

VPLYV KLIMATICKÝCH A SVETELNÝCH FAKTOROV NA KLÍČENIE A PREŽÍVANIE SEMENÁČIKOV JEDLE BIELEJ (*ABIES ALBA* MILL.) A SMREKA OBYČAJNÉHO (*PICEA ABIES* L. KARST.) VO VÝBERKOVOM LESE

IMPACT OF CLIMATIC AND LIGHT FACTORS ON THE GERMINATION AND SURVIVAL OF SILVER FIR (*ABIES ALBA* MILL.) AND NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* L. KARST.) SEEDLINGS IN SELECTION FOREST

JÁN JAĎUĎ¹⁾ ✉ - JÁN PITTNER¹⁾ - ZORA SNOPKOVÁ²⁾

¹⁾Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T.G. Masaryka 24, SK - 960 53 Zvolen

²⁾Slovenský hydrometeorologický ústav, Zelená 5, SK - 974 04 Banská Bystrica

✉ e-mail: xjadud@tuzvo.sk

ABSTRACT

The paper presents results of seeding experiment of silver fir (*Abies alba* Mill.) and Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) in the selection forest. There is still a lack of knowledge about the germination and survival of seedlings in the differentiated forests. The experiment was performed in a managed forest with the selection structure. We established 24 sowing plots in the altitude 960–1050 m a.s.l., north exposure. One hundred of germinative seeds were sowed per one 1 m × 1 m plot. The level of direct and diffuse radiation and share of canopy gaps were measured on each of sowing plots. We analyzed the effect of applied tree species, different soil treatment, date of sowing and light environment on the abundance of germinated and survived seedlings. In addition, we studied the impact of climate conditions (average day temperatures and precipitations) on the seeds germination as well. The analysis revealed the direct effect of climate factors on the survival of spruce seedlings. We recorded the precipitation deficiency of 40 mm during the monitored 42 days that closely corresponded with the highest-recorded mortality of spruce seedlings (73 %). In time of the first inventory, the total amount of spruce seedlings was almost twenty-fold higher than the number of germinated firs. However, in time of the last inventory, the abundance of fir seedlings was 3.5 times higher than that of spruce seedlings. The different level of neither direct and diffuse radiation nor openness affected directly the average number of survived seedlings.

Kľúčové slová: pokusný výsev, jedľa biela, smrek obyčajný, výberkový les
Key words: seeding experiment, silver fir, Norway spruce, selection forest

ÚVOD

Lesy v podhorských a horských oblastiach sú dlhodobo vystavené komplexu nepriaznivých škodlivých činiteľov. Pre zvýšenie stability týchto ekosystémov je optimálne využívať prírodu blízke pestovné technológie. Každý hospodársky spôsob má určité špecifiká. Pre výberkové hospodárstvo má kľúčový význam práve prirodzená obnova, ktorá prebieha plynule po celej ploche, bez stagnácií a krízových prejavov. Svojím plošným rozsahom odpovedá porastovému typu (SANIGA 2010). Pri zásahoch do štruktúry výberkového lesa sa v podstate uplatňuje clonná obnova. Rovnako to platí pre stromovú aj skupinovú formu hospodárenia. Pri realizácii stromovej formy sa jedná o výrazne nepravidelnú a trvalú clonnú obnovu. Vo výberkovom lese nie je vymedzená obnovená doba a tiež je problém definovať prebiehajúcu fázu „clonného“ rubu vzhľadom na charakter zásahu do štruktúry. Práve v súvislosti s obnovou výberkového lesa je nutné spomenúť jednotlivý výber, ktorým sa vytvárajú výrazné mikroklimatické rozdiely v ekologickom profile porastu. Rôzny stupeň osvetlenia nemá vplyv len na produkciu a rast existujúcich zložiek výberkovej štruktúry, ale výrazne diferencuje porast aj z hľadiska podmienok pre nástup prirodzenej obnovy. Správny priebeh regeneračných procesov si vyžaduje vysoký počet semenáčikov, hlavne ich rýchle vzchádzanie a odrasta-

nie, pretože v tejto kategórii prirodzenej obnovy sa prejavuje vysoká mortalita jedincov. Dreviny v konkurenčnom boji rozdielne zmladzujú, a preto je zbytočné podporovať obnovu smreka tam, kde je k dispozícii postačujúca obnova jedle a opačne (SANIGA 2010). Priestorové rozdelenie prirodzenej obnovy po ploche porastu nie je rovnomerné, ale značne agregované (DUC 2002).

Prirodzenou obnovou horských lesov v počiatočných fázach sa zaoberalo mnoho autorov. BRANG (1996) uvádza, že nasemenenie a fáza klíčenia semenáčikov sú najcitlivejšími životnými obdobiami. MENCUCCINI et al. (1995) uvádza, že v horských smrekových lesoch severného Talianska predstavuje semenná úroda počas semenných rokov 150 až 350 semien na m². Kvalita semien je pomerne nízka, nakoľko na m² pripadá len okolo 100 klíčivých semien. Podiel prázdnych alebo neklíčivých semien sa mení z roka na rok. Interval medzi dobrou a zlou semennou úrodou nie je konštantný. Autori ďalej uvádzajú, že produkcia semien sa signifikantne neznižuje so stúpajúcou nadmorskou výškou a vplyv expozície na produkciu semien sa nepodarilo presne stanoviť. Analýzou semennej úrody smreka sa v oblasti Nízkych Tatier zaoberal aj KUCBEL (2007, 2011). V roku so semennou úrodou autor zaznamenal 5,5–6krát vyššie množstvo semena ako v rokoch nasledujúcich po nej. Podľa výskumu JAĎUĎ, SANIGA (2012)

