne pozorovania na území TANAP-u.

Abstrakt

Moja práca pojednáva o podmienkach klíčenia a rastu smreka (*Picea abies*) v širších ekologických súvislostiach. Je rešeršou k diplomovej práci. Zistila som, že rast a prežívanie smrekových semenáčov je ovplyvnené kombináciou abiotických, biotických a stanovištných podmienok.

Medzi hlavné abiotické faktory patrí dostatok svetla a pôdnej vlhkosti, zrnitosť pôdy, hrúbka surového humusu, vhodné minerálne zloženie, vyrovnané teplotné pomery, hrúbka snehovej pokrývky a prítomnosť neskorých mrazov. Pri analýze biotických faktorov v náväznosti na rast semenáčov, čo bolo hlavným predmetom mojej práce, som sa zamerala na bylinný a celkový vegetačný podklad, pretože uchytenie náletu závisí primárne od neho. Trávinné druhy (napr. *Deschampsia flexuosa*, *Calamagrostis sp.*) zmladeniu bránili odberom vody a dusíka, ako ja nevhodnými teplotnými a svetelnými pomermi. Stelivo taktiež dusilo nálet a bránilo prístupu k svetlu. Niektoré druhy machov napomáhali zmladeniu stálosťou teplotných a vlhkostných pomerov, iné nedovoľovali koreňom smreka dosiahnuť minerálny podklad a spôsobovali jeho úhyn. Kroviny chránili zmladenie od konkurencie tráv, no nemali ochranný efekt pri klíčení. Bylinné druhy, ale nie všetky, poskytovali smrekom tieň a chránili ich od príliš intenzívnej slnečnej radiácie. Rast pod zápojom rozvoj zmladenia brzdil, i keď chránil semenáčky od kompetície s burinou. Zhlukovitý rast v raných fázach bráni kompetícii tráv a je prospešný. Miera, do akej sa prejavilo pôsobenie jednotlivých faktorov, je podstatne ovplyvnená stanovištnými a mikroklimatickými pomermi. V menšom meradle napr. efektom jama-kopec (mound-pit), vo väčšom veľkosťou porastových medzier a expozície svahov. V závere práce som zhodnotila vhodnosť jednotlivých lesníckych zásahov na podporu zmladenia (okopávanie, ponechanie vývratov po kalamitách v lokalite).

Vzhľadom na rôznorodosť výsledkov, v závislosti od kombinácie jednotlivých faktorov, je potrebný ďalší výskum v otázke rastu smreka v bylinnom podraze, aby sa dalo určiť, do akej miery je výsledné zmladenie závislé práve na okolitej vegetácii a medzidruhovej, ako aj vnútroruhovej kompetícii.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: smrek obyčajný, *Picea abies*, semenáč, semenáče, abiotické faktory, svetlo, vlhkosť, sneh, minerálna výživa, opad, rastliny, vegetácia, tráv, úzkolisté tráv, burina, kríky, stanovištné faktory, veľkosť porastovej medzery, mikroklima, príprava stanovišťa

Abstract

My point was to write about the conditions (mainly biotic) for germination and growth of Norway spruce (*Picea abies*). It is a literature research for my graduation theses. I found out, that the growth and survival of spruce seedlings is affected by a combination of biotic, abiotic and site conditions.

The main abiotic factors are sufficient light and moisture availability, grain class, thickness and quality of humus, susceptible mineral nutrition, steady temperature conditions, thickness of snow cover and occurrence of late frosts. I focussed on the growth of spruce seedlings in vegetation cover, what was the main point of my study. It is because the success of survival and growth of spruce depends primarily on the surrounding, where seeds get after dispersion. Grass-species (for instance, *Deschampsia flexuosa*, *Calamagrostis* sp.) inhibited the growth by water and nitrogen uptake, as well as inappropriate temperature and light conditions. Litter also hindered natural regeneration in growth. Some mosses helped young spruces because of steady temperature and moisture regime, but some had too thick rhizosphere, and did not allow them to reach the mineral soil. Shrubs protected seedlings by preventing them from competition with graminoids, but were of no importance for seed protection. Herb layer, but not general, shaded germinants and so was helpful. Growth under tree canopy layer was hindered by too much shade, even though it protected plants against the competition from herbs and grass weed. Cluster growth was good for survival rate, mainly in early phases. How important was each of the biotic and abiotic factors, depended on the site and microclimate conditions. In smaller scale it was e.g. the mound-pit effect, in bigger scale e.g. gap size or slope exposition. At the close I compared suitability of silvicultural treatments for supporting of natural regeneration (scarification, salvage logging).

According to the variability of results (depending on the combination of ecological parameters of the stand), there are more studies necessary. The herb and vegetation layer, as the relevant factor for the success of natural regeneration, should be studied and evaluated separately from the other site-specific factors.