sa v podmienkach výberkových lesov Nízkyh Tatier semenná úroda jedle opakuje každých 4 až 5 rokov, pri smreku je bohatšia semenná úroda častejšia. Smrekové semená padajú počas celého zimného obdobia zvyčajne na snehový prikrývku a pri klíčení sa nachádzajú v humusovom horizonte L. Jedlové semená padajú už na jeseň a počas celej zimy sa posúvajú hlbšie do humusových horizontov (DIACI 1997). Semená všetkých druhov jedlí sa vyznačujú fyziologickou dormanciou. Za dočasné zastavenie fyziologických procesov sú zodpovedné inhibítory, ktoré blokujú aktivitu enzýmov podmieňujúcich klíčenie semien (BEZDĚČKOVÁ, ŘEZŇÍČKOVÁ 2012). V prípade dostatočného množstva klíčivého semena sú pre proces klíčenia a ujímania rozhodujúce podmienky rastového prostredia. Na základe momentálnej bázy poznatkov sú rozhodujúcimi faktormi pre proces klíčenia a ujímania semenáčikov expozícia, priame žiarenie, dostupnosť vody a stav klíčivého lôžka (BRANG 1996). V prípade jedle sa ako výrazný faktor vplývajúci na jej odrastanie uvádza tlak zveri (SENN, SUTER 2003; SANIGA et al. 2011). Dolná vrstva výberkových lesov vymedzuje priestor, v ktorom sa odohráva najsilnejší boj o prežitie. Hustota prirodzeného zmladenia výrazne kolíše v závislosti na faktore svetla, vody a teploty, prípadne iných faktorov, ktoré priamo či nepriamo so svetlom korelujú. Vplyv uvedených ekologických faktorov sa mení v závislosti na nadmorskej výške. Kým v nižšom montánnom stupni je zmladenie limitované prienikom svetla, v subalpínskych polohách sa stáva rozhodujúcim ekologickým faktorom teplota (OTT 1989; LÜSCHER 1989; BRANG 1996). Najmä teplota pôdy je ovplyvnená dĺžkou slnečného svitu. MAYER (1999) uvádza, že zatienené malé plochy v poraste alebo na jeho okraji nikdy nemali vytvorené podmienky pre nástup prirodzenej obnovy a rozhodujúcim faktorom pritom bola dĺžka udržania snehovej pokrývky. Viacero autorov (IMBECK, OTT 1987; FREHNER 1989; LÜSCHER 1989; MAYER 1999; AGESTAM et al. 2003) uvádza ako najvýznamnejší faktor vplývajúci na nástup a následné odrastanie prirodzenej obnovy priame slnečné žiarenie. Priame žiarenie významne ovplyvňuje teplotu a vlhkosť pôdy (ŠPULÁK 2009). OTT et al. (1997) uvádzajú, že v prípade extrémneho kolísania maximálnych a minimálnych denných teplôt môžu slabé semenáčky len ťažko prežiť. Z pestovateľského hľadiska je možné zo všetkých environmentálnych faktorov čiastočne ovplyvniť veľkosť žiarenia prechádzajúceho ku klíčivému lôžku a konkurenčnú vegetáciu (HUNZIKER, BRANG 2005). Pre úspešnosť obnovy výberkového lesa má priamy vplyv forma hospodárskeho spôsobu. V horských podmienkach Slovenska sa uvádza výška 1400 m n. m. ako hranica, od ktorej je výhodnejšie zabezpečiť prirodzenú obnovu pomocou skupinovej formy výberkového lesa (PITNER, SANIGA 2008). Dosiahnutie diferencovanej prirodzenej obnovy je teda závislé na spôsobe hospodárenia a vždy súvisí s citlivými zásahmi do porastovej štruktúry. ALBANESI et al. (2005) uvádza, že pre zabezpečenie regeneračných procesov jedle je najvhodnejšie vytvárať v zápoji porastu medzery do veľkosti maximálne 300 m², čo potvrdzuje výsledky DUCA (2002). Ekologické príčiny často sa vyskytujúcich ťažkostí s prirodzenou obnovou vo vysokohorských polohách zhrnul BRANG (1996), resp. OTT et al. (1997) nasledovne:

- nedostatok tepla
- presychajúci povrch pôdy a prehrievanie
- intercepcia
- slabá konkurencieschopnosť voči vegetácii
- napadnutie hubami
- zriedkavejšie semenné roky.

Špecifickosť prirodzenej obnovy vo výberkových lesoch spočíva najmä v udržaní jej continuity a maloplošnej diferencovanosti. Prirodzená obnova tienných drevín posilňuje odolnosť porastu a v prípade veterných alebo podkôrníkových kalamít takto vzniknuté jedince pohotovo uzatvárajú zápoj a vyplňajú disponibilný priestor (MESSIER et al. 1999). Výberkový princíp je podmienený neustálou prirodzenou obnovou. Dlhšia stagnácia obnovy alebo jej krízová situácia zavinená vonkajšími vplyvmi znamená vážne ohrozenie úspešnosti výberkového hospodárstva a stratu rovnovážnej štruktúry (SANIGA 2010).

Doposiaľ nebol skúmaný vplyv klimatických faktorov ako ani vplyv rozdielného mikrostanovišta na klíčenie semien smreka a jedle vo výberkovom lese.

V nadväznosti na problematiku bolo cieľom predkladaného príspevku určenie vhodných svetelných podmienok a vplyvu faktorov druh dreveni, zapracovanie do pôdy a čas kontroly výsevu na klíčenie a prežívania semenáčikov jedle bielej a smreka obyčajného vo výberkovom lese.

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika výskumných objektov

Výskum bol realizovaný v orografickom celku Nízke Tatry na území lesného celku Liptovská Osada v demonštračnom objekte Donovaly – časť Mistríky (50,4 ha; S 48°52'26'' a V 19°14'28''). Demonštračný objekt sa nachádza v nadmorskej výške 960–1050 m n. m., priemerný ročný úhrn zrážok je 900–1000 mm, priemerná ročná teplota sa pohybuje v intervale 4,2–4,8 °C. Nachádza sa v 6. lesnom vegetačnom stupni, v skupine lesných typov *Fagetum-abietino-piceosum* (SANIGA, VENCURIK 2007). Výsevy boli realizované v dielci 631. Dielec 631 je charakteristický produkčnou funkciou, nachádza sa na severnej expozícii. Svojou štruktúrou spĺňa znaky výberkového lesa. Zastúpenie drevín v poraste je nasledovné: smrek 58 %, jedľa 36 %, buk 6 % (JAĎUĎ, SANIGA 2012).

Výsevová dávka a stav klíčivého lôžka

Stanovenie výsevovej dávky semena vychádzalo z prác autorov MENCUCINI et al. (1995), BRANG (1996), DIACI (1997), KUCBEL (2011). Výsevy boli realizované na plôškach 1 × 1 m, v rôznych stupňoch clonenia plochy výsevu korunami stromov (A do 60 %, B 60–80 %, C nad 80 %) a v dvoch variantoch (bez zapracovania a so zapracovaním do pôdy). Na jednu plochu výsevu sme vysiali 100 klíčivých semien. Výskumný dizajn bol nasledovný:

2 druhy drevín × 2 varianty × 3 stupne clonenia × 2 opakovania = 24 výsevov.

Rozdielny stupeň clonenia bol stanovený vizuálne počas rekognoskácie terénu s prihliadnutím na stav pôdneho povrchu (prítomnosť bylinnej synúzie, resp. povrch pokrytý len ihličím). Stabilizáciu výsevov v teréne sme realizovali drevenými 25 cm vysokými kolmi. Plocha klíčivého lôžka bola očistená od konárov a šišíek. Výsevová dávka sa vysiala na pôdny povrch podľa zvoleného variantu. Plocha výsevu sa za účelom zamedzenia vplyvu zveri, hľadavcov a vtáctva prekryla pletivom s veľkosťou oka 20 mm, pričom po stranách výsevu sa pletivo zapracovalo pod povrch do hĺbky 5 cm. Semeno vhodnej proveniencie bolo zakúpené od OZ Semenoles, Lesy SR, š. p. Pre výpočet výsevovej dávky sme použili premenné na základe výsledku rozboru semena podľa Národného lesníckeho centra, Strediska kontroly lesného reprodukčného materiálu. Klíčivosť semien bola overená vo vlastných laboratórnych podmienkach. Pri výpočte výsevovej dávky sme použili vzorec (SARVAŠ et al. 2007):

$$N = \frac{10 \cdot V \cdot A}{K \cdot \check{C}} \cdot k \quad (1)$$

kde:

- N – výsevová dávka v gramoch na technickú jednotku (bm, m²),
- V – požadovaný maximálny počet semenáčikov v čase vyzdvihovania,
- A – absolútna hmotnosť 1000 kusov semien (g)
- K – klíčivosť (%)
- Č – čistota (%)
- k – koeficient zohľadňujúci miestne prírodné podmienky

Pre smrek bola výsevová dávka stanovená nasledovne:

$$N = \frac{10 \cdot 100 \cdot 6,8250}{91 \cdot 100} \cdot 3 = 2,25 \text{ g}$$

Pre jedľu bola výsevová dávka stanovená nasledovne:

$$N = \frac{10 \cdot 100 \cdot 46,375}{47 \cdot 94,2} \cdot 3 = 31,42 \text{ g}$$

Pre presnejšiu kvantifikáciu svetelných charakteristík bolo 50 cm nad každým výsevom realizované hemisférické snímkovanie. Následne boli fotografie vyhodnotené prostredníctvom softvéru WinScanopy Pro 2006b. Výsevové plochy boli rozdelené do troch mikrostanovištných podmienok podľa veľkosti priameho žiarenia vyjadreného v percentách hustoty fotosynteticky aktívneho toku žiarenia (PPFD), nakoľko v hodnotách podielu medzier v korunovom zápoji neboli preukázané rozdiely (tab. 1). Klíčenie, vzchádzanie a následný vývin

Tab. 1.

Svetelné charakteristiky mikrostanovištných kategórií
Light characteristics of microsite categories

Mikrostanovište ¹⁾	Priame žiarenie ²⁾ (% PPFD)	Difúzne žiarenie ³⁾ (% PPFD)	Podiel medzier v korunovom zápoji ⁴⁾ (%)
A	12,89 a 15,39	9,50 a 14,48	5,63 a 7,82
B	8,73 a 9,09	10,48 a 9,40	5,53 a 5,27
C	2,95 a 5,89	13,9 a 12,79	7,54 a 6,29

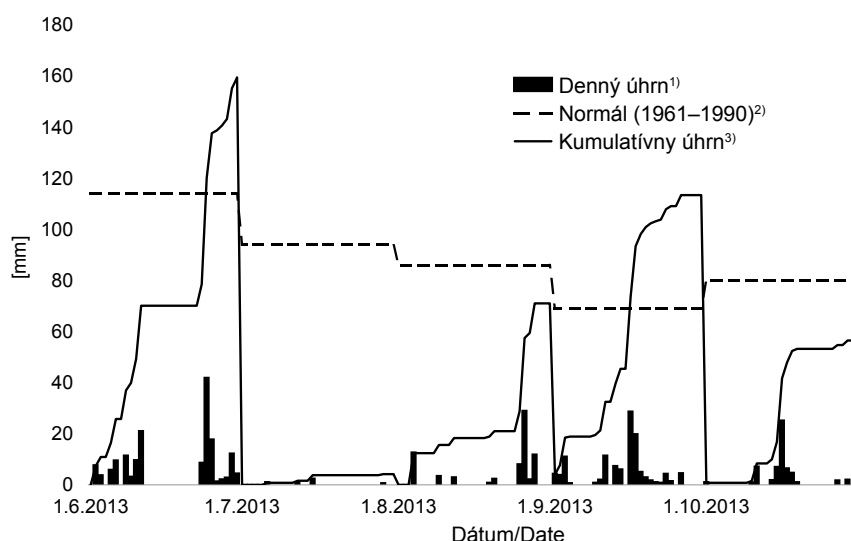
¹⁾microsite; ²⁾direct radiation; ³⁾diffuse radiation; ⁴⁾openness

semenáčikov je možné pri výseve ovplyvniť pri drevinách bez klíčného pokoja (smrek) stimuláciou klíčenia (REPÁČ et al. 2013). Pred vysiatím boli semená dezinfikované 3% roztokom peroxidu vodíka a morené Dithanom M-45 (REPÁČ et al. 2010). Povrch klíčného lôžka sa výrazne menil so stúpajúcim stupňom clonenia. V stupni clonenia do 60% predstavovala konkurenčná vegetácia (najmä rod. *Vaccinium*) výraznú prekážku pre proces klíčenia. Pri stabilizovaní plôch v tomto stupni clonenia sa uprednostnili plochy s charakterom juvenilnej fázy prirodzenej obnovy, tzn. bez prítomnosti konkurenčnej vegetácie. V stupni clonenia 60 až 80% neboli zrejme žiadne prekážky pre klíčenie semenáčikov. V stupni clonenia nad 80% boli výsevy založené na pôdnom povrchu, ktorý bol pokrytý surovým humusom. Všetky pokusné výsevy boli založené 24. júna 2013. Prvá kontrola výsevu bola 23. júla,