KEYWORDS: Norway spruce, *Picea abies*, seedlings, germination, abiotic factors, biotic factors, light, moisture, snow, mineral nutrition, litter, herbs, vegetation, grass, weed, shrub, competition, site-factors, gap size, microclimate, site preparation

Použitá literatura

Baier, R., Ettl, R., Hahn, C., et al. (2006): *Early development and nutrition of Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) seedlings on different seedbeds in the Bavarian limestone Alps - a bioassay*. ANNALS OF FOREST SCIENCE, Vol. 63, s. 339-348

Baier, R., Meyer, J., Gottlein, A. (2007): *Regeneration niches of Norway spruce (Picea abies [L.] Karst.) saplings in small canopy gaps in mixed mountain forests of the Bavarian Limestone Alps*. EUROPEAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, Vol. 126, s. 11-22

Bergquist, J., Orlander, G., Nilsson, U. (1999): *Deer browsing and slash removal affect field vegetation on south Swedish clearcuts*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, Vol. 115, s. 171-182

Cunningham, C., Zimmermann, N.E., Stoeckli, V., et al. (2006): *Growth response of Norway spruce saplings in two forest gaps in the Swiss Alps to artificial browsing, infection with black snow mold, and competition by ground vegetation*. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH-REVUE CANADIENNE DE RECHERCHE FORESTIERE, Vol. 36, s. 2782-2793

del Rio, C.M.R. (2006): *Changes in understory composition following catastrophic windthrow and salvage logging in a subalpine forest ecosystem*. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH-REVUE CANADIENNE DE RECHERCHE FORESTIERE, Vol. 36, s. 2943-2954

Diaci, J., Pisek, R., Boncina, A. (2005): *Regeneration in experimental gaps of subalpine Picea abies forest in the Slovenian Alps*. EUROPEAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, Vol. 124, s. 29-36

Dovciak, M., Hrivnak, R., Ujhazy, K., et al. (2008): *Seed rain and environmental controls on invasion of Picea abies into grassland.*, PLANT ECOLOGY, Vol. 194, s. 135-148

Erikainen, K., Miina, J., Valkonen, S. (2007): *Models for the regeneration establishment and the development of established seedlings in uneven-aged, Norway spruce dominated forest stands of southern Finland*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, Vol. 242, s. 444-461

Fleischer, P. et al. (2007): *Ohrozenie tatranských lesov*. Bioklimatologie and natural hazards, Medzinárodná klimatologická konferencia, Poľana nad Detvou

Glončák, P. (2009): *Dynamika vegetácie prírodných horských smrečín*. Autoreferát dizertačnej práce, Lesnícka fakulta Technickej univerzity vo Zvolene

Granhus, A., Hanssen, K.H., de Chantal, M. (2008): *Emergence and seasonal mortality of naturally regenerated Picea abies seedlings: impact of overstory density and two site preparation methods*. NEW FORESTS, Vol. 35, s. 75-87

Hangs, R.D., Knight, J.D., Van Rees, K.C.J. (2003): *Nitrogen uptake characteristics for roots of conifer seedlings and common boreal forest competitor species*. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH-REVUE CANADIENNE DE RECHERCHE FORESTIERE, Vol. 33, s. 156-163

Hanssen, K.H., Granhus, A., Braekke, F.H. et al. (2003): *Performance of sown and naturally regenerated Picea abies seedlings under different scarification and harvesting regimens*. SCANDINAVIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, Vol. 18, s. 351-361

Hanssen, K.H. (2002): *Effects of seedbed substrates on regeneration of Picea abies from seeds*. SCANDINAVIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, Vol. 17, s. 511-521

Hanssen, K.H. (2003): *Natural regeneration of Picea abies on small clear-cuts in SE Norway*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, Vol. 180, s. 199-213

Holgen, P., Hanell, B. (2000): *Performance of planted and naturally regenerated seedlings in Picea abies-dominated shelterwood stands and clearcuts in Sweden*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, Vol. 127, s. 129-138

Hunziker, U., Brang, P. (2005): *Microsite patterns of conifer seedling establishment and growth in a mixed stand in the southern Alps*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, Vol. 210, s. 67-79

Ilisson, T., Koster, K., Vodde, F. et al. (2007): *Regeneration development 4-5 years after a storm in Norway spruce dominated forests, Estonia*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, Vol. 250, s. 17-24

Jaderlund, A., Zackrisson, O., Dahlberg, A. et al. (1997): *Interference of Vaccinium myrtillus on establishment, growth, and nutrition of Picea abies seedlings in a northern boreal site*. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH-REVUE CANADIENNE DE RECHERCHE FORESTIERE, Vol. 27, s. 2017-2025

Jaderlund, A., Zackrisson, O., Nilsson, M.C. (1996): *Effects of bilberry (Vaccinium myrtillus L) litter on seed germination and early seedling growth of four boreal tree species*. JOURNAL OF CHEMICAL ECOLOGY, Vol. 22, s. 973-986

Jonášová, M., van Hees, A., Prach, K. (2006): *Rehabilitation of monotonous exotic coniferous plantations: A case study of spontaneous establishment of different tree species*. ECOLOGICAL ENGINEERING, Vol. 28, s. 141-148