druhá 6. augusta, tretia 23. augusta a štvrtá 25. októbra. Do celkového počtu vyklíčených semenáčikov sa započítavali zdravé semenáčky, ktoré mali rozvinuté, resp. rozvíjajúce sa kotyledony. Klimatické údaje boli získané na základe meraní najbližších meteorologických staníc – Donovaly (48°51'S, 19°13'V, 1000 m n. m.) a Liptovská Osada (48°56'S, 19°15'V, 616 m n. m.). Štatistické vyhodnotenie vplyvu skúmaných faktorov sme vykonali pomocou analýzy rozptylu. Skúmaný bol vplyv druhu dreviny, zapracovania, resp. nezapracovania semien do pôdy, a času od výsevu na počet vyklíčených semien ako aj vplyv veľkosti žiarenia a podielu medzier v korunovom zápoji. Významnosť rozdielov v priemernom počte vyklíčených semenáčikov bola posúdená Duncanovým testom. Pri štatistickom spracovaní údajov bol použitý štatistický software STATISTICA 10.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Priebeh procesu klíčenia a prežívania semenáčikov v čase je potrebné konfrontovať s klimatickými charakteristikami. Za týmto účelom boli spracované údaje o zrážkach (obr. 1) a teplote (obr. 2). V mesiaci založenia výsevov (jún) nebol zistený zrážkový deficit, kumulatívny úhrn zrážok v tomto mesiaci prekročil dlhodobý normál (roky 1961 až 1990) o 39,9%. Dlhodobá priemerná mesačná teplota bola prekročená o 12,5%. Následné dva mesiace (júl a august) boli zrážkovo výrazne pod dlhodobým normálom. V prípade prvej kontroly bol zistený úhrn zrážok len 3,8 mm, čo predstavuje 4,5% dlhodobého normálu, priemerná teplota bola prekročená o 1,8°C (+11,6%). Počas tejto kontroly boli semenáčky jedle zaznamenané na 5 plochách so zapracovaním a len na jednej ploche bez zapracovania. Semenáčky smreka boli v tomto zistené na všetkých výsevových plochách. Počet vyklíčených semien smreka dosiahol priemerne 50,2 ± 28 ks, čo bolo maximum smreka počas sledovaného obdobia. Pri jedli bol priemerný počet vyklíčených semien najnižší za sledované obdobie, a to len 2,5 ± 3,9 ks. Kumulatívny úhrn zrážok za mesiac august dosiahol 82,5% dlhodobého normálu a priemerná mesačná teplota bola prekročená takmer o 2,3°C (+15,2%). Počas druhej kontroly boli jedľové semenáčky zaznamenané na 6 výsevových plochách, kde bolo semeno vysiate so zapracovaním a na dvoch plochách bez zapracovania. Pri smreku došlo k mortalite na jednej výsevovej ploche bez zapracovania. Vývoj teplôt



Obr. 1.

Atmosferické zrážky – meteorologická stanica Donovaly

Fig. 1.

Precipitations – weather station Donovaly

¹⁾daily sum of precipitations; ²⁾normal (1961-1990); ³⁾total month precipitations

znásobil účinky zrážkového deficitu. V ďalšom období (september), ktoré možno označiť za zrážkovo nadpriemerné, bol prekročený dlhodobý kumulatívny úhrn zrážok o 64,3 %, priemerná mesačná teplota bola oproti dlhodobému normálu nižšia o 0,6 °C (-5,3 %). Treťou kontrolou boli zistené zmeny pri jedli, ktorá vyklíčila na ďalšej ploche bez zapracovania semien. Celkovo boli jedľové semenáčky zaznamenané na 9 výsevových plochách. Mortalita semenáčikov smreka bola zaznamenaná už aj na ploche so zapracovaním semien do pôdy. Vo variante bez zapracovania neboli smrekové semenáčky zistené na dvoch plochách. V rámci posledného sledovaného mesiaca (október) dosiahol kumulatívny úhrn zrážok 70,6 % z dlhodobého normálu, zistený bol najvyšší rozdiel v priemerných mesačných teplotách, a to až 1,95 °C (+27 %). Poslednou kontrolou bola zistená prítomnosť jedľových semenáčikov na všetkých plochách a absolútna mortalita smrekových semenáčikov na dvoch plochách so zapracovaním a troch plochách bez zapracovania semien. Počet smrekových semenáčikov bol v tomto období priemerne len $4,3 \pm 4,9$ ks. Jedľa dosiahla maximum v priemernom počte semenáčikov za sledované obdobie, a to $15,5 \pm 9,2$ ks.

Interakcia faktorov druh dreveniny, zapracovanie do pôdy a dátum kontroly vysvetľuje 84 % variability počtu semenáčikov ($R^2 = 0,84$). Veľkosť vplyvu jednotlivých faktorov uvádza tab. 2. Vplyv všetkých skúmaných faktorov bol potvrdený ako štatisticky významný. Priemerný počet semenáčikov v jednotlivých dátumoch kontroly zobrazujú obr. 3 a 4. Priebeh klíčenia a mortality semenáčikov na jednotlivých plochách možno v kontinuite času hodnotiť nasledovne. Celkovo môžeme konštatovať, že pri drevine smrek sme zaznamenali vrchol klíčenia už pri prvom meraní (23. júla) (obr. 4). Vyklíčené jedince sme našli na všetkých skúmaných ploškách (100 %). Pri drevine jedľa sa vyklíčené jedince vyskytovali iba na 43 % plôch. Pri smreku sme po prvom meraní zaznamenali už len ubúdanie jedincov, ktoré viedlo k tomu, že pri poslednom meraní (25. októbra) sa vyklíčené jedince nachádzali už len na 64 % plôch. Pri jedli bol trend opačný. Jej výskyt bol zistený na všetkých skúmaných plochách (100 %) (obr. 3). K rovnakému priebehu klíčenia dospel aj DIACI (1997), ktorý uvádza, že smrek sa po prvom meraní (koniec mája), keď dosiahol vrchol klíčenia, dostal do depresie a v ďalších meraniach zaznamenával už iba jeho mortalitu. Naopak jedľa si udržala svoju schopnosť klíčiť počas celej vegetačnej doby až do konca októbra. Podľa spomínaného autora

sa preukázala dlhá klíčivosť jedle ako nevýhoda, pretože neskoro vyklíčené jedince nestihnú dostatočne zdrevnať a majú menšiu šancu na prežitie. Vyššie šance na prežitie pre skôr vyklíčené jedince oproti neskoro vyklíčeným potvrdil aj LUF (1973).

Obdobie založenia výsevom je z hľadiska hodnotených klimatických faktorov možné označiť ako mokrý teplý mesiac. Dostatočná vlhkosť a teplota podporili rýchlosť klíčenia smreka. Jedľa s ohľadom na nižšiu energiu klíčenia nereagovala tak výrazne ako smrek. Nasledujúce mesiace (júl a august) je možné charakterizovať ako suché a teplé. Nepriaznivý vývoj klimatických charakteristík, najmä výrazný zrážkový deficit podporili mortalitu smrekových semenáčikov. Počty smrekových semenáčikov klesali počas celého sledovaného obdobia. Posledné dva mesiace hodnoteného obdobia znamenali zlepšenie podmienok pre klíčenie vitálnych semien jedle, čo sa prejavilo na vzostupe celkového počtu zistených semenáčikov počas poslednej kontroly.

Tab. 2.

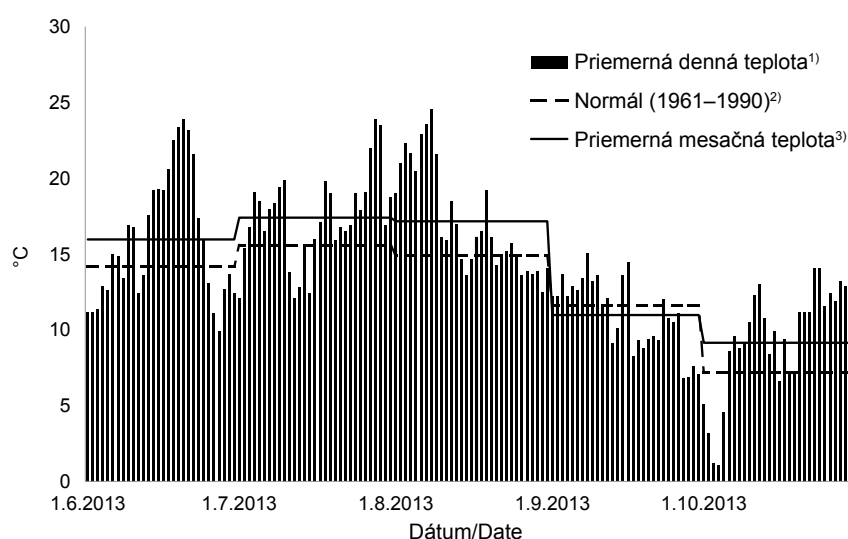
Výsledky analýzy variancie pre počet zistených semenáčikov v závislosti od skúmaných faktorov

Analysis of variance for seedlings abundance according to examined factors

faktor ¹⁾	SS ²⁾	df ³⁾	F ⁴⁾	p ⁵⁾	R ² ⁶⁾
drevina	3914,26	1	60,37	0,00	0,12
zapracovanie do pôdy	4973,76	1	76,71	0,00	0,15
dátum kontroly	4917,28	3	25,28	0,00	0,15
drevina*zapracovanie	1239,84	1	19,12	0,00	0,30
drevina*dátum	9678,28	3	49,76	0,00	0,55
zapracovanie*dátum	1351,45	3	6,94	0,00	0,34
drevina*zapracovanie*dátum	2119,36	3	10,89	0,00	0,84
reziduál	5186,50	80			

¹⁾factor; ²⁾sum of squares; ³⁾degrees of freedom; ⁴⁾F value; ⁵⁾p value;

⁶⁾determination coefficient

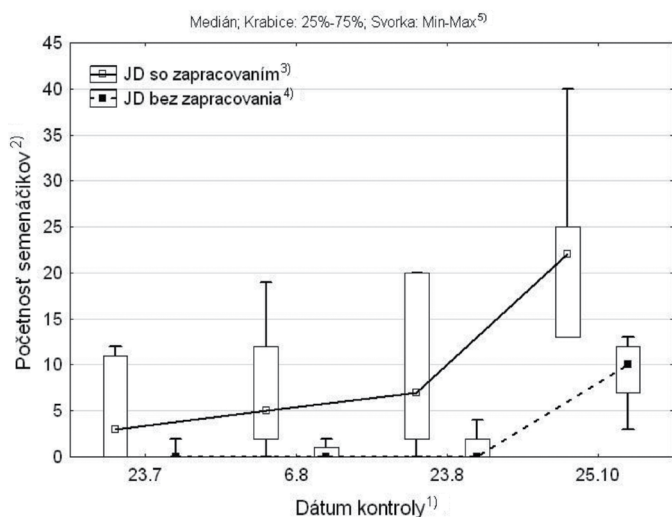


Obr. 2. Teplota vzduchu – meteorologická stanica Liptovská Osada

Fig. 2. Air temperature – weather station Liptovská Osada

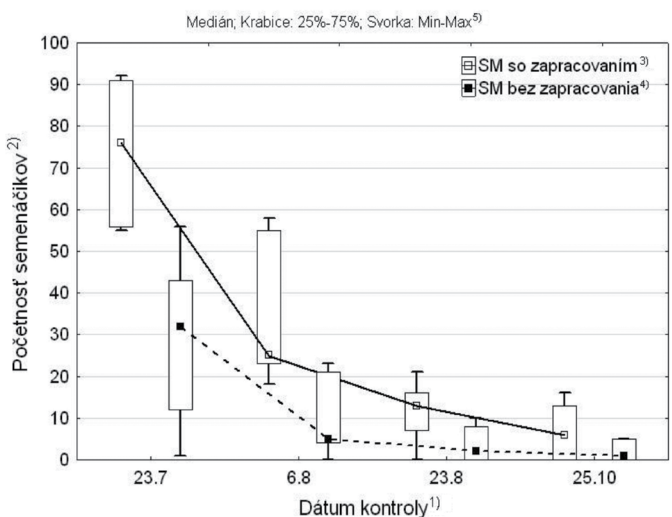
¹⁾average day temperature; ²⁾normal; ³⁾average month temperature

Hodnotenie počtosti vyklíčených a prežívajúcich semenáčikov bolo vykonané aj v rámci rozličných mikrostnovištných podmienok, diferencovaných úrovňou priameho žiarenia. Obrázok 5 znázorňuje vplyv priameho žiarenia na počet zistených semenáčikov. Štatisticky významný vplyv veľkosti priameho žiarenia na počet zistených semenáčikov nebol potvrdený ($p > 0,05$). Vplyv difúzneho žiarenia (obr. 6) a podielu medzier v korunovom zápoji (obr. 7) rovnako nebol potvrdený ako štatisticky významne vplyvajúci faktor na počet zistených semenáčikov ($p > 0,05$).



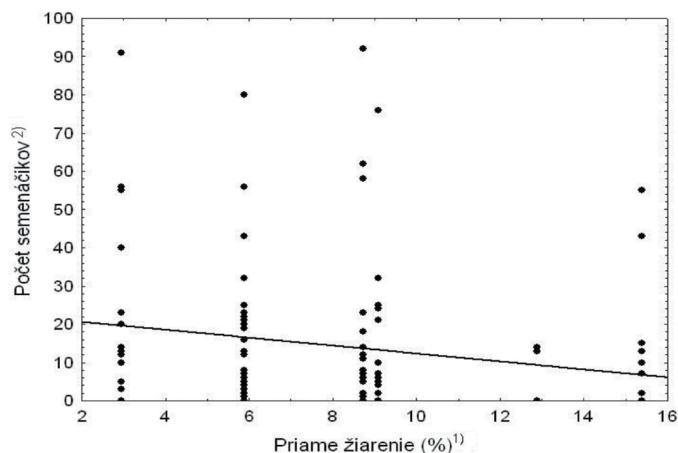
Obr. 3.
Počet semenáčikov jedle podľa dátumu kontroly