Jonášová, M., Vávrová, E., Cudlin, P. (2010): *Western Carpathian mountain spruce forest after a windthrow: Natural regeneration in cleared and uncleared areas*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, Vol. 259, s. 1127-1134

Kantor, J. et al. (1975): *Zakládání lesů a šlechtění lesních dřevin*. SZN, Praha, s. 526

Karlsson, M., Nilsson, U., Orlander, G. (2002): *Natural regeneration in clear-cuts: Effects of scarification, slash removal and clear-cut age*. SCANDINAVIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, Vol. 17, s. 131-138

Korpeľ, Š. et al. (1991): *Pestovanie lesa*. PRÍRODA, Bratislava, s. 465

Kuuluvainen, T., Kalmari, R. (2003): *Regeneration microsites of Picea abies seedlings in a windthrow area of a boreal old-growth forest in southern Finland*. ANNALES BOTANICI FENNICI, Vol. 40, s. 401-413

Löffler, A. (1970): *Základy lesného škôlkárstva*. PRÍRODA, Bratislava, s. 54-62

Lofvenius, M.O., Kluge, M., Lundmark, T. (2003): *Snow and soil frost depth in two types of shelterwood and a clear-cut area*. SCANDINAVIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, Vol. 18, s. 54-63

Mallik, A.U., Pellissier, F. (2000): *Effects of Vaccinium myrtillus on spruce regeneration: Testing the notion of coevolutionary significance of allelopathy*. JOURNAL OF CHEMICAL ECOLOGY, Vol. 26, s. 2197-2209

Narukawa, Y., Iida, S., Tanouchi, H., et al. (2003): *State of fallen logs and the occurrence of conifer seedlings and saplings in boreal and subalpine old-growth forests in Japan*. ECOLOGICAL RESEARCH, Vol. 18, s. 267-277

Nilsson, U., Orlander, G. (1999): *Vegetation management on grass-dominated clearcuts planted with Norway spruce in southern Sweden*. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH-REVUE CANADIENNE DE RECHERCHE FORESTIERE, Vol. 29, s. 1015-1026

Nilsson, U., Orlander, G. (1999): *Water uptake by planted Picea abies in relation to competing field vegetation and seedling rooting depth on two grass-dominated sites in southern Sweden*. SCANDINAVIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, Vol. 14, s. 312-319

Odkaz 1: (stránka zobrazená dňa 10.8.2010): *Les a puda*.

http://fle.czu.cz/~ulbrichova/Skripta_EKOL/lesapuda/lesapuda.htm

Odkaz 2: (stránka zobrazená dňa 10.8.2010): *Humus*.

<http://www.geka.univerzita.com/dokumenty/2zima/humus.pdf>

Olišavská, G. et al. (2008): *Pokalamitný vývoj vegetácie na trvalo monitorovacích plochách vo Vysokých Tatrách*. In: Pokalamitný výskum v TANAP-e, 2008; Lesnícka univerzita vo Zvolene

Prach, K., Lepš, J., Michálek, J. (1996): *Establishment of Picea abies seedlings in a central European mountain grassland: An experimental study*. JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE, Vol. 7, s. 681-684

Rammig, A., Fahs, L., Bugmann, H. et al. (2006): *Forest regeneration after disturbance: A modelling study for the Swiss Alps*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, Vol. 222, s. 123-136

Saccone, P., Delzon, S., Pages, J.P. et al. (2009): *The role of biotic interactions in altering tree seedling responses to an extreme climatic event*. JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE, Vol. 20, s. 403-414

Saksa, T., Heiskanen, J., Miina, J. et al. (2005): *Multilevel modelling of height growth in young Norway spruce plantations in southern Finland*. SILVA FENNICA, Vol. 39, s. 143-153

Shropshire, C., Wagner, R.G., Bell, F.W. et al. (2001): *Light attenuation by early successional plants of the boreal forest*. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH-REVUE CANADIENNE DE RECHERCHE FORESTIERE, Vol. 31, s. 812-823

Simon, J., Kadavý, J., Macku, J. (1998): *Hospodářská úprava lesů*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, s. 234

Smit, C., Gusberti, M., Muller-Scharer, H. (2006): *Safe for saplings; safe for seeds?*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, Vol. 237, s. 471-477

Svoboda, P. (1952): *Život lesa*. BRÁZDA, Praha, s. 894

Tikka, P.M., Heikkilä, T., Heiskanen, M. et al. (2001): *The role of competition and rarity in the restoration of a dry grassland in Finland*. APPLIED VEGETATION SCIENCE, Vol. 4, s. 139-146

Valkonen, S., Maguire, D.A. (2005): *Relationship between seedbed properties and the emergence of spruce germinants in recently cut Norway spruce selection stands in Southern Finland*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT, Vol. 210, s. 255-266

Vandenberghe, C., Frelechoux, F., Gadallah, F. et al. (2006): *Competitive effects of herbaceous vegetation on tree seedling emergence, growth and survival: Does gap size matter?*. JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE, Vol. 17, s. 481-488