Fig. 3.
Abundance of silver fir seedlings according to date of seed control
1) date of control; 2) seedlings abundance; 3) fir with soil treatment; 4) fir without soil treatment; 5) Median, Box: 25–75%, Whisker: Min-Max

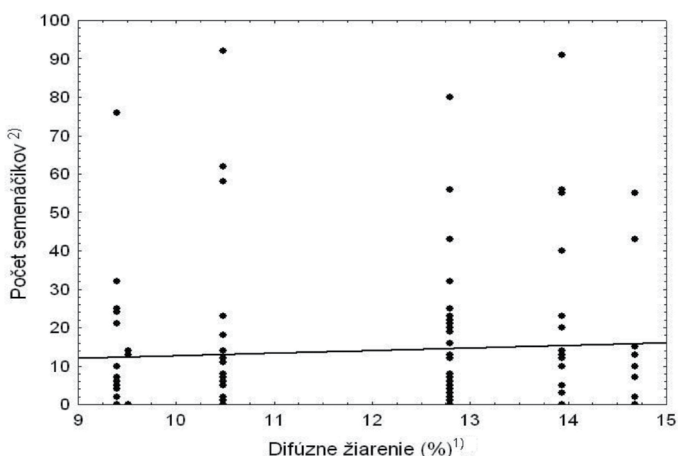


Obr. 4.
Počet semenáčikov smreka podľa dátumu kontroly

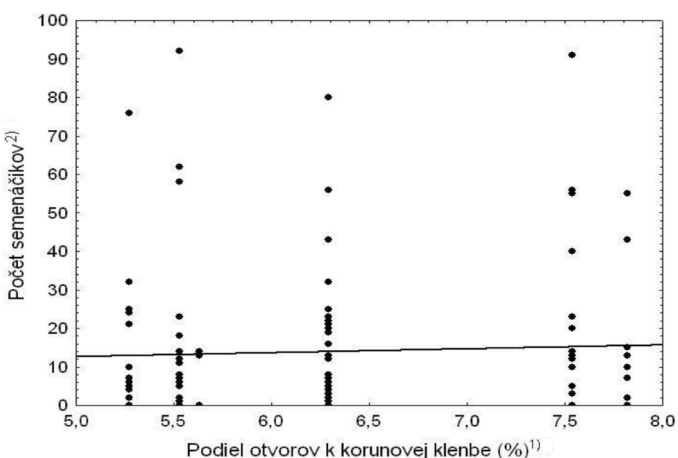
Fig. 4.
Abundance of Norway spruce seedlings according to date of seed control
1) date of control; 2) seedlings abundance; 3) spruce with soil treatment; 4) spruce without soil treatment; 5) Median, Box: 25–75%, Whisker: Min-Max



Obr. 5.
Vplyv priameho žiarenia na početnosť semenáčikov
Fig. 5.
Impact of direct radiation on seedlings abundance
1) direct radiation; 2) seedlings abundance



Obr. 6.
Vplyv difúzneho žiarenia na početnosť semenáčikov
Fig. 6.
Impact of diffuse radiation on seedlings abundance
1) diffuse radiation; 2) seedlings abundance



Obr. 7.
Vplyv podielu medzier v korunovom zápoji na počet semenáčikov
Fig. 7.
Impact of openness on seedlings abundance
1) openness; 2) seedlings abundance

Všeobecne možno konštatovať, že lepšie podmienky pre klíčenie a ujímanie semenáčikov existujú na severnej expozícii (FREHNER 2001). Koreňová sústava semenáčikov je na tejto expozícii silnejšie vyvinutá a na južnom svahu sa môže vyskytovať silnejšie presychanie (BRANG 1996), obzvlášť výrazne presychá humusová vrstva (FREHNER 2002). Autorka ďalej uvádza, že pre nástup prirodzenej obnovy sú na severnej expozícii vhodné vyvýšené miesta, moderové drevo a najmenej dve hodiny slnečného svitu v mesiaci jún. Za nevhodné považuje miesta s úplným zatienením. Vplyv mikrostano- vištných podmienok na početnosť prirodzenej obnovy potvrdili aj ďalší autori (DIACI 2002; KUPFERSCHMID, BUGMANN 2005; KATHKE, BRUELHEIDE 2010). Zvyšky mŕtveho dreva a prítomnosť machov značne uľahčujú klíčenie semenáčikov najmä v horských polohách. V hospodárskom lese nie je možné fixovať vznik prirodzenej obnovy primárne na mŕtve drevo a rovnako sa nemôže viazať ani na prítomnosť machov (*Polytrichum sp.*, *Hylocomium sp.*). Premeškaná, resp. senilná fáza vzniku prirodzenej obnovy sa vyskytne vo výberkovom lese len zriedka, väčšinou pod vplyvom vonkajších faktorov ako napr. narušenie štruktúry škodlivými činiteľmi. Včasné určenie juvenilnej a jej rozvinutie na optimálnu fázu formou odobratia porastovej zásoby, je rozhodujúce pre udržanie kontinuity prirodzenej obnovy výberkového lesa. Výsledky potvrdili významný vplyv druhu dreviny na početnosť vyklíčených semenáčikov v jednotlivých kontrolných okamihoch. DIACI (1997) pri vyhodnotení pokusných výsevov uvádza, že dôvodom nízkeho počtu vyklíčených semien jedle (8 a 22 %) je nekvalita použitého osiva. Pri smreku uvádza podiel vyklíčených semien na úrovni 65 %. Výsledky pokusných výsevov realizovaných uvedeným autorom v oblasti predhoria Slovinských Álp v nadmorskej výške 700 až 1100 m n. m. sú podobné našim výsledkom aj z hľadiska dosiahnutia maximálneho počtu vyklíčených a prežitých semenáčikov v čase. Smrek dosiahol maximálnu početnosť o mesiac skôr ako jedľa. Jedľa dosiahla maximálnu početnosť po časovej perióde relatívne chudobnej na zrážky. Čo sa týka hodnotenia priebehu mortality vyklíčených semenáčikov v čase, mal tento priebeh charakter dvojvrcholového rozdelenia. Najvyššiu mortalitu autor zaznamenal pri oboch drevinách bezprostredne po dosiahnutí maximálneho počtu semenáčikov, a to v období, ktoré môžeme charakterizovať ako zrážkovo podpriemerné. V našom prípade bola dosiahnutá maximálna mortalita smrekových semenáčikov počas druhej kontroly výsevov, t. j. po dosiahnutí maxime. Počas poslednej kontroly našich výsevov sme rovnako ako citovaný autor zistili početnú prevahu jedľových semenáčikov nad smrekovými bez ohľadu na použitý variant či polohu výsevu. DIACI (1997) jednoznačne potvrdil vplyv vlhkosti okolitého prostredia ako rozhodujúceho faktora pre klíčenie v horských polohách.

Nároky drevín na svetlo sa počas odrastania semenáčikov líšia (CESCATTI 1996; HUNZIKER, BRANG 2005). Je všeobecne známe, že jedľa je voči zatieneniu tolerantnejšia. Vplyv priameho a difúzneho žiarenia ako aj vplyv otvorenosti korunového zápoja na početnosť vyklíčených a prežitých semenáčikov v skúmanom období nebol potvrdený. DIACI (2002) uvádza vyššiu početnosť smrekových semenáčikov na plochách s vyšším prienikom difúzneho a s nižšou úrovňou priameho žiarenia. Podobný trend je znázornený aj v našich výsledkoch. Štatistická významnosť nebola potvrdená, nakoľko sa jedná o úzke variačné rozpätie jednotlivých faktorov. Vo výberkovom lese, ktorý sa nachádza v rovnovážnom stave, nevytvára porastová štruktúra podmienky pre širšie variačné rozpätie skúmaných svetelných charakteristík.

ZÁVER

Výskum počiatočných fáz prirodzenej obnovy smreka a jedle v rozdielnych mikrostano- vištných podmienkach výberkového lesa jednoznačne potvrdil vplyv klimatických faktorov na prežívanie semenáčikov týchto drevín. Najvyššie zistená priemerná mortalita semenáčikov dosiahla relatívnu mieru až 73 % počas 42 dní. Z hľadiska klimatických charakteristík možno toto obdobie označiť ako suché (zrážkový

deficit 40 mm). Potvrdené boli rozdiely v energii klíčenia medzi drevinami. Počas prvej kontroly dosiahol smrek sumárne dvadsaťnásobne vyššiu početnosť ako jedľa (bez ohľadu na variant výsevu a mikrostano- vištné podmienky). V závere sledovaného obdobia bola početnosť jedľových semenáčikov trojnásobne vyššia ako prežívajúcich semenáčikov smreka. V prípade opakovania pokusných výsevov semien týchto drevín sa jednoznačne odporúča simulovať prírodné podmienky, a to zapracovaním semien tesne pod povrch pôdy. Jedľové semená sú topiacim sa snehom zapracované hlbšie do vlhkého humusu a už počas zimy v nich môže byť prekonaná dormancia, ktorou sa vyznačujú. Smrekové semená sa dostanú do humusovej vrstvy po topení snehu. V prípade nízkej snehovej prikrývky môže byť zapracovanie semien nedostatočné a aj v prípade predchádzajúcej semennej úrody dynamika klíčenia ohrozená. Vplyv rozdielneho mikrostano- vištného prostredia nebol potvrdený ako štatisticky významný faktor pre klíčenie semenáčikov. Významnosť žiarenia sa s postupom času môže pre prežívanie semenáčikov zvyšovať.

Podakovanie:

Táto štúdia vznikla vďaka podpore grantu VEGA 1/0381/12.

LITERATÚRA

- ALBANESI E., GUGLIOTTA O.I., MERCURIO I., MERCURIO R. 2005. Effects of gap size and within-gap position on seedlings establishment in silver fir stands. *iForest*, 2 (4): 55–59. [online] [cit. 2014-01-05]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.sisef.it/iforest/contents/?id=ifor0448-0010055>
- AGESTAM E., EKÖ P.-M., NILSSON U., WELANDER N.T. 2003. The effect of shelterwood density and site preparation on natural regeneration of *Fagus sylvatica* in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 176: 61–73.
- BEZDĚČKOVÁ L., ŘEZNÍČKOVÁ J. 2012. Vliv předosevní přípravy na klíčivost a vzcházivost semen jedle bělokoré. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57: 249–256.
- BRANG P. 1996. Experimentelle Untersuchungen zur Ansamungökologie der Fichte im zwischenalpinen Gebirgswald. Zürich, Schweizerischer Vorstverein: 375 s.
- CECATTI A. 1996. Selective cutting, radiative regime and natural regeneration in a mixed coniferous forest: a model analysis. In: Skovsgaard J.P., Johannsen V.K. (eds.): *Modelling regeneration success and early growth of forest stands*. Proceedings from the IUFRO conference. Copenhagen, 10–13 June 1996. Hørsholm: 474–483.
- DIACI J. 1997. Experimentelle Felduntersuchungen zur Naturverjüngung künstlicher Fichtenwälder auf Tannen-Buchenwaldstandorten (Homogyno sylvestris-Fagetum) in den Savinja-Alpen (Slowenien) mit besonderer Berücksichtigung der Ansamungsphase und unter dem Einfluss der Faktoren Licht, Vegetation, Humus und Kleinsäuger. Zürich, Schweizerischer Vorstverein: 197 s.
- DIACI J. 2002. Regeneration dynamics in a Norway spruce plantation on silver fir-beech forest site in the Slovenian Alps. *Forest Ecology and Management*, 161: 27–38.
- DUC P. 2002. Zustand, Entwicklung und Pflege des Nachwuchses in Plenterwäldern des Val-de-Travers (Neunburger Jura). Zürich, Schweizerischer Vorstverein: 338 s.
- FREHNER M. 1989. Beobachtungen zur Einleitung der Naturverjüngung an einem nordexponierten Steilhang im subalpinen Fichtenwald. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 140 (11): 1013–1022.
- FREHNER M. 2001. Entwicklung von Fichtenverjüngung im Lehrwald Sedrun der ETH Zürich (nördliche Zwischenalpen). *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 152 (1): 12–24.

- FREHNER M. 2002. Untersuchungen über den Einfluss unterschiedlicher Kleinstandorte und der Pflanztechnik auf Fichtenpflanzungen in subalpinen Lawinenschutzwäldern. Zürich, Schweizerischer Vorstverein: 227 s.
- 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*, 210: 67–79.
- IMBECK O., OTT E. 1987. Verjüngungsökologische Untersuchungen in einem hochstaudenreichen subalpinen Fichtenwald, mit spezieller Berücksichtigung der Schneeablagerung und der Lawinenbildung. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung: 202 s. Mitteilungen des Eidgenössischen Institutes für Schnee- und Lawinenforschung, Nr. 42.
- JAĎUŠ J., SANIGA M. 2012. Rastová a regeneračná dynamika vybratých typov výberkových lesov v orografickom celku Nízke Tatry. *Acta Facultatis Forestalis*, 54 (2): 21–33.
- KATHKE S., BRUELHEIDE H. 2010. Interaction of gap age and microsite type for the regeneration of *Picea abies*. *Forest Ecology and Management*, 259: 1597–1605.
- KUCBEL S. 2007. Analýza semennej úrody smreka vo vysokohorskom lese vyššieho montánneho stupňa Nízkych Tatier. *Acta Facultatis Forestalis*, 49 (1): 145–155.
- KUCBEL S. 2011. Štruktúra porastov a regeneračné procesy vo vysokohorských ochranných lesoch Nízkych Tatier. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 120 s.
- KUPFERSCHMID A.D., BUGMANN H. 2005. Effect of microsites, logs and ungulate browsing on *Picea abies* regeneration in a mountain forest. *Forest Ecology and Management*, 205: 251–265.
- LUFT W. 1973. Waldbaulich-ökologische Untersuchungen bei der Femelschlagverjüngung im montanen Tannen-Buchenwald des westlichen Hochschwarzwaldes. Stuttgart: 111 s. Schichtenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Band 39.
- LÜSCHER F. 1989. Untersuchungen zur Höhenentwicklung der Fichtennaturverjüngung im inneralpinen Gebirgswald. Zürich: 138 s.
- MAYER A.C. 1999. Verjüngung in Bestandeslücken eines subalpinen Hochstauden-Fichtenwaldes. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 150 (5): 171–177.
- MENCUCCINI M., PIUSSI P., ZANZI SULLI A. 1995. Thirty years of seed production in a subalpine Norway spruce forest: patterns of temporal and spatial variation. *Forest Ecology and Management*, 76: 109–125.
- MESSIER CH., DOUCET R., RUEL J.-C., CLAVEAU Y., KELLY C., LECHOWICZ J. 1999. Functional ecology of advance regeneration in relation to light in boreal forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 812–823.
- OTT E. 1989. Verjüngungsprobleme in hochstaudenreichen Gebirgsnadelwäldern. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 140 (1): 23–42.
- OTT E., FREHNER M., FREY H.U., LÜSCHER P. 1997. Gebirgsnadelwälder. Ein praxisorientierter Leitfaden für eine standortgerechte waldbehandlung. Bern, Verlag Paul Haupt: 280 s.
- PITTMER J., SANIGA M. 2008. The structural diversity change and the regeneration processes of the spruce virgin forest in NNR Nefcerka (TANAP) in relation to altitude. *Journal of Forest Science*, 54: 545–553.
- REPÁČ I., SARVAŠOVÁ I., VENCURIK J. 2010. Testovanie biopreparátov aplikovaných do substrátu pri pestovaní smreka obyčajného a borovice lesnej. In: Sušková M., Debnárová G. (eds.): Aktuálne problémy lesného škôlkarstva, semenárstva a umelej obnovy lesa. Zborník príspevkov z medzinárodného seminára, ktorý sa konal 16.–17. júna 2010 v Liptovskom Jáne. Zvolen, NLC: 65–73.
- REPÁČ I., VENCURIK J., BALANDA M. 2013. Využitie mikrobiálnych prípravkov pri pestovaní sadbového materiálu lesných drevín. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 114 s.
- SANIGA M., VENCURIK J. 2007. Dynamika štruktúry a regeneračné procesy lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les v LHC Korytnica. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 82 s.
- SANIGA M. 2010. Pestovanie lesa. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 326 s.
- SANIGA M., BALANDA M., KUCBEL J., JALOVÍAR P. 2011. Cyclic changes in tree species composition of mixed-species forest in Western Carpathians: role of disturbance and tree regeneration. *Polish Journal of Ecology*, 59 (4): 699–708.
- SARVAŠ M., HOFFMANN J., SUŠKOVÁ M., CHVÁLOVÁ K., LONGAUER R., TAKÁČOVÁ E., TUČEKOVÁ A. 2007. Lesný reprodukčný materiál a pestovanie lesa I. Zvolen, NLC: 194 s. Dostupné na World Wide Web: <http://www.nlcsk.sk/files/1668.pdf> [cit. 2014-01-13]
- SENN J., SUTER W. 2003. Ungulate browsing on silver fir (*Abies alba*) in the Swiss Alps: beliefs in search of supporting data. *Forest Ecology and Management*, 181: 151–164.
- ŠPULÁK O. 2009. Kvalita a kvantita prirodzenej obnovy buku ve vzťahu ke svetelným podmínkam materského porostu. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54 (4): 248–255.

IMPACT OF CLIMATIC AND LIGHT FACTORS ON THE GERMINATION AND SURVIVAL OF SILVER FIR (*ABIES ALBA* MILL.) AND NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* L. KARST.) SEEDLINGS IN SELECTION FOREST

SUMMARY

The aim of the paper is specification of suitable light conditions, tree species, soil treatment, and climate condition for the germination and survival of silver fir (*Abies alba* Mill.) and Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) seedlings in the selection forests. The effect of local climate conditions on the abundance of natural regeneration has been confirmed by several authors (DIACI 2002; KUPFERSCHMID, BUGMANN 2005; KATHKE, BRUELHEIDE 2010). The moisture of soil environment is a crucial factor for successful germination and survival of tree seedlings (BRANG 1996; DIACI 2002).

Ecological reasons causing the discontinuity of natural regeneration in mountains forests were specified by BRANG (1996) and OTT et al. (1997) as follows:

- the insufficient light income
- the over-drying and over-heating of the soil surface
- crown interception of precipitation
- large herbs competition
- fungi impact
- scarce occurrence of mast years.

The small-scale natural regeneration in selection forests is typical by the significant spatio-temporal variability. Our research was located in the Low Tatras Mts. (Slovak Republic), forest management unit Liptovská Osada, demonstration object Donovaly-Mistříky (50.4 ha; N 48°52'26'' a E 19°14'28''). The demonstration object is located in the altitude of 960–1050 m a.s.l.; average precipitation 900–1000 mm; average annual temperature 4.2–4.8 °C. The sowing experiments were established on 24th of June, 2013. Following the tested factors, we established 24 of treatment plots in total (2 tree species × 2 variants of soil preparation × 3 types of micro-site (Tab. 2) × 2 replication). One hundred germinative seeds were sowed per one 1 m × 1 m plot. During the next four months, we monitored the number of seedlings periodically. Regarding tree species sowed, the analysis showed different average number of seedlings (Tab. 1). The investigation did not confirm the significant influence of both direct and diffuse light radiation (Fig. 5 and 6). We recorded the precipitation deficiency of 40 mm during the monitored 42 days (Fig. 1) that closely corresponded with the highest-recorded mortality of spruce seedlings (73%). In time of first inventory, the total amount of spruce seedlings was almost twenty-fold higher than the number of germinated firs (Fig. 2 and 3). However, in time of the last inventory, the abundance of fir seedlings was 3.5 times higher than that of spruce seedlings. The presented results provide the unique knowledge about the germination and survival of N. spruce and silver fir during the initial phases of their ontogenesis in the selection forest